1. પૃથ્વીના ચુંબકત્વ અંગે નીચેના પ્રશ્નના જવાબ આપો :
સદિશને સંપૂર્ણ રીતે દર્શાવવા માટે ત્રણ રાશિઓ (મૂલ્યો)ની જરૂર પડે છે. પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રને દર્શાવવા રૂઢિગત રીતે વપરાતી ત્રણ સ્વતંત્ર રાશિઓના નામ આપો.

➠ પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રને દર્શાવવા માટે રૂઢિગત રીતે વપરાતી ત્રણ સ્વતંત્ર રાશિઓ નીચે પ્રમાણે છે.
(1) ચુંબકીય ડૅક્લિનેશન (D)
(2) ડીપ ઍંગલ અથવા નમનકોણ (δ or I)
(3) પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રનો સમક્ષિતિજ ઘટક (B_H or B_h)

2. દક્ષિણ ભારતમાં આવેલા એક સ્થળ પાસે ડીપ કોણ (નમન કોણ) લગભગ 18° છે. બ્રિટનમાં ડીપ કોણ મોટો કે નાનો હશે ?

➠ આપેલું સ્થાન ઉત્તર ધ્રુવ કે દક્ષિણ ધ્રુવની સાપેક્ષ કેટલું દૂર છે તેના પર ડીપ ઍંગલનો આધાર છે. બ્રિટન માટે ડીપ ઍંગલ (લગભગ 70°) એ દક્ષિણ ભારતમાં આવેલાં કોઈ એક સ્થળ પાસેના ડીપ ઍંગલ (18°) કરતાં વધુ હશે. કારણ કે, બ્રિટન ચુંબકીય ઉત્તર ધ્રુવની નજીક છે. યાદ રાખો કે, આપણે ચુંબકીય વિષુવવૃત્તથી ચુંબકીય ધ્રુવો તરફ જઈએ ત્યારે નમનકોણ વધીને 0° થી 90° જેટલો થાય છે.

3. જો તમે ઑસ્ટ્રેલિયાના મેલબોર્ન પાસે ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓનો નકશો બનાવો તો શું ત્યાં આ રેખાઓ જમીનમાં જતી કે બહાર નિકળતી હશે ?

➠ એવું ધારવામાં આવ્યું છે, કે પૃથ્વીના ચુંબકીય અક્ષ પર વિશાળ ગજિયો ચુંબક છે. તેનો ચુંબકીય S ધ્રુવ ભૌગોલિક N ધ્રુવ પાસે અને ચુંબકીય N ધ્રુવ ભૌગોલિક S ધ્રુવ પાસે છે. ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ ચુંબકના N ધ્રુવમાંથી બહાર આવે છે અને S ધ્રુવમાં દાખલ થાય છે. તેથી, ઑસ્ટ્રેલિયાના મેલબૉર્ન પાસે ચુંબકીય ક્ષેત્રના નકશામાં ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ જમીનમાંથી બહાર આવતી હશે.

4. ભૂચુંબકીય ઉત્તર કે દક્ષિણ ધ્રુવ પર જ ઊર્ધ્વ સમતલમાં મુક્ત રીતે ફરી શકતી ચુંબકીય સોય રાખીએ તો તે કઈ દિશામાં રહેશે ?

➠ ચુંબકીય સોય સમક્ષિતિજ સમતલમાં ફરવા મુક્ત છે. જ્યારે ચુંબકીય ધ્રુવો પાસે પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રનો સમક્ષિતિજ ઘટક શૂન્ય અને માત્ર શિરોલંબ ઘટક છે તેથી ચુંબકીય સોય કોઈ પણ દિશામાં સ્થિર રહે છે.

5. એવું માનવામાં આવે છે કે પૃથ્વીનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર, તેના કેન્દ્ર પર મૂકેલા $8 \times 10^{22}\ JT^{-1}$ જેટલી મૅગ્નેટિક મોમેન્ટ ધરાવતા ડાઇપોલ વડે મળતા ક્ષેત્ર જેટલું છે. આ સંખ્યાના માપક્રમની કોઈ રીતે ખરાઈ (Check) કરો.

➠ મૅગ્નેટિક મોમેન્ટ $M = 8 \times 10^{22}$ J/T
પૃથ્વીની ત્રિજ્યા $R_E = 6.4 \times 10^6$ m

ચુંબકીય ક્ષેત્રની તીવ્રતા $B = \frac{\mu_0 m}{4\pi R_E^3}$

$$\therefore\ B = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(8 \times 10^{22})}{4\pi \times (6.4 \times 10^6)^3}$$

$B = 0.3$ G

આ મૂલ્ય પૃથ્વીના મેળવેલા ચુંબકીય ક્ષેત્રના મૂલ્ય જેટલું જ છે.
આમ, ઉપરના સમીકરણ વડે મળતું અને પૃથ્વીનું મેળવેલ ચુંબકીય ક્ષેત્ર સમાન છે. આ પરથી કહી શકાય કે પૃથ્વીનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર તેના કેન્દ્ર પર મૂકેલાં 8×10^{22} J/T જેટલી મૅગ્નેટિક મોમેન્ટ વડે મળતાં ક્ષેત્ર જેટલું છે.

6. ભૂવિજ્ઞાનીઓ દર્શાવે છે કે મુખ્ય ચુંબકીય N–S ધ્રુવો સિવાય, પૃથ્વીની સપાટી પર જુદી જુદી દિશામાં રહેલા બીજા બધા સ્થાનિક ધ્રુવો પણ અસ્તિત્વ ધરાવે છે. આવું કેવી રીતે શક્ય બને ?

➠ શા માટે નહીં ? પૃથ્વીની સપાટી પર જુદી જુદી દિશામાં રહેલા બીજા બધા સ્થાનિક ધ્રુવો પણ અસ્તિત્વ ધરાવે છે તે શક્ય છે. કારણ કે, પૃથ્વીનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર ફક્ત સંનિકટ રીતે જ ડાઈપોલનું ક્ષેત્ર છે. સ્થાનિક N-S ધ્રુવો કદાચ ચુંબકીય ખનીજ

જથ્થાને કારણે ઉદ્ભવી શકે છે.

7. **નીચેના સવાલના જવાબ આપો :**
અવકાશમાં જુદા જુદા બિંદુઓએ પૃથ્વીનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર જુદું જુદું હોય છે. શું તે સમય સાથે પણ બદલાય છે ? જો તેમ હોય, તો કયા સમય અંતરાલમાં તેમાં ગણના પાત્ર ફેરફાર થાય છે ?

➠ હા, પૃથ્વીનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર અવકાશમાં જુદાં-જુદાં બિંદુઓએ સમય સાથે બદલાય છે. આ માટેનો સમય અંતરાલ અમુક સેંકડો વર્ષનો છે. તેમ છતાં તેનાથી ઓછા સમય અંતરાલમાં પણ થતાં ફેરફારો સંપૂર્ણ અવગણી શકાય તેવાં નથી.

8. **પૃથ્વીના કોર (ગર્ભ)માં લોખંડ (આયર્ન) છે તે જાણીએ છીએ. આમ છતાં ભૂસ્તરશાસ્ત્રીઓ તેને પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રનું ઉદ્ગમ માનતા નથી. શા માટે ?**

➠ પૃથ્વીના કોર (ગર્ભ)માં પીગળેલું લોખંડ હોય છે અને પીગળેલી અવસ્થામાં ડોમેઇનની રચના ન મળે તેથી લોખંડનું આ સ્વરૂપ ફેરોમૅગ્નેટિક નથી. તેથી તેને પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રનું ઉદ્ગમ માનતા નથી.

9. **પૃથ્વીના કોરની બહારના વાહક વિસ્તારમાંના વિદ્યુતપ્રવાહો પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્ર માટે જવાબદાર માનવામાં આવે છે. આ પ્રવાહોને જાળવી રાખવા કઈ 'બૅટરી' (એટલે કે ઊર્જા સ્રોત) હશે ?**

➠ પૃથ્વીની અંદરની રેડિઓઍક્ટિવિટી એ આ પ્રવાહોને જાળવી રાખવા માટેના ઊર્જાસ્રોત (બૅટરી) તરીકે જવાબદાર માનવામાં આવે છે.

10. **પૃથ્વીએ તેના ક્ષેત્રની દિશા 4 થી 5 અબજ ($= 10^9$) થી અબજ વર્ષના તેના ઇતિહાસ દરમિયાન કેટલીય વખત ઉલટાવી હશે. ભૂસ્તરશાસ્ત્રીઓ પૃથ્વીના ક્ષેત્રના આવા દૂરના ભૂતકાળ વિશે કેવી રીતે જાણી શક્યા હશે ?**

➠ ધનીકરણની (ઠારણ) પ્રક્રિયા દરમિયાન પૃથ્વીનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર ખૂબ નબળા પ્રમાણમાં ખડકોમાં સંગ્રહિત થઈ જાય છે. ખડકોના આ ચુંબકત્વનું વિશ્લેષણ કરતાં ભૂ-ચુંબકીય ઇતિહાસ વિશેની માહિતી મળે છે.

11. **પૃથ્વીનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર ઘણા લાંબા અંતરે (આશરે 30000 km થી વધુ) તેના ડાઇપોલ આકારથી ઘણું જુદું પડે છે. કયા કારણો આ ફેરફારો માટે જવાબદાર છે ?**

➠ પૃથ્વીથી મોટા અંતરોએ તેના આયનોસ્ફિયરમાંનાં ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં, ગતિમાન આયનોના ક્ષેત્રના કારણે ફેરફાર થાય છે જે આયનોસ્ફિયરમાં (પૃથ્વીની બહાર) ઉદ્ભવતાં તોફાનો, જેવાં કે સૌર પવનો પ્રત્યે સંવેદી છે એટલે કે, તેમાનાથી ક્ષેત્ર બદલાતું રહે છે.

12. **તારાઓ વચ્ચેના અવકાશમાં 10^{-12} T ના ક્રમનું ઘણું નબળું ચુંબકીય ક્ષેત્ર હોય છે. શું આ નબળું ક્ષેત્ર કોઈ મહત્ત્વ ધરાવે છે ? સમજાવો.**

➠ જ્યારે વિદ્યુતભારિત કણ ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં ગતિ કરે છે ત્યારે તેનો ગતિમાર્ગ વર્તુળાકાર થાય છે. તેની ત્રિજ્યા નીચે પ્રમાણે મળે છે.

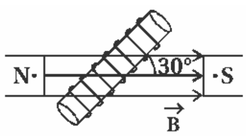
$$R = \frac{mv}{qB} \qquad \left(\because \frac{mv^2}{R} = evB\right)$$

અહીં $R \propto \frac{1}{B}$ છે.

➠ તારાનું 10^{-12} T નું નબળું ચુંબકીય ક્ષેત્ર ગતિમાન વિદ્યુતભારને ખૂબજ મોટી ત્રિજ્યાવાળા વર્તુળમાર્ગ પર ગતિ કરાવે છે.

➠ નાના અંતર માટે આ વિચલન નોંધનીય નથી પરંતુ, મોટા અંતરે આ વિચલન નોંધનીય છે.

13. **ખૂબ નજીક આંટાવાળા 800 આંટા અને $2.5 \times 10^{-4}\ m^2$ આડછેદનું ક્ષેત્રફળ ધરાવતા સોલેનોઇડમાંથી 3.0 A વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે.સોલેનોઇડ શિરોલંબ દિશામાં મુક્ત ભ્રમણ કરી શકે તેમ હોય અને સમક્ષિતિજ દિશામાં 0.25 T જેટલું નિયમિત ચુંબકીય ક્ષેત્ર લગાડવામાં આવે, તો જ્યારે સોલેનોઇડની અક્ષ આપેલ ક્ષેત્ર સાથે 30° કોણ બનાવતી હોય ત્યારે તેના પર કેટલું ટૉર્ક લાગતું હશે ?**

➠ 

$$\tau = mB\sin\theta$$
$$= 0.6 \times 0.25 \times \sin 30°$$
$$= 0.15 \times \frac{1}{2}$$
$$= 0.075\ Nm$$

14. નીચેના પ્રશ્નના જવાબ આપો :
જ્યારે પેરામૅગ્નેટિક પદાર્થને ઠંડો પાડવામાં આવે ત્યારે (તે જ ચુંબકીય ક્ષેત્ર માટે) શા માટે તે વધુ મૅગ્નેટાઇઝેશન દર્શાવે છે ?

➠ પેરામૅગ્નેટિક પદાર્થને ઠંડો પાડતા તેના પરમાણુના કંપનો ઓછા થાય છે. આ પરમાણુઓની ચુંબકીય ડાઈપોલ મોમેન્ટ બાહ્ય ચુંબકીય ક્ષેત્રને વધુ સમાંતર ગોઠવાય છે. ડાઈપોલમાં ભંગાણ સર્જાવાનું વલણ ઘટે છે. તેથી આપેલા ચુંબકીય ક્ષેત્ર માટે મૅગ્નેટાઈઝેશન વધુ દર્શાવે છે.

15. નીચેના પ્રશ્નના જવાબ આપો : તેથી વિરુદ્ધ શા માટે ડાઇમૅગ્નેટિઝમ તાપમાનથી સ્વતંત્ર છે ?

➠ ડાયામૅગ્નેટિક પદાર્થની પ્રેરિત ચુંબકીય ડાઈપોલ મોમેન્ટ હંમેશાં બાહ્ય ચુંબકીય ક્ષેત્રની વિરુદ્ધ જ હોય છે. જેથી ડાયામૅગ્નેટિઝમ તાપમાનથી સ્વતંત્ર છે.

16. નીચેના પ્રશ્નના જવાબ આપો :
જો ટૉરોઇડના કોર (ગર્ભ) માટે બિસ્મથનો ઉપયોગ કરવામાં આવે તો આ કોરમાં ચુંબકીય ક્ષેત્ર, ખાલી કોરની સરખામણીમાં (થોડુંક) વધારે કે (થોડુંક) ઓછું હશે ?

➠ બિસ્મથ ડાયામૅગ્નેટિક છે. તેથી કોરમાં ચુંબકીય ક્ષેત્ર સહેજ ઓછું મળશે.

17. નીચેના પ્રશ્નના જવાબ આપો :
શું ફેરોમૅગ્નેટિક પદાર્થની પરમિએબિલિટી (પારગમ્યતા) તાપમાનથી સ્વતંત્ર છે ? જો ના, તો ઓછા કે વધારે કયા ક્ષેત્ર માટે તે વધુ હોય છે ?

➠ ના. મૅગ્નેટાઈઝેશન વક્ર પરથી જાણી શકાય છે કે ઓછા ચુંબકીય ક્ષેત્ર માટે ચુંબકીય ચાકમાત્રા m વધુ હોય છે.

18. નીચેના પ્રશ્નના જવાબ આપો :
ચુંબકીય ક્ષેત્ર રેખાઓ હંમેશાં ફેરોમૅગ્નેટિકની સપાટી પર દરેક બિંદુએ લંબરૂપે હોય છે. (આ હકીકત સ્થિત-વિદ્યુતક્ષેત્રરેખાઓ સાથે સામ્યતા ધરાવે છે જે દરેક બિંદુએ વાહકની સપાટીને લંબરૂપે હોય છે) શા માટે ?

➠ ફેરોમૅગ્નેટિક પદાર્થની પરમિએબિલિટી $\mu >> 1$ હોય છે. તેથી ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ હંમેશાં ફેરોમૅગ્નેટિક પદાર્થની સપાટી પર દરેક બિંદુએ લંબરૂપે હોય છે.

19. નીચેના પ્રશ્નના જવાબ આપો :
શું પેરામૅગ્નેટિક પદાર્થના મહત્તમ શક્ય મૅગ્નેટાઇઝેશનનું મૂલ્ય ફેરોમૅગ્નેટિક પદાર્થના મહત્તમ મૅગ્નેટાઇઝેશન જેટલા માનના ક્રમનું હોય છે ?

➠ હા, બે જુદા જુદા દ્રવ્યોના પરમાણ્વિક ડાઈપોલની પ્રબળતામાં થોડોક જ તફાવત હોવા ઉપરાંત સંતૃપ્ત મૅગ્નેટાઈઝેશન ધરાવતાં પેરામૅગ્નેટિક પદાર્થનું મૅગ્નેટાઈઝેશન સમાન ક્રમનું હશે પણ સંતૃપ્ત થવા માટે પ્રાયોગિક રીતે અશક્ય એવા ઊંચા ચુંબકીય ક્ષેત્રોની જરૂર પડે છે.

20. નીચેના પ્રશ્નના જવાબ આપો : ફેરોમૅગ્નેટના મૅગ્નેટાઇઝેશન વક્રમાં અપ્રતિવર્તીપણું ડોમેઇન ચિત્રના આધારે સમજાવો.

➠ ફેરોમૅગ્નેટિક પદાર્થમાં ડોમેઈન્સ હોય છે. આ ડોમેઈન્સમાં એકજ દિશામાં ચુંબકીય ડાઇપોલ મોમેન્ટ ગોઠવાયેલી હોય છે. તેથી દરેક ડોમેઈન્સને કંઈક પરિણામી ડાઇપોલ મોમેન્ટ હોય છે. આ પદાર્થનું મૅગ્નેટાઈઝેશન નથી થયું હોતું ત્યારે આ બધાંજ ડોમેઈન્સની ડાઇપોલ અસ્તવ્યસ્ત હોવાથી પરિણામી ડાઇપોલ મોમેન્ટ શૂન્ય હોય છે.

- ➠ જ્યારે ફેરોમૅગ્નેટિક પદાર્થને બાહ્ય ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં મૂકવામાં આવે છે ત્યારે દરેક ડોમેઈન્સની ડાઇપોલ બાહ્ય ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશામાં આવે તેવી રીતે ગોઠવાય છે. આ ગોઠવણીમાં કેટલીક ઊર્જા વેડફાય છે. જ્યારે બાહ્ય ચુંબકીય ક્ષેત્ર દૂર કરવામાં આવે છે ત્યારે ડોમેઈન્સની આ ડાઇપોલ તેમની મૂળ અસ્ત-વ્યસ્ત સ્થિતિમાં આવી શકતી નથી.
- ➠ પદાર્થમાં કેટલુંક ચુંબકીય ક્ષેત્ર જળવાઈ રહે છે. પદાર્થનું મૅગ્નેટાઈઝેશન કરવા દરમિયાન વપરાયેલી ઊર્જા સંપૂર્ણ રીતે પાછી નથી મળતી. કેટલીક ઊર્જા ઉષ્મા ઊર્જા રૂપે વેડફાય છે. આમ, ડિમૅગ્નેટાઈઝેશન દરમિયાન સંપૂર્ણ ઊર્જા પાછી ન મળતી હોવાથી આ પ્રક્રિયા અપ્રતિવર્તી છે.

21. નીચેના પ્રશ્નના જવાબ આપો :
નરમ લોખંડના ટુકડાના હિસ્ટરીસીસ લૂપનું ક્ષેત્રફળ તેટલા જ કાર્બન સ્ટીલના ટુકડા કરતાં ઘણું નાનું હોય છે. જો આ પદાર્થને મૅગ્નેટાઇઝેશનના ચક્રમાંથી વારંઘડીએ પસાર કરવામાં આવે તો કયો ટુકડો વધુ ઉષ્મા ઊર્જાનો વ્યય (Dissipate) કરશે ?

➠ કાર્બન સ્ટીલનો ટુકડો વધુ ઉષ્મા ઊર્જાનો વ્યય (Dissipate) કરશે કારણ કે તેના માટે હિસ્ટરિસીસ લૂપનું ક્ષેત્રફળ વધુ છે અને દરેક ચક્ર (Cycle) દરમિયાન વેડફાતી ઉષ્મા ઊર્જા આ લૂપના ક્ષેત્રફળના સમપ્રમાણમાં હોય છે તેથી.

22. નીચેના પ્રશ્નના જવાબ આપો :

'હિસ્ટરીસીસ' લૂપ દર્શાવતું ફેરોમૅગ્નેટ જેવું તંત્ર, એ મેમરી (સ્મૃતિ) સંગ્રહ કરવાનું સાધન છે. આ વિધાનનો અર્થ સમજાવો.

➠ ફેરોમૅગ્નેટિક પદાર્થનું મૅગ્નેટાઇઝેશન એ મૅગ્નેટાઇઝેશન ક્ષેત્રની કોઈ એકજ કિંમત (મૂલ્ય)નું વિધેય નથી. આપેલા ચુંબકીય ક્ષેત્ર માટે મૅગ્નેટાઇઝેશનના મૂલ્યનો આધાર મૅગ્નેટાઇઝેશન ક્ષેત્ર અને મૅગ્નેટાઇઝેશનના ઇતિહાસ (History) પર આધાર રાખે છે. એટલે કે, મૅગ્નેટાઇઝેશનના કેટલા સાઇકલની અસર નીચે ફેરોમૅગ્નેટિક પદાર્થ આવ્યો હશે. આમ, મૅગ્નેટાઇઝેશનનું મૂલ્ય પરની મૅગ્નેટાઇઝેશનના સાઇકલ (Cycle–ચક્ર)ની સંખ્યા જાણી શકાય છે. આમ, હિસ્ટરિસીસ લૂપ દર્શાવતું ફેરોમૅગ્નેટ જેવું તંત્ર એ મેમરી (સ્મૃતિ) સંગ્રહ કરવાનું સાધન છે.

23. નીચેના પ્રશ્નના જવાબ આપો :
કેસેટ પ્લેયરની મૅગ્નેટિક ટેપના કોટીંગ (આવરણ) માટે કે આધુનિક કમ્પ્યૂટરના મેમરી (સ્મૃતિ) સંગ્રહ માટે કયા પ્રકારના ફેરોમૅગ્નેટિક પદાર્થ વપરાય છે ?

➠ સીરામિક (ખાસ પ્રક્રિયા કરાયેલા બેરિયમ આયન ઑક્સાઇડ) કે જેમને ફેરાઇટ્સ (Ferrites) કહે છે.

24. નીચેના પ્રશ્નના જવાબ આપો :
અવકાશના અમુક વિસ્તારને મૅગ્નેટિક ક્ષેત્રથી અલગ (Shield) કરવો છે. કોઈ પદ્ધતિ બતાવો.

➠ અવકાશના જે વિસ્તારને મૅગ્નેટિક ક્ષેત્રથી અલગ (Shield) કરવો છે તેની ફરતે નરમ લોખંડની રિંગ રાખવામાં આવે છે. જેથી મોટાભાગની ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ આ રિંગમાંથી પસાર થાય છે અને અવકાશનો આ વિસ્તાર લગભગ ચુંબકીય ક્ષેત્રથી અલગ થાય છે.

25. એક નાના ગજિયા ચુંબકને તેની અક્ષ 0.25 T ના નિયમિત બાહ્ય ચુંબકીય ક્ષેત્ર સાથે 30° કોણ બનાવે તે રીતે મૂકતાં તે 4.5×10^{-2} J જેટલું ટોર્ક અનુભવે છે. ચુંબકની મૅગ્નેટિક મોમેન્ટનું મૂલ્ય કેટલું હશે ?

➠ $\tau = mB\sin\theta$

$\therefore m = \dfrac{\tau}{B\sin\theta}$

$= \dfrac{4.5\times10^{-2}}{0.25\times\sin30°} = \dfrac{0.45\times10^{-2}}{0.25\times\frac{1}{2}}$

$= \dfrac{0.9\times10^{-2}}{0.25}$

$= 0.36\ J\ T^{-1}$

26. ખૂબ નજીક આંટાવાળા 800 આંટા અને $2.5 \times 10^{-4}\ m^2$ આડછેદનું ક્ષેત્રફળ ધરાવતા સૉલેનોઇડમાંથી 3.0 A વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે. સૉલેનોઇડ કઈ રીતે ગજિયા ચુંબકની જેમ વર્તશે તે સમજાવો. તેની સાથે સંકળાયેલી મૅગ્નેટિક મોમેન્ટ કેટલી હશે ?

➠ સૉલેનોઈડની અક્ષને સમાંતર જમણા હાથના નિયમ અનુસાર પ્રવાહ કઈ દિશામાં (સમઘડી કે વિષમઘડી) વહે છે તે અનુસાર ગજિયા ચુંબકનો ઉત્તર ધ્રુવ કે દક્ષિણ ધ્રુવ થશે.

➠ વિદ્યુતપ્રવાહધારિત સૉલેનોઈડની ચુંબકીય ચાકમાત્રા,

$m_s = NIA$

$= 800 \times 3.0 \times 2.5 \times 10^{-4}$

$= 6 \times 10^{-1}$

$= 0.6\ Am^2$ અથવા $0.6\ JT^{-1}$

જે સૉલેનોઇડમાં વહેતા પ્રવાહ દ્વારા નક્કી થાય છે.

27. મૅગ્નેટિક મેરીડિયનને સમાંતર ઊર્ધ્વ સમતલમાં મુક્ત ભ્રમણ કરી શકે તેવી એક ચુંબકીય સોયની અણી સમક્ષિતિજ સાથે નીચે તરફ 22° કોણ બનાવતી દિશામાં છે. આ સ્થળે પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રનો સમક્ષિતિજ ઘટક 0.35 G જેટલો આપેલ છે. આ સ્થળે પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રનું માન શોધો.

➠ $B_H = B\cos\phi$

$\therefore B = \dfrac{B_H}{\cos\phi}$

$= \dfrac{0.35}{\cos22°}$

$= \dfrac{0.35}{0.9272}$

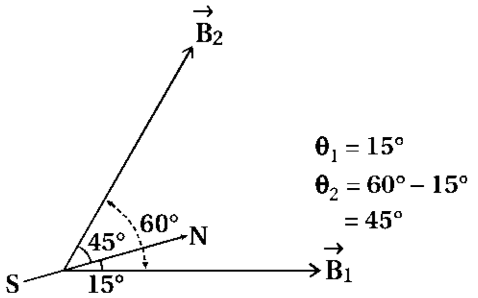
$\therefore$ B = 0.38 G

28. એક મેગ્નેટિક ડાઇપોલ બે ચુંબકીય ક્ષેત્રની અસર હેઠળ રહેલો છે. આ ક્ષેત્રોની રેખાઓ વચ્ચેનો કોણ 60° છે અને તેમાંથી એક ક્ષેત્રનું મૂલ્ય 1.2×10^{-2} T છે. જો ડાઇપોલ આ ક્ષેત્ર સાથે 15° કોણ બનાવતી દિશામાં સ્થિર સંતુલનમાં આવે, તો બીજા ક્ષેત્રનું મૂલ્ય કેટલું હશે ?

➠ અહીં $\theta = 60°$, $B_1 = 1.2 \times 10^{-2}$ T

$\theta_1 = 15°$, $\theta_2 = 60° - 15°$

$= 45°$



➠ સમતોલન સ્થિતિમાં બંને ચુંબકીય ક્ષેત્રોના કારણે મળતાં ટૉર્ક સમાન થશે.

$\therefore \tau_1 = \tau_2$

$\therefore mB_1\sin\theta_1 = mB_2\sin\theta_1$

$\therefore B_2 = \dfrac{B_1 \sin\theta_1}{\sin\theta_2}$

$\therefore B_2 = \dfrac{(1.2 \times 10^{-2})(\sin 15°)}{\sin(45°)}$

$\therefore B_2 = \dfrac{(1.2 \times 10^{-2})(0.2588)}{(0.7071)}$

$B_2 = 4.4 \times 10^{-3}$ T

29. 15 cm જેટલી સરેરાશ ત્રિજ્યાની રોલેન્ડ (Rowland) રિંગના 800 જેટલી સાપેક્ષ પરમિએબિલિટી ધરાવતા કોર પર તારના 3500 આંટા વિંટાળવામાં આવેલ છે. 1.2 A જેટલા મેગ્નેટાઇઝિંગ વિદ્યુતપ્રવાહ માટે કોરમાં ચુંબકીય ક્ષેત્ર B કેટલું હશે ?

➠ રોલેન્ડ રિંગ એ ટૉરોઇડ છે. તેમાં ઉદ્ભવતું ચુંબકીય ક્ષેત્ર,

$B = \mu_0 n I$

જ્યાં μ = રિંગના દ્રવ્યની પરમિએબિલિટી

$= \mu_0 \mu_r$

અને n = એકમ લંબાઈ દીઠ આંટા

$= \dfrac{N}{l} = \dfrac{N}{2\pi r}$

$\therefore B = \dfrac{\mu_0 \mu_r N I}{2\pi r}$

$\therefore B = \dfrac{(4\pi \times 10^{-7})(800)(3500)(1.2)}{(2\pi)(0.15)}$

$\therefore$ B = 4.48 T

30. મેગ્નેટિક મોમેન્ટ $m = 0.32$ JT^{-1} ધરાવતા નાના ગજિયા ચુંબકને 0.15 T ના નિયમિત ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં મૂક્યો છે. જો ગજિયો ચુંબક આ ક્ષેત્રના સમતલમાં મુક્ત ભ્રમણ કરી શકે તેમ હોય તો તેની કઇ દિશામાંની ગોઠવણી,

(a) સ્થિર અને

(b) અસ્થિર સંતુલન દર્શાવશે ? દરેક કિસ્સામાં આ ચુંબકની સ્થિતિઊર્જા કેટલી હશે ?

➠ (i) ચુંબકની સ્થાયી સ્થિતિમાં $\vec{m}$ અને $\vec{B}$ વચ્ચેનો ખૂણો $\theta = 0°$ હોય.

∴ સ્થિતિઊર્જા

$U = -\vec{m} \cdot \vec{B}$ [$\vec{m}$ અને $\vec{B}$ સમાંતર, તેથી $\theta = 0°$]

$\therefore U_{min} = -mB\cos\theta$

$= -mB\cos 0°$

$= -0.32 \times 0.15 \times 1$

$= -0.048$ J સ્થિર સંતુલન દર્શાવે

(ii) ચુંબકની અસ્થાયી સ્થિતિમાં $\vec{m}$ અને $\vec{B}$ વચ્ચેનો ખૂણો $\theta = 180°$ હોય.

∴ સ્થિતિઊર્જા $U = -mB\cos\theta$

$= -mB\cos 180°$

$= -0.32 \times 0.15 \times (-1)$

$\therefore U_{max} = +0.048$ J અસ્થાયી સંતુલન દર્શાવે

31. મૅગ્નેટિક મોમેન્ટ $1.5\ JT^{-1}$ ધરાવતો એક ગજિયો ચુંબક નિયમિત ચુંબકીય ક્ષેત્ર 0.22 T સાથે એક રેખસ્થ રહેલો છે.

(a) બાહ્ય ટૉર્ક દ્વારા કેટલું કાર્ય કરવું પડે કે જેથી તેની મૅગ્નેટિક મોમેન્ટ (i) ક્ષેત્રની દિશામાં (ii) ક્ષેત્રની દિશાથી વિરુદ્ધ ગોઠવાય ?

(b) કિસ્સાઓ (i) અને (ii) માં ચુંબક પર લાગતું ટૉર્ક કેટલું હશે ?

➠ (a) (i) પ્રારંભમાં ગજિયા ચુંબકની ચુંબકીય ચાકમાત્રા $\vec{m}$ અને $\vec{B}$ વચ્ચેનો ખૂણો $\theta_1 = 0°$ અને જ્યારે $\vec{m}$ અને $\vec{B}$ પરસ્પર લંબરૂપે ગોઠવાય ત્યારે $\theta_2 = 90°$ થાય.

∴ ગજિયા ચુંબકને લંબરૂપે ગોઠવવા કરવું પડતું કાર્ય

$W_1 = mB(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$

$= 1.5 \times 0.22\ [\cos 0° - \cos 90°]$

$= 0.33\ [1 - 0]$

$= 0.33$ J

(ii) જ્યારે ચુંબકને $\vec{B}$ ની વિરુદ્ધમાં ગોઠવવામાં આવે ત્યારે $\theta'_2 = 180°$ બને.

∴ આ કિસ્સામાં કરવું પડતું કાર્ય,

$W_2 = mB(\cos\theta_1 - \cos\theta'_2)$

$= mB\ [\cos 0° - \cos 180°]$

$= 1.5 \times 0.22\ [1 - (-1)]$

$= 0.33\ [2]$

$= 0.66$ J

(b) (i) જ્યારે ચુંબકને ચુંબકીય ક્ષેત્રને લંબરૂપે ગોઠવીએ ત્યારે તેનાં પર લાગતું ટૉર્ક,

$\tau_1 = mB\sin\theta_2$

$= 1.5 \times 0.22 \times \sin 90°$

$= 0.33$ Nm જેટલો ટૉર્ક લાગશે જે ચુંબકીય ચાકમાત્રાને $\vec{B}$ ની દિશામાં લઈ જવા પ્રયત્ન કરશે.

(ii) જ્યારે ચુંબકને ચુંબકીય ક્ષેત્રની વિરુદ્ધ ગોઠવતાં લાગતું ટૉર્ક,

$\tau_2 = mB\sin\theta'_2$

$= 1.5 \times 0.22 \times \sin 180°$

$= 0.33 \times 0$

$= 0$

32. 2000 આંટા અને $1.6 \times 10^{-4}\ m^2$ જેટલું આડછેદનું ક્ષેત્રફળ ધરાવતા એક સૉલેનોઇડમાંથી 4.0 A વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે અને તેને કેન્દ્રમાંથી એવી રીતે લટકાવેલ છે કે જેથી તે સમક્ષિતિજ સમતલમાં ભ્રમણ કરી શકે.

(a) સૉલેનોઇડ સાથે સંકળાયેલી મૅગ્નેટિક મોમેન્ટ કેટલી હશે ?

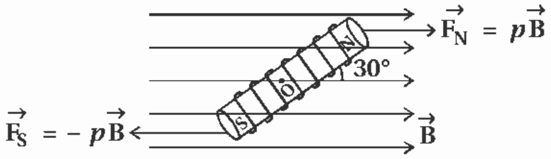
(b) જો સૉલેનોઇડની અક્ષ સાથે 30° કોણ બનાવતી દિશામાં 7.5×10^{-2} T જેટલું નિયમિત સમક્ષિતિજ ચુંબકીય ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરવામાં આવે તો સૉલેનોઇડ પર લાગતા બળ અને ટૉર્કના મૂલ્ય કેટલા હશે ?

➠ (a) સૉલેનોઈડની ચુંબકીય ચાકમાત્રા,

m_s = NIA
= 2000 × 4 × 1.6 × 10^{-4}
= 128 × 10^{-2}
= 1.28 JT^{-1}

આ ચાકમાત્રાની દિશા જમણા હાથના સ્ક્રૂના નિયમ પરથી વિદ્યુતપ્રવાહને અનુરૂપ સૉલેનોઈડની અક્ષ પર મળે છે.

(b) $\vec{B}$ તીવ્રતાવાળા ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં મૂકેલાં ચુંબક પર લાગતું પરિણામી બળ,



$\vec{F} = \vec{F_N} + \vec{F_S}$
$= p\vec{B} - p\vec{B}$
$\therefore \vec{F} = 0$

સૉલેનોઈડ પર લાગતું ટૉર્ક,
$\tau = m\text{B}\sin\theta'_2$
$= 1.28 \times 7.5 \times 10^{-2} \times \sin 30°$
$= 1.28 \times 7.5 \times 10^{-2} \times \frac{1}{2}$
$= 48 \times 10^{-3}$ J

ટૉર્કની દિશા એવી હોય છે કે જેથી $\vec{B}$ ની દિશા સૉલેનોઈડની અક્ષને સમાંતર મળે.

33. **16 આંટા અને 10 cm ત્રિજ્યા ધરાવતું એક વર્તુળાકાર ગૂંચળું 0.75 A વિદ્યુતપ્રવાહ ધરાવે છે અને 5 × 10^{-2} T મૂલ્ય ધરાવતા બાહ્ય ચુંબકીય ક્ષેત્રને લંબરૂપે સ્થિર રહેલું છે. ક્ષેત્રની દિશાને લંબ અને ગૂંચળાના સમતલમાં રહેલી અક્ષને અનુલક્ષીને ગૂંચળું મુક્ત ભ્રમણ કરી શકે છે. જ્યારે ગૂંચળાને થોડુંક ઘુમાવીને છોડી દેવામાં આવે ત્યારે તે તેની સ્થિર સંતુલિત સ્થિતિની આસપાસ 2.0 s^{-1} આવૃત્તિથી આંદોલન કરે છે. ગૂંચળાની તેની ભ્રમણ અક્ષને અનુલક્ષીને જડત્વની ચાકમાત્રા કેટલી હશે ?**

➠ ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં કૉઈલના દોલનનો આવર્તકાળ,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{m\text{B}}}$$
$$\therefore \nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{m\text{B}}{I}}$$
$$\therefore \nu^2 = \frac{m\text{B}}{4\pi^2 I}$$
$$\therefore I = \frac{m\text{B}}{4\pi^2\nu^2}$$
$$= \frac{\text{NIAB}}{4\pi^2\nu^2} \quad [\because m = \text{NIA}]$$
$$= \frac{\text{NI} \times \pi r^2 \text{B}}{4\pi^2\nu^2}$$
$$= \frac{\text{NI}r^2\text{B}}{4\pi\nu^2}$$
$$= \frac{16 \times 0.75 \times (0.1)^2 \times 5 \times 10^{-2}}{4 \times 3.14 \times (2)^2}$$
$$= 1.194 \times 10^{-4}$$
$$\therefore I \approx 1.2 \times 10^{-4} \text{ kg m}^2$$

34. **આફ્રિકામાં કોઈ સ્થળે, ચુંબકીય કંપાસ ભૌગોલિક ઉત્તરથી 12° પશ્ચિમ તરફ (દિશા) દર્શાવે છે. નમન વર્તુળની (ડીપ**

દર્શાવતી) ચુંબકીય સોયના ઉત્તરધ્રુવની અણીને મૅગ્નેટિક મેરીડીયનના સમતલમાં રાખતાં તે સમક્ષિતિજ સાથે ઉત્તર તરફ 60° કોણ દર્શાવે છે. પૃથ્વીના ક્ષેત્રનો સમક્ષિતિજ ઘટક આ સ્થળે 0.16 G છે. આ સ્થળે પૃથ્વીના (ચુંબકીય) ક્ષેત્રની દિશા અને મૂલ્ય દર્શાવો.

➠ અહીં, GN = ભૌગોલિક ઉત્તર

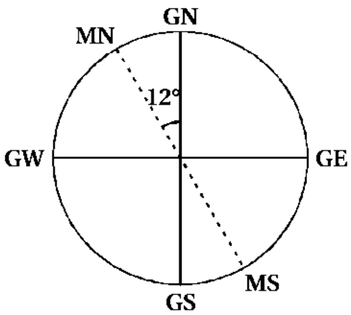
GS = ભૌગોલિક દક્ષિણ

MN = ચુંબકીય ઉત્તર

MS = ચુંબકીય દક્ષિણ

અહીં ઍંગલ ઑફ ડૅક્લિનેશન D = 12°

ઍંગલ ઑફ ડીપ ϕ = 60°



∴ સમક્ષિતિજ ઘટક

$B_H = B\cos\phi$

$$B = \frac{B_H}{\cos\phi} = \frac{0.16}{\cos 60^\circ} = \frac{0.16}{\frac{1}{2}}$$

∴ B = 0.32 G

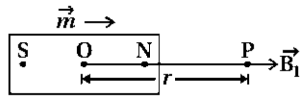
➠ $\vec{B}$ **ની દિશા :** પૃથ્વીનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર ભૌગોલિક ઉત્તરથી 12° પશ્ચિમ તરફ શિરોલંબ છે અને તે સમક્ષિતિજ રેખાની ઉપર 60° ના ખૂણે છે.

35. **એક નાના ગજિયા ચુંબકની મૅગ્નેટિક મોમેન્ટ 0.48 JT^{-1} છે. ચુંબકના કેન્દ્રથી 10 cm અંતરે**

(a) ચુંબકની અક્ષ પર

(b) તેની વિષુવરેખા (લંબ દ્વિભાજક) પર ચુંબક વડે ઉત્પન્ન થયેલી ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા અને મૂલ્ય શોધો.

➠ **(i) અક્ષ પરના બિંદુ માટે :**



$$B_a = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2m}{r^3}$$

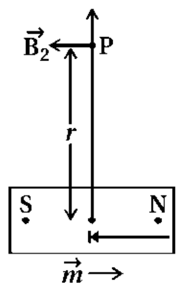
$$= \frac{10^{-7} \times 2 \times 0.48}{(0.1)^3}$$

$= 0.96 \times 10^{-4}$ T

= 0.96 G

S થી N તરફ (ચુંબકીય ચાકમાત્રાની દિશામાં)

(ii) વિષુવરેખા પરના બિંદુ માટે :



$$B_e = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{m}{r^3}$$
$$= 10^{-7} \times \frac{0.48}{(0.1)^3}$$
$$= 0.48 \times 10^{-4}\ T$$
$$= 0.48\ G$$ (N થી S તરફ)

36. સમક્ષિતિજ સમતલમાં મૂકેલા એક નાના ગજિયા ચુંબકની અક્ષ ચુંબકીય ઉત્તર-દક્ષિણ દિશા સાથે એક રેખસ્થ છે. ચુંબકની અક્ષ પર તેના કેન્દ્રથી 14 cm અંતરે તટસ્થ બિંદુઓ (Null Points) મળે છે. આ સ્થળે પૃથ્વીનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર 0.36 G છે અને ડીપ કોણ શૂન્ય છે. ચુંબકના કેન્દ્રથી તેના લંબ દ્વિભાજક પર આટલા જ અંતરે (એટલે કે 14 cm) કુલ ચુંબકીય ક્ષેત્રનું મૂલ્ય કેટલું હશે ? (તટસ્થ બિંદુએ ચુંબક વડે ઉદ્ભવતું ચુંબકીય ક્ષેત્ર પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રના સમક્ષિતિજ ઘટક જેટલું જ અને વિરુદ્ધ દિશામાં હોય છે.)

➠ ચુંબકના અક્ષ પરના બિંદુ માટે,

$$B' = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2m}{r^2}$$

તટસ્થ બિંદુ માટે,

$$B' = B_H$$
$$\therefore \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2m}{r^3} = B\cos\phi$$
$$\frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2m}{r^3} = B \quad [\because \cos 0^\circ = 1]$$
$$\therefore m = \frac{Br^3}{2} \cdot \frac{1}{\frac{\mu_0}{4\pi}}$$
$$\therefore m = \frac{0.36 \times 10^{-4} \times (0.14)^3}{2 \times 10^{-7}}$$
$$= 0.00049392 \times 10^3$$
$$\approx 0.49\ Am^2$$
$$= 0.5\ Am^2$$

ચુંબકના વિષુવરેખા પરના બિંદુ માટે,

$$B_e = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{m}{r^3}$$
$$= 10^{-7} \times \frac{0.5}{(0.14)^3}$$
$$= 182.2 \times 10^{-7}$$
$$= 0.1822 \times 10^{-4}\ T$$
$$\approx 0.18\ G$$

∴ આ બિંદુ પાસે પરિણામી ચુંબકીય ક્ષેત્ર,

$$B_{eq} = B_e + B_H \quad [\because B_a = B_H = 0.364]$$
$$= 0.18 + 0.36$$
$$= 0.54\ G$$ અને તેની દિશા પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રના સમક્ષિતિજ ઘટકની દિશામાં.

37. સમક્ષિતિજ સમતલમાં મૂકેલા એક નાના ગજિયા ચુંબકની અક્ષ ચુંબકીય ઉત્તર-દક્ષિણ દિશા સાથે એક રેખસ્થ છે. ગજિયા ચુંબકને 180° જેટલો ઘુમાવવામાં આવે તો હવે નવા તટસ્થ બિંદુઓ ક્યાં (કેટલા અંતરે) મળશે ?

➠ જો ચુંબકને 180° જેટલું ભ્રમણ આપીએ તો ચુંબકનો ઉત્તર ધ્રુવ, પૃથ્વીના ભૌગોલિક ઉત્તર ધ્રુવ તરફ આવે તેથી તેનાં તટસ્થ

બિંદુનું સ્થાન ચુંબકના લંબદ્વિભાજક (વિષુવરેખા) પર મળે.
ધારોકે ચુંબકના વિષુવરેખા પર ચુંબકના કેન્દ્રથી r અંતરે તટસ્થ બિંદુઓ મળે છે.

$\therefore$ પરિણામી ચુંબકીય ક્ષેત્ર $B_{eq} = \frac{\mu_0}{4\pi} \times \frac{m}{r^3}$

પણ તટસ્થ બિંદુ પાસે,

$B_{eq} = B_H$

$= B\cos\phi = B\cos 0°$

$B_{eq} = B$

$\therefore \frac{\mu_0 m}{4\pi r^3} = B$

$\therefore r^3 = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{m}{B}$

$= 10^{-7} \times \frac{0.5}{0.36 \times 10^{-4}}$

$= 1.388 \times 10^{-3}$

$\therefore r = \frac{1}{3}\log\left(1.388 \times 10^{-3}\right)$

$= \frac{1}{3}\left[\bar{3}\cdot 1428\right]$

$= \bar{1}\cdot 0476$

Antilog લેતાં,

$r = 0.1116$ m

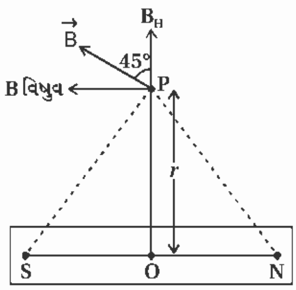
$r \approx 11.16$ cm

38. **5.25×10^{-2} JT^{-1} મેગ્નેટિક મોમેન્ટ ધરાવતા નાના ગજિયા ચુંબકને તેની અક્ષ પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશાને લંબ રહે તે રીતે રાખવામાં આવ્યો છે. ચુંબકના કેન્દ્રથી**

(a) તેના લંબ દ્વિભાજક પર અને

(b) તેની અક્ષ પર કેટલા અંતરે પરિણામી ક્ષેત્ર પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્ર સાથે 45° કોણ બનાવતું હશે ? આ સ્થળે પૃથ્વીનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર 0.42 G છે. અહીં ગણતરીમાં આવતા અંતરોની સરખામણીમાં ચુંબકની લંબાઈ અવગણો.

➠ (a) ધારોકે ચુંબકના વિષુવરેખા પર r અંતરે આવેલાં બિંદુએ ચુંબકીય ક્ષેત્ર $\vec{B'}$ મળે છે અને પરિણામી ચુંબકીય ક્ષેત્ર $\vec{B}$ એ $\vec{B_H}$ સાથે 45° નો કોણ રચે છે.



$\therefore \vec{B'} = \vec{B_H}$

કારણ કે $B' = \sin 45°$ અને $B_H = B\cos 45°$

$\therefore B' = \frac{B}{\sqrt{2}}$ અને $B_H = \frac{B}{\sqrt{2}}$

$\therefore B' = B_H$

$\frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{m}{r^3} = B_H$

$$r^3 = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{m}{B_H}$$

$$= \frac{10^{-7} \times 5.25 \times 10^{-2}}{0.42 \times 10^{-4}}$$

$= 12.5 \times 10^{-5}$

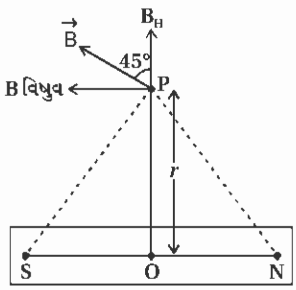
$\therefore r^3 = 125 \times 10^{-6}$

$\therefore r = (125 \times 10^{-6})^{\frac{1}{3}}$

$\therefore r = 5 \times 10^{-2}$ m

$\therefore r = 5$ cm

➠ (a) ધારોકે ચુંબકના વિષુવરેખા પર r અંતરે આવેલાં બિંદુએ ચુંબકીય ક્ષેત્ર $\vec{B'}$ મળે છે અને પરિણામી ચુંબકીય ક્ષેત્ર $\vec{B}$ એ $\vec{B_H}$ સાથે 45° નો કોણ રચે છે.



$\therefore \vec{B'} = \vec{B_H}$

કારણ કે $B' = \sin 45°$ અને $B_H = B\cos 45°$

$\therefore B' = \frac{B}{\sqrt{2}}$ અને $B_H = \frac{B}{\sqrt{2}}$

$\therefore B' = B_H$

$$\frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{m}{r^3} = B_H$$

$$r^3 = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{m}{B_H}$$

$$= \frac{10^{-7} \times 5.25 \times 10^{-2}}{0.42 \times 10^{-4}}$$

$= 12.5 \times 10^{-5}$

$\therefore r^3 = 125 \times 10^{-6}$

$\therefore r = (125 \times 10^{-6})^{\frac{1}{3}}$

$\therefore r = 5 \times 10^{-2}$ m

$\therefore r = 5$ cm

39. એક લાંબો સીધો તાર પશ્ચિમથી દક્ષિણ તરફ 10° થી પૂર્વથી ઉત્તર તરફ 10° ની દિશામાં 2.5 A વિદ્યુતપ્રવાહનું વહન કરે છે. આ સ્થળે મેગ્નેટિક મેરીડિયન ભૌગોલિક મેરીડિયનથી 10° પશ્ચિમ તરફ છે. આ સ્થળે પૃથ્વીનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર 0.33 G છે અને ડીપ કોણ શૂન્ય છે. નલ બિંદુઓ (Neutral Point) દર્શાવતી રેખાનું સ્થાન શોધો. (તારની જાડાઈ અવગણો) ? (નલ બિંદુઓએ, વિદ્યુતપ્રવાહ ધારિત તાર વડે ઉદ્ભવતું ચુંબકીય ક્ષેત્ર પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રના સમક્ષિતિજ ઘટક જેટલું જ અને વિરુદ્ધ દિશામાં હોય છે.)

➠ $I = 2.5$ A

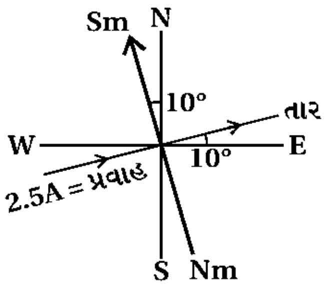
$R = 0.33$ G $= 0.33 \times 10^{-4}$ T

$\delta = 0°$

પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રનો સમક્ષિતિજ ઘટક,

$B_H = R\cos\delta = (0.33 \times 10^{-4})\cos 0$

$= 0.33 \times 10^{-4}$ T



➠ ધારો કે, તારથી r જેટલા લંબ અંતરે તટસ્થ બિંદુ મળે છે.

વાહક તારના કારણે તારથી r જેટલા અંતરે ચુંબકીય ક્ષેત્ર,

$$B_H = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

➠ તટસ્થ બિંદુ પાસે,

$$\frac{\mu_0 I}{2\pi r} = B_H$$

$$\therefore\ r = \frac{\mu_0 I}{2\pi B_H}$$

$$\therefore\ r = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(2.5)}{(2\pi)(0.33 \times 10^{-4})}$$

$= 1.5 \times 10^{-2}$ m

$= 1.5$ cm

➠ આમ, વાહક તારને સમાંતર રેખા પર, વાહક તારથી 1.5 cm લંબ અંતરે ઉપરના બિંદુએ તટસ્થ બિંદુ મળશે.

40. સમક્ષિતિજ સમતલમાં મુક્ત રીતે ભ્રમણ કરી શકે તેવી ચુંબકીય સોયના કંપાસને 30 આંટા અને 12 cm ત્રિજ્યા ધરાવતા વર્તુળાકાર ગૂંચળાની મધ્યમાં મૂકેલ છે. આ ગૂંચળું શિરોલંબ સમતલમાં મૅગ્નેટિક મેરીડિયન સાથે 45° કોણ બનાવતી દિશામાં રાખેલું છે. જ્યારે ગૂંચળામાં પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ 0.35 A હોય, ત્યારે આ સોય પશ્ચિમથી પૂર્વ તરફ રહે છે.

(a) આ સ્થળે પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રનો સમક્ષિતિજ ઘટક શોધો.

(b) ગૂંચળામાં વહેતો પ્રવાહ ઉલટાવવામાં આવે છે અને ગૂંચળાને શિરોલંબ અક્ષની સાપેક્ષે ઉપરથી જોતાં વિષમ ઘડી દિશામાં 90° કોણે ઘુમાવવામાં આવે છે. ચુંબકીય સોયની દિશા શોધો. આ સ્થળે મૅગ્નેટિક ડેક્લિનેશન શૂન્ય ધારો.

➠ (a) $N = 30$, $I = 0.35$ A, $r = 12$ cm $= 0.12$ m

➠ ગૂંચળાના કેન્દ્ર પર ચુંબકીય ક્ષેત્ર,

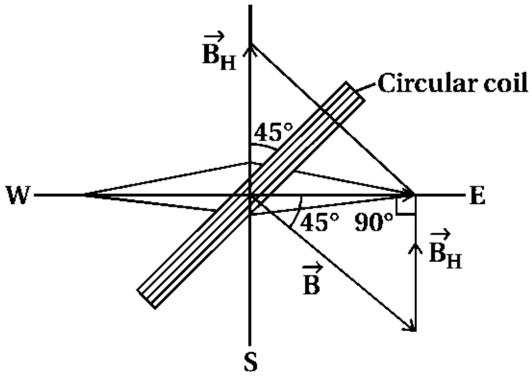
$$B = \frac{\mu_0 NI}{2r} \quad \dots (1)$$

આ ચુંબકીય ક્ષેત્ર ગૂંચળાના સમતલને લંબ દિશામાં લાગે છે.

➠ આ ચુંબકીય ક્ષેત્રનો મૅગ્નેટિક મેરિડિયનને સમાંતર ઘટક.

➠ આ ગૂંચળું શિરોલંબ સમતલમાં મૅગ્નેટિક મેરીડિયન સાથે 45°નો કોણ બનાવતી દિશામાં છે અને ચુંબકીય સોય પશ્ચિમ-પૂર્વ દિશામાં સ્થિર રહે છે જે આકૃતિમાં દર્શાવ્યું છે. ચુંબકીય સોય ક્ષેત્ર $\vec{B}$ સાથે 45°નો કોણ બનાવે છે.

N



➠ ત્રિકોણ માટેના sine નો નિયમ વાપરતાં,

$$\frac{B_H}{\sin 45°} = \frac{B}{\sin 90°}$$

$\therefore\ B_H = B\sin 45°\quad [\because \sin 90° = 1]$

➠ સમીકરણ (1) પરથી,

$$B_H = \frac{\mu_0 NI}{2r}\sin 45°$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 30 \times 0.35}{2 \times 0.12} \times \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$= 388.6 \times 10^{-7} \qquad \left[\because \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{1.414}\right]$$

$$\approx 3.88 \times 10^{-5}\ T$$

$$= 0.388 \times 10^{-4}\ T \approx 0.39\ G\ [\because 10^{-4}\ T = 1G]$$

(b) આ કિસ્સામાં ગૂંચળાનું સમતલ, મૅગ્નેટિક મેરિડિયન સાથે બીજી બાજુ 45° નો ખૂણો રચે છે. તેથી ચુંબકીય સોય ભ્રમણ કરીને પૂર્વથી પશ્ચિમ તરફ ગોઠવાશે. એટલે કે, ચુંબકીય સોય તેની મૂળ દિશા ઉલટાવશે.

41. પેરામૅગ્નેટિક મીઠા (Salt) નો એક ટુકડો 2.0×10^{24} પરમાણ્વિક ડાઇપોલ ધરાવે છે. જે દરેકની ડાઇપોલ મોમેન્ટ $1.5 \times 10^{-23}\ JT^{-1}$ છે. આ ટુકડાને 0.64 T જેટલા નિયમિત ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં મૂકેલો છે અને તેને 4.2 K સુધી ઠંડો પાડવામાં આવે છે. તેમાં 15 % જેટલું મૅગ્નેટિક સેચ્યુરેશન (સંતૃપ્તતા) મળે છે. 2.8 K તાપમાને 0.9 T જેટલા ચુંબકીય ક્ષેત્ર માટે આ ટુકડાની કુલ ડાઇપોલ મોમેન્ટ કેટલી હશે ? (ક્યુરીનો નિયમ ધારો).

➠ દરેક ડાઈપોલની ચુંબકીય ડાઈપોલ મોમેન્ટ = $1.5 \times 10^{-23}\ \frac{J}{T}$

પરમાણ્વિક ડાઈપોલની સંખ્યા = 2×10^{24}

$\therefore$ આપેલા નમૂનાની શક્ય ડાઈપોલ મોમેન્ટ,

$$M = (1.5 \times 10^{-23})\ (2 \times 10^{24})$$
$$= 30\ JT^{-1}$$

➠ 4.2 K તાપમાને 15 % મૅગ્નેટિક સેચ્યુરેશન મળે છે.

$\therefore$ 4.2 K તાપમાને ડાઈપોલ મોમેન્ટ = 15 % M

$$M_1 = \frac{30 \times 15}{100} = 4.5\ \frac{J}{T}$$

➠ ક્યુરીના નિયમ પ્રમાણે,

$$M \propto \frac{B}{T}$$

$$\therefore\ \frac{M_1}{M_2} = \frac{B_1}{T_1} \times \frac{T_2}{B_2}$$

$$\therefore\ M_2 = M_1 \times \frac{T_1}{T_2} \times \frac{B_2}{B_1}$$

અહીં, $M_1 = 4.5\ \frac{J}{T}$, $T_1 = 4.2\ K$, $T_2 = 2.8\ K$

$B_1 = 0.84\ T$, $B_2 = 0.98\ T$

$$\therefore \ M_2 = \frac{4.5 \times 4.2 \times 0.98}{2.8 \times 0.84}$$

$$M_2 = 7.875 \frac{J}{T} \text{ અથવા } Am^{-1}$$

42. એક ઇલેક્ટ્રૉનના સ્પિન કોણીય વેગમાન S અને કક્ષિય (Orbital) કોણીય વેગમાન l સાથે સંકળાયેલા મૅગ્નેટિક મોમેન્ટ સદિશો અનુક્રમે μ_S અને μ_l ક્વૉન્ટમ સિદ્ધાંત દ્વારા અનુમાનીત કરાય છે. (અને પ્રાયોગિક રીતે ઊંચી ચોકસાઈથી ચકાસેલ પણ છે.) જેમના સૂત્રો આ મુજબ છે :

$$\vec{\mu}_s = -\left(\frac{e}{m}\right)S, \ \vec{\mu}_l = -\left(\frac{e}{2m}\right)\vec{l}$$

આ બેમાંથી કયું પરિણામ પ્રચલિત ભૌતિકશાસ્ત્ર મુજબ ધારેલ પરિણામને મળતું આવે છે ? પ્રચલિત યંત્રશાસ્ત્રનું પરિણામ સાધિત કરો.

➠ આપેલાં બે સંબંધો પૈકી નીચેનો સંબંધ પ્રચલિત ભૌતિકવિજ્ઞાન (Classical Physics) પ્રમાણે છે.

$$\vec{\mu}_l = -\left(\frac{e}{2m}\right)\vec{l}$$

ઇલેક્ટ્રૉન T સમયમાં એક ભ્રમણ કરે તો રચાતો પ્રવાહ,

$$I = \frac{-e}{T}$$

પરંતુ, ચુંબકીય ચાકમાત્રા $\mu_l = IA = \left(\frac{-e}{T}\right)\pi r^2 \quad ... (1)$

અને કોણીય વેગમાન, $l = mvr = m\left(\frac{2\pi r}{T}\right)r \quad ... (2)$

અહીં m ઇલેક્ટ્રૉનનું દળ, $-e$ એ ઇલેક્ટ્રૉનનો વિદ્યુતભાર, r તેનાં વર્તુળમાર્ગની ત્રિજ્યા છે. T તેનો કક્ષીય આવર્તકાળ, v રેખીય વેગ છે.

➠ સમીકરણ (1) અને (2) નો ગુણોત્તર લેતાં,

$$\frac{\mu_l}{l} = \frac{\left(-\frac{e}{T}\pi r^2\right)}{m\left(\frac{2\pi r}{T}\right)r} = \frac{-e}{2m}$$

$$\therefore \ \vec{\mu}_l = \left(\frac{-e}{2m}\right)\vec{l}$$

➠ અહીં ઋણ ચિહ્ન દર્શાવે છે કે, $\vec{\mu}_l$ અને $\vec{l}$ પરસ્પર વિરુદ્ધ દિશામાં છે અને ભ્રમણ કક્ષાના સમતલને લંબ છે.

અને $\frac{\mu_s}{s} = \frac{e}{m}$ જે પ્રચલિત અપેક્ષિત મૂલ્ય કરતાં બમણું છે. જે આધુનિક ક્વૉન્ટમ સિદ્ધાંતનું અગત્યનું પરિણામ છે, જે પ્રચલિત ભૌતિકશાસ્ત્ર વડે મેળવી શકાતું નથી.

43. એક સ્થળે આવેલ ટેલીફોનના કેબલમાં ચાર લાંબા સીધા અને સમક્ષિતિજ તાર પૂર્વથી પશ્ચિમ દિશામાં ગોઠવાયેલા છે. જે (દરેક)માંથી એક જ દિશામાં 1.0 A વિદ્યુતપ્રવાહ વહે છે. આ સ્થળે પૃથ્વીનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર 0.39 G છે અને ડીપ કોણ 35° છે. મૅગ્નેટિક ડેક્લિનેશન લગભગ શૂન્ય છે. આ કેબલની નીચે 4.0 cm અંતરે પરિણામી ચુંબકીય ક્ષેત્રના મૂલ્ય કેટલા હશે ?

➠ પૃથ્વીનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર $B_0 = 0.39\ G$

ડીપ ઍંગલ $\delta = 35°$

➠ પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રનો સમક્ષિતિજ ઘટક,

$$B_H = B_0 \cos\delta$$
$$= (0.39)\cos(35°)$$
$$= 0.3195\ G$$

➠ પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રનો શિરોલંબ ઘટક,

$B_V = B_0 \sin\delta$
$= (0.39) \sin(35°)$
$= 0.224$ G

➠ ટેલિફોનના ચાર કેબલના કારણે, તારથી r જેટલા લંબ અંતરે ઉદ્ભવતું ચુંબકીય ક્ષેત્ર,

$\therefore B' = 4\left(\frac{\mu_0 I}{2\pi r}\right)$ $\qquad \theta = \tan^{-1}\frac{B_V}{B_H}$

$B' = 4\left(\frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1}{2\pi \times 0.04}\right)$ $\qquad = \tan^{-1}\frac{0.224}{0.3195}$

$= 0.2 \times 10^{-4}$ T $\qquad = \tan^{-1} 0.7010$

$= 0.2$ G $\qquad \therefore \theta \approx 62°$

➠ **તારના નીચેના બિંદુએ પરિણામી ચુંબકીય ક્ષેત્ર :** જમણા હાથના અંગૂઠાના નિયમ પ્રમાણે તારની નીચેના ભાગમાં ચુંબકીય ક્ષેત્ર B એ B_H ની વિરુદ્ધ દિશામાં હોય છે.

$\therefore R_H = B_H - B'$
$= 0.3195 - 0.2$
$= 0.1195$ G

➠ પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રનો શિરોલંબ ઘટક B_V બદલાતો નથી.

$\therefore R_V = B_V = 0.224$ G

$\therefore$ પરિણામી ચુંબકીય ક્ષેત્ર,

$R = \sqrt{R_H^2 + R_V^2} = \sqrt{(0.1195)^2 + (0.224)^2}$

$= \sqrt{(0.0143) + (0.0500)}$

$= \sqrt{0.0643}$

$R = 0.254$ G

➠ પૃથ્વીનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર $B_0 = 0.39$ G

ડીપ ઍંગલ $\delta = 35°$

➠ પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રનો સમક્ષિતિજ ઘટક,

$B_H = B_0 \cos\delta$
$= (0.39) \cos(35°)$
$= 0.3195$ G

➠ પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રનો શિરોલંબ ઘટક,

$B_V = B_0 \sin\delta$
$= (0.39) \sin(35°)$
$= 0.224$ G

➠ ટેલિફોનના ચાર કેબલના કારણે, તારથી r જેટલા લંબ અંતરે ઉદ્ભવતું ચુંબકીય ક્ષેત્ર,

$\therefore B' = 4\left(\frac{\mu_0 I}{2\pi r}\right)$ $\qquad \theta = \tan^{-1}\frac{B_V}{B_H}$

$B' = 4\left(\frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1}{2\pi \times 0.04}\right)$ $\qquad = \tan^{-1}\frac{0.224}{0.3195}$

$= 0.2 \times 10^{-4}$ T $\qquad = \tan^{-1} 0.7010$

$= 0.2$ G $\qquad \therefore \theta \approx 62°$

➠ **તારના નીચેના બિંદુએ પરિણામી ચુંબકીય ક્ષેત્ર :** જમણા હાથના અંગૂઠાના નિયમ પ્રમાણે તારની નીચેના ભાગમાં ચુંબકીય ક્ષેત્ર B એ B_H ની વિરુદ્ધ દિશામાં હોય છે.

$\therefore R_H = B_H - B'$
$= 0.3195 - 0.2$
$= 0.1195$ G

➠ પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રનો શિરોલંબ ઘટક B_V બદલાતો નથી.

$\therefore R_V = B_V = 0.224$ G

$\therefore$ પરિણામી ચુંબકીય ક્ષેત્ર,

$R = \sqrt{R_H^2 + R_V^2} = \sqrt{(0.1195)^2 + (0.224)^2}$

$= \sqrt{(0.0143) + (0.0500)}$

$= \sqrt{0.0643}$

R $= 0.254$ G

44. સમક્ષિતિજ દિશામાં ગતિ કરતો અને એક સરખી ઊર્જા (18 keV Monoenergetic) ધરાવતો ઇલેક્ટ્રોન બીમનો શેરડો તેની (ગતિની) દિશાને લંબરૂપે સમક્ષિતિજ સમતલમાં 0.04 G જેટલું ચુંબકીય ક્ષેત્ર અનુભવે છે. 30 cm પછી આ બીમનું ઉપર કે નીચે તરફનું કોણાવર્તન શોધો. ($m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ gm)

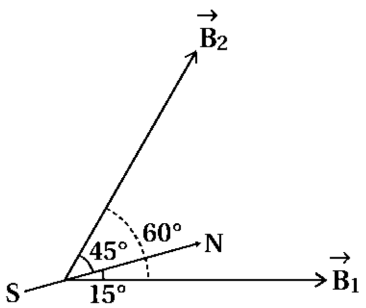
➠ ઊર્જા $E = 18\text{ keV} = 18 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J

$B = 0.40\text{ G} = 0.40 \times 10^{-4}$ T

$n = 30\text{ cm} = 0.3$ m

ગતિઊર્જા $E = \frac{1}{2}mv^2$

$\therefore v = \sqrt{\frac{2E}{m}}$



➠ ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં ઇલેક્ટ્રોન r ત્રિજ્યાના વર્તુળાકાર ચાપ પર ગતિ કરે છે તેથી,

ચુંબકીય બળ = કેન્દ્રગામી બળ,

$\therefore evB = \frac{m_e v^2}{r}$

$\therefore r = \frac{m_e v}{Be}$

$\therefore r = \frac{m_e}{Be}\sqrt{\frac{2E}{m_e}}$

$= \frac{1}{Be}\sqrt{2Em_e}$

$= \frac{\sqrt{2 \times 18 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 9.1 \times 10^{-31}}}{(0.4 \times 10^{-4})(1.6 \times 10^{-19})}$

$= 11.3$ m

➠ વળી, $\sin\theta = \frac{x}{r} = \frac{0.3}{11.3} = \frac{3}{113}$

➠ ઊર્જા $E = 18\text{ keV} = 18 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J

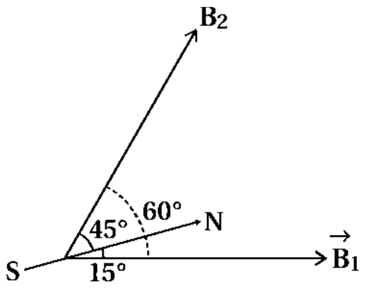
$B = 0.40\text{ G} = 0.40 \times 10^{-4}$ T

$n = 30\text{ cm} = 0.3$ m

ગતિઊર્જા $E = \frac{1}{2}mv^2$

$\therefore v = \sqrt{\frac{2E}{m}}$

$\rightarrow$



➠ ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં ઇલેક્ટ્રૉન r ત્રિજ્યાના વર્તુળાકાર ચાપ પર ગતિ કરે છે તેથી,

ચુંબકીય બળ = કેન્દ્રગામી બળ,

$$\therefore\ evB = \frac{m_e v^2}{r}$$

$$\therefore\ r = \frac{m_e v}{Be}$$

$$\therefore\ r = \frac{m_e}{Be}\sqrt{\frac{2E}{m_e}}$$

$$= \frac{1}{Be}\sqrt{2Em_e}$$

$$= \frac{\sqrt{2\times18\times1.6\times10^{-19}\times9.1\times10^{-31}}}{(0.4\times10^{-4})(1.6\times10^{-19})}$$

$$= 11.3\ \text{m}$$

➠ વળી, $\sin\theta = \frac{x}{r} = \frac{0.3}{11.3} = \frac{3}{113}$