অধ্যায়- ৫

চুম্বকত্ব আৰু পদাৰ্থ

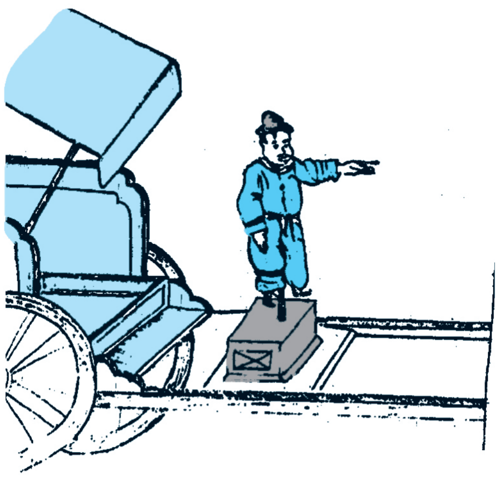
(MAGNETISM AND MATTER)

5.1 আৰম্ভণি (INTRODUCTION)

চৌম্বিক পৰিঘটনাসমূহৰ প্ৰকৃতি বিশ্বজনীন। বিশাল, সূদূৰৱৰ্তী নীহাৰিকামণ্ডল, (galaxy), ক্ষুদ্ৰ অদৃশ্য পৰমাণু, মানুহ আৰু জন্তু আটাইৰে মাজেৰে বিভিন্ন উৎসৰ পৰা সৃষ্টি হোৱা ভালেমান চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখা অহৰহ পাৰ হৈ যায়। পৃথিৱীৰ চুম্বকত্বৰ জন্ম মানুহৰ ক্ৰমবিকাশৰ আগৰ ঘটনা। গ্ৰীচদেশৰ মেগ্নেচিয়া (magnesia) দ্বীপৰ নামৰ পৰাই মেগ্নেট (চুম্বক) নামটোৰ উৎপত্তি হৈছে। এই দ্বীপত খৃ.পূঃ 600 চন মানতেই চৌম্বিক আঁকৰৰ ভাণ্ডাৰ আৱিস্কৃত হৈছিল। এই দ্বীপৰ ভেড়াৰখীয়াবোৰে সিহঁতৰ কাঠেৰে তৈয়াৰী জোতাবোৰ (য'ত গজাল আছিল) মাজে সময়ে মাটিত লাগি ধৰে বুলি ওজৰ দিছিল। সিহঁতৰ লোৰ টুপীযুক্ত এছাৰিবোৰো একেধৰণে প্ৰভাৱিত হৈছিল। চুম্বকৰ এই আকৰ্ষণী ধৰ্মই সিহঁতৰ চলফুৰাত অসুবিধা দিছিল।

চুম্বকৰ দিশ নিৰ্দেশক ধৰ্মৰ বিষয়ে প্ৰাচীন কালতেই মানুহে জানিছিল। চুম্বকৰ মিহি দীঘল টুকুৰা এটা মুক্তভাৱে ওলোমাই থলে সি উত্তৰা-দক্ষিণাকৈ অৱস্থান লয়। ইয়াক কৰ্ক এটুকুৰাৰ ওপৰত সংস্থাপিত কৰি স্থিৰ পানীত উপঙিবলৈ দিলে একেধৰণৰ ফলাফলেই দৃষ্টিগোচৰ হয়। প্ৰাকৃতিকভাৱে উপলব্ধ লো-মেগ্নেটাইট (Iron-magnetite) আঁকৰৰ প্ৰদত্ত নাম চুম্বক শিলৰ (lodestone or loadstone) অৰ্থ হ'ল দিকদৰ্শী শিল (leading stone) এই ধৰ্মৰ প্ৰাযুক্তিক প্ৰয়োগৰ কৃতিত্ব চীনাসকলক দিয়া হয়। খৃঃ পূঃ 400 চনৰ লিপিবদ্ধ বৰ্ণনাত জাহাজৰ দিশ নিৰ্ণয়ৰ বাবে চৌম্বিক শলাৰ ব্যৱহাৰৰ উল্লেখ আছে। গোবি মৰুভূমি পাৰ হ'বলৈকো পথিকৰ সমদলে চৌম্বিক শলা ব্যৱহাৰ কৰিছিল।

চীনদেশৰ উপাখ্যান এটাত প্ৰায় চাৰি হাজাৰ বছৰ আগৰ সম্ৰাট হুৱাংটিৰ বিজয়যাত্ৰাৰ বৰ্ণনা আছে। এই বিজয়ৰ কৃতিত্ব সম্ৰাটৰ দক্ষ কাৰিকৰ সকলকো (যাক তোমালোক আজিকালি অভিযন্তা বুলি কোৱা) দিয়া



চিত্ৰ **5.1** ৰথৰ ওপৰত প্ৰতিষ্ঠিত মূৰ্তিৰ বাহুৱে সদায় দক্ষিণলৈ টোৱাই থাকে। ই হ'ল হাজাৰ হাজাৰ বছৰ পুৰণি প্ৰাচীনতম জ্ঞাত কম্পাচৰ শিল্পীয়ে অঁকা নক্সা।

হয়। এই 'অভিযন্তাসকলে' ৰথ এখন নিৰ্মাণ কৰি তাত হস্ত প্ৰসাৰিত হৈ থকা চৌম্বিক মূৰ্তি এটা স্থাপন কৰিছিল। (5.1) চিত্ৰত শিল্পী এজনৰ ৰথৰ কল্পনাক উপস্থাপন কৰা হৈছে। মূৰ্তিটোৱে যথাযথভাৱে ঘূৰি মূৰ্তিৰ আঙুলি সদায় দক্ষিণলৈ টোৱাই ৰাখিছিল। এই ৰথৰ সহায়ত 'হুৱাংটি'ৰ সৈন্যবাহিনীয়ে ঘন-কুৱঁলী ভেদি পিছফালৰ পৰা শত্ৰুপক্ষক আক্ৰমণ কৰি সিহঁতক পৰাস্ত কৰিছিল।

পূৰ্বৱৰ্তী অধ্যায়সমূহত আমি শিকিছিলোঁ যে গতিশীল আধান বা বৈদ্যুতিক প্ৰৱাহে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ সৃষ্টি কৰে। ঊনবিংশ শতিকাৰ আগভাগতে হোৱা এই আৱিষ্কাৰৰ কৃতিত্ব দাবী কৰিব পৰা বিজ্ঞানীসকলৰ ভিতৰত অ'ৰষ্টেড্, এম্পিয়াৰ, বায়' আৰু চাভাৰ্ট অন্যতম।

এই অধ্যায়ত এটা বিষয় হিচাপে আমি ইয়াৰ বিষয়ে অধ্যয়ন কৰিম। চুম্বকত্ব সম্পৰ্কে সাধাৰণতে আমি জনা কেতবোৰ ধাৰণা হ'ল—

(i) পৃথিৱীয়ে চুম্বক এডালৰ দৰে আচৰণ কৰে; এই ভূ-চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ মোটামুটিভাৱে ভৌগোলিক দক্ষিণৰ পৰা উত্তৰলৈ।

(ii) দণ্ড-চুম্বক এডাল মুক্তভাৱে ওলোমাই থলে ই উত্তৰা-দক্ষিণা হৈ থাকে। ভৌগোলিক উত্তৰৰ ফালে মূৰ কৰি থকা প্ৰান্তক উত্তৰ মেৰু (north pole) আৰু যিটো প্ৰান্তই ভৌগোলিক দক্ষিণলৈ মূৰ কৰি থাকে তাক দক্ষিণ মেৰু (south pole) বোলে।

(iii) দুডাল চুম্বকৰ উত্তৰ মেৰু (নতুবা দক্ষিণ মেৰু) দুটা ওচৰ চপাই আনিলে সিহঁতৰ মাজত বিকৰ্ষণ হয়। ইয়াৰ বিপৰীতে চুম্বক এডালৰ উত্তৰ মেৰু আৰু আন এডালৰ দক্ষিণ মেৰুৰ মাজত আকৰ্ষণ হয়।

(iv) চুম্বকৰ উত্তৰ মেৰু অথবা দক্ষিণ মেৰুক অকলশৰীয়া কৰিব নোৱাৰি। দণ্ড-চুম্বক এডাল দ্বিখণ্ডিত কৰিলে অপেক্ষাকৃত কম শক্তিৰ দুডাল একেধৰণৰ দণ্ড-চুম্বক পোৱা যায়। বৈদ্যুতিক আধানৰ বিপৰীতে চৌম্বিক এককমেৰু বুলি জ্ঞাত অকলশৰীয়া উত্তৰ আৰু দক্ষিণ মেৰুৰ অস্তিত্ব নাই।

(v) লো আৰু তাৰ সংকৰৰ পৰা চুম্বক তৈয়াৰ কৰিব পাৰি।

আমি দণ্ড-চুম্বক আৰু বাহ্যিক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত তাৰ আচৰণৰ বৰ্ণনাৰে এই অধ্যায়ৰ সূত্ৰপাত কৰিম। তাৰ পিছত চুম্বকত্বৰ গাউছৰ সূত্ৰৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিম। তাৰ পিছত ভূ-চুম্বকত্বৰ বিষয়ে পঢ়িম। ইয়াৰ পৰৱৰ্তী পৰ্যায়ত পদাৰ্থৰ চৌম্বিক ধৰ্মৰ আধাৰত কেনেকৈ বিভিন্ন পদাৰ্থক শ্ৰেণীবিভক্ত কৰিব পাৰি সেইবিষয়ে আলোচনা কৰিম। আমি অণু, অপ আৰু লৌহ চুম্বকত্বৰ (para-dia- and ferromagnetism) বৰ্ণনা দিম। শেষত বিদ্যুৎ চুম্বক আৰু স্থায়ী-চুম্বকৰ বৰ্ণনাৰে মোখনী মাৰিম।

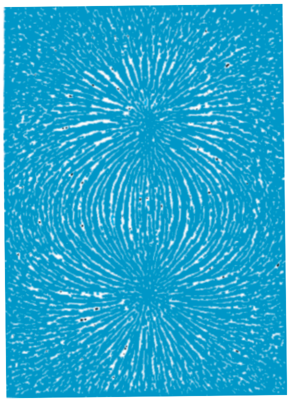
5.2 দণ্ড চুম্বক (The Bar Magnet)

প্ৰখ্যাত পদাৰ্থবিদ আলবাৰ্ট আইনষ্টাইনৰ ল'ৰালিকালৰ আটাইতকৈ পুৰণি স্মৃতিবোৰৰ ভিতৰত আত্মীয় এজনে উপহাৰ হিচাপে দিয়া চুম্বক এটুকুৰা অন্যতম আছিল। আইনষ্টাইন চমকিত হৈছিল আৰু ইয়াৰ সৈতে সীমাহীনভাৱে উমলিছিল। চুম্বকে দূৰৰ গজাল বা পিনজাতীয় বস্তুবোৰ ৰচি বা স্প্ৰিঙৰ সহায় নোলোৱাকৈ কেনেকৈ প্ৰভাৱিত কৰে তাকে ভাবি তেওঁ বিস্মিত হৈছিল।

চুটি দণ্ড-চুম্বক এডালৰ ওপৰত কাঁচৰ ফলি এখন সংস্থাপিত কৰি তাৰ ওপৰত লোৰ গুৰি ছতিয়াই আমাৰ অধ্যয়ন আৰম্ভ কৰিম। 5.2 চিত্ৰত লৌৰ গুৰিৰ বিন্যাস দেখুৱা হৈছে।

লৌৰ গুৰিৰ বিন্যাসে চুম্বকৰ বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰুৰ ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক আধান সদৃশ দুটা মেৰুৰ উপস্থিতিৰ কথা জনায়। আৰম্ভণিতে উল্লেখ কৰা অনুসৰি এটা মেৰুক উত্তৰ মেৰু আৰু আনটোক দক্ষিণমেৰু

বোলা হয়। চুম্বকডাল মুক্তভাৱে ওলোমালে মেৰুদুটাই মোটামুটিভাৱে ভৌগোলিক উত্তৰ আৰু দক্ষিণ মেৰুৰ ফালে মূৰ কৰি থাকে। প্ৰৱাহ কঢ়িয়াই থকা চলেনইড এটাৰ চাৰিওফালেও লোৰ গুৰিৰ একে ধৰণৰ বিন্যাস পৰিলক্ষিত হয়।



চিত্ৰ **5.2** দণ্ড-চুম্বকৰ চাৰিওফালে লোৰ গুৰিৰ বিন্যাস। এই বিন্যাসে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাৰ বিন্যাস অনুকৰণ কৰে। এই বিন্যাসে দণ্ড-চুম্বক যে প্ৰকৃততে চৌম্বিক দ্বিমেৰু তাক দেখুৱাম।

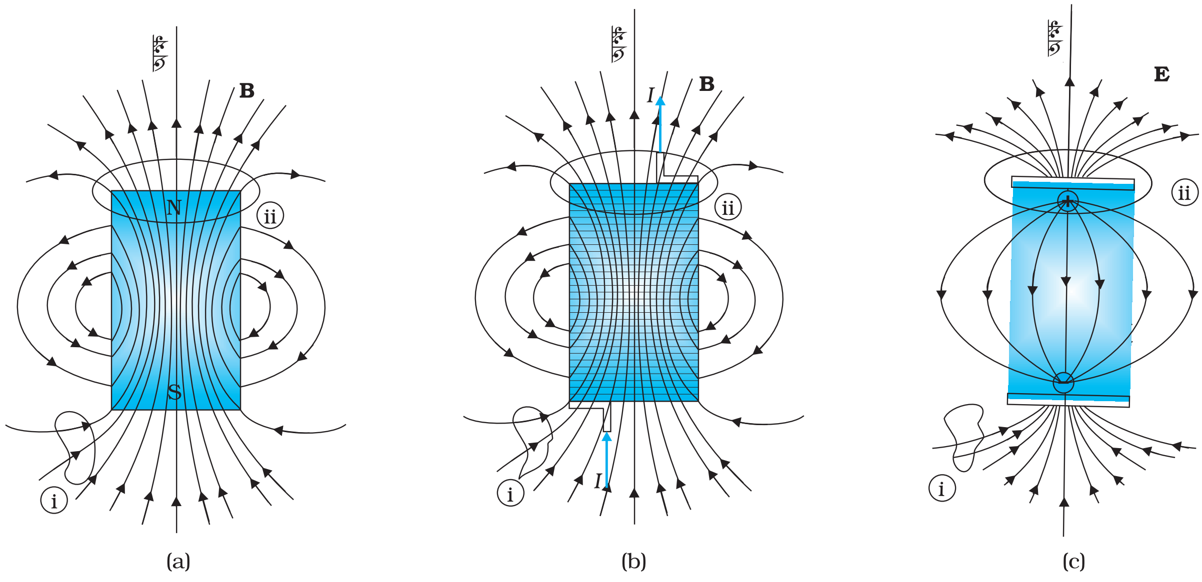
5.2.1 চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখা (The magnetic field lines)

লোৰ গুৰিৰ বিন্যাসে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ অংকন কৰাত আমাক সহায় কৰে।* 5.3 চিত্ৰত দণ্ড-চুম্বক আৰু প্ৰৱাহ চালিত চলেনইডৰ বাবে ক্ষেত্ৰৰেখাবোৰ দেখুওৱা হৈছে। তুলনাৰ বাবে ১ ম অধ্যায়ৰ 1.17 (d) চিত্ৰ চোৱা। 5.3 (c) চিত্ৰত বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰুৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰো দেখুৱা হৈছে। চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ চাক্ষুষ আৰু সহজে বুজিব পৰা বিধৰ ধাৰণা দিয়ে। সিহঁতৰ ধৰ্মবোৰ হ'ল

(i) চুম্বকৰ (বা চলেনইডৰ) ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰে অবিচ্ছিন্ন বন্ধ কুণ্ডলী গঠন কৰে। ই বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰুৰ লগত একেবাৰে নিমিলে; বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰুৰ ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰে ধনাত্মক আধানত আৰম্ভ হৈ ঋণাত্মক আধানত শেষ হয় অথবা অসীমলৈ যায়।

(ii) ক্ষেত্ৰ ৰেখাৰ এটা প্ৰদত্ত বিন্দুত টনা স্পৰ্শকে সেই বিন্দুত মুঠ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ $\vec{B}$ ৰ দিশ সূচায়।

(iii) প্ৰতি একক ক্ষেত্ৰফলৰ মাজেৰে পাৰ হোৱা ক্ষেত্ৰ ৰেখাৰ সংখ্য যিমানেই বেছি হয়, চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $\vec{B}$ মান সিমানেই প্ৰবল হয়। 5.3 (a) (i) ৰ চৌকাষৰ ক্ষেত্ৰৰ তুলনাত (ii) চৌকাষৰ ক্ষেত্ৰ অধিক শক্তিশালী।



চিত্ৰ **5.3** (a) দণ্ড-চুম্বক (b) প্ৰৱাহ কঢ়িয়াই থকা সসীম চলেনইড আৰু (c) বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰুৰ ক্ষেত্ৰ ৰেখা। বেছি দূৰত্বত ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ যথেষ্ট পৰিমাণে একে। (i) আৰু (ii) ৰে চিহ্নিত বক্ৰ ৰেখাবোৰ বন্ধ গছীয়ান পৃষ্ঠ।

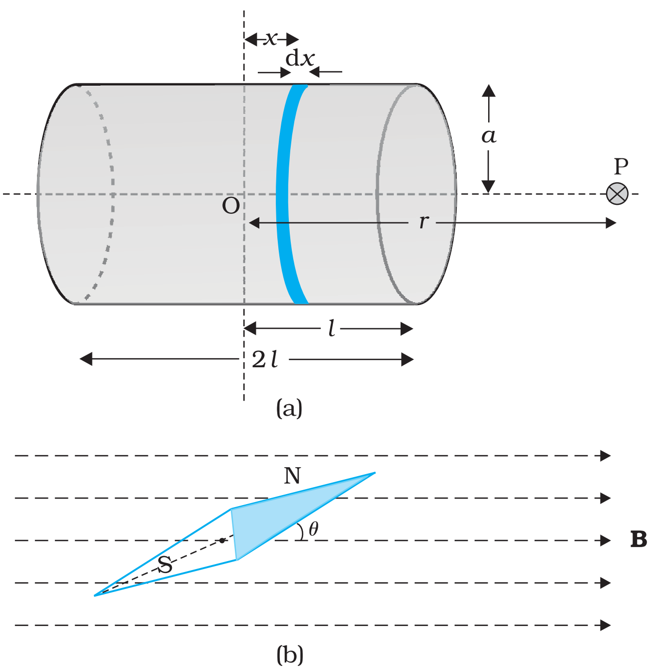
* কিছুমান পাঠ্যপুথিত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখা সমূহক চৌম্বিক বলৰেখা বোলা হৈছে। এই নামে বিভ্ৰান্তিৰ সৃষ্টি কৰিব পাৰে বুলি ইয়াত পৰিহাৰ কৰা হৈছে । স্থিতিবিদ্যুতৰ বিসদৃশৰূপে চুম্বকত্বৰ ক্ষেত্ৰ ৰেখাই আধানৰ (গতিশীল) ওপৰত প্ৰয়োগ হোৱা বলৰ দিশ নুবুজায়।

(iv) চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাই কটা-কটি নকৰে, কাৰণ তেনে কৰিলে কটাকটি কৰা বিন্দুত ক্ষেত্ৰৰ দিশ অনন্য নহ'ব।

বিভিন্ন ধৰণে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ আঁকিব পাৰি। এটা উপায় হ'ল বিভিন্ন স্থানত চৌম্বিক শলা এডাল থৈ তাৰ দিশ নিৰ্ণয় কৰিব লাগে। ইয়াৰ পৰা অঞ্চলৰ বিভিন্ন বিন্দুত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দিশৰ আভাষ পোৱা যায়।

5.2.2 চলেনইডৰ সমতুল্য হিচাপে দণ্ড-চুম্বক (Bar magnet as an equivalent solenoid)

পূৰ্বৱৰ্তী অধ্যায়ত প্ৰৱাহ কুণ্ডলীয়ে কিদৰে চৌম্বিক দ্বিমেৰুৰূপে আচৰণ কৰে তাৰ ব্যাখ্যা দিয়া হৈছিল (অনুচ্ছেদ 4.10)। লগতে সকলো চৌম্বিক পৰিঘটনাক বৰ্তনীত ঘূৰি থকা প্ৰৱাহৰ আধাৰত ব্যাখ্যা কৰিব পাৰি বুলি এম্পিয়াৰৰ প্ৰকল্পৰ উল্লেখ কৰা হৈছিল। মনত পেলোৱা যে প্ৰৱাহ কুণ্ডলী এটাৰ লগত সংলগ্ন চৌম্বিক ভ্ৰামক $\vec{m}$ ৰ সংজ্ঞা $\vec{m} = NI\vec{A}$ বুলি দিয়া হৈছিল যত N হ'ল কুণ্ডলীত পাকৰ সংখ্যা I প্ৰৱাহ আৰু $\vec{A}$ হ'ল ক্ষেত্ৰ ভেক্টৰ (সমী 4.30)।



চিত্ৰ **5.4** (a) দণ্ড-চুম্বকৰ ক্ষেত্ৰৰ সৈতে সাদৃশ্যৰ প্ৰৰ্দশনৰ হেতু সমীম চলেনইডৰ অক্ষীয় ক্ষেত্ৰৰ গণনা। (b) সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $\vec{B}$ ত এডাল চৌম্বিক শলা। এই বিন্যাসৰ পৰা হয় $\vec{B}$ নতুবা শলাৰ চৌম্বিক ভ্ৰামক $\vec{m}$ নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি।

দণ্ড-চুম্বক আৰু চলেনইডৰ ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰৰ সাদৃশ্যালৈ মন কৰি দণ্ড-চুম্বক এডালক চলেনইডৰ দৰে বহুসংখ্যক আৱৰ্তমান (circulatory) প্ৰৱাহৰ সমষ্টি বুলি ধৰি ল'ব পাৰো। চলনইড এটাক দ্বিখণ্ডিত কৰিলে যি পৰিণতি হয়, দণ্ড-চুম্বক এডালক দ্বিখণ্ডিত কৰিলেও একে হয়। দ্বিখণ্ডিত কৰিলে আপেক্ষিকভাৱে দুৰ্বল চৌম্বিক ধৰ্মৰ দুটা সৰু চলেনইড পোৱা যায়। ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ নিৰবছিন্ন হৈ থাকে, আৰু চলেনইডৰ এটা ফালেৰে ওলাই আনটোৰে সোমায়। এই সাদৃশ্য প্ৰমাণ কৰি চাব পাৰি। তাকে কৰিবলৈ দণ্ড-চুম্বক আৰু প্ৰৱাহ কঢ়িয়াই থকা চলেনইডৰ নিকটৱৰ্তী অঞ্চলত সৰু কম্পাচ শলা এডাল নি থাকিব লাগে। দেখা যাব যে উভয় ক্ষেত্ৰত শলাৰ বিচ্যুতি একে ধৰণৰ।

এই সাদৃশ্য অধিক বিশ্বাস যোগ্য কৰিবলৈ আমি 5.4 (a) চিত্ৰত সসীম (finite) চলেনইডৰ অক্ষীয় ক্ষেত্ৰ গণনা কৰিম। আমি দেখুৱাম যে অধিক দূৰত্বত এই অক্ষীয় ক্ষেত্ৰ, দণ্ড-চুম্বকৰ ক্ষেত্ৰৰ সদৃশ।

ধৰি লওঁ, 5.4 (a) চিত্ৰৰ চলেনইডটোত প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যত n টা পাক আছে। আৰু ধৰি লওঁ যে ইয়াৰ দৈৰ্ঘ্য 2l আৰু ব্যাসাৰ্দ্ধ a। চলেনইডৰ কেন্দ্ৰ o ৰ পৰা r দূৰত্বত অৱস্থিত p বিন্দুত অক্ষীয় ক্ষেত্ৰখন নিৰ্ণয় কৰিব বিচাৰো। তাকে কৰিবলৈ চলেনইডৰ কেন্দ্ৰৰ পৰা x দূৰত্বত তাৰ dx প্ৰস্থবিশিষ্ট বৃত্তাকাৰ খণ্ড এটা বিবেচনা কৰা। ইয়াত ndx টা পাক থাকিব। ধৰা হওঁক, চলেনইডত প্ৰৱাহ I । পূৰ্বৱৰ্তী অধ্যায়ৰ 4.6 অনুচ্ছেদত আমি বৃত্তাকাৰ প্ৰৱাহ কুণ্ডলীৰ অক্ষত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ নিৰ্ণয় কৰিছিলো। 4.13 সমীকৰণৰ পৰা বৃত্তাকাৰ খণ্ডৰ বাবে p বিন্দুত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মান হ'ব

$$dB = \frac{\mu_0 n\, dx\, I\, a^2}{2[(r-x)^2 + a^2]^{3/2}}$$

আটাইবোৰ খণ্ডৰ অৱিহণা যোগ কৰি মুঠ ক্ষেত্ৰৰ মান পোৱা যাব। আন ধৰণে ক'বলৈ হ'লে, $x = -l$ ৰ পৰা $x = +l$ লৈ সমাকলন কৰিব লাগিব।

$$B = \frac{\mu_0 n I a^2}{2} \int_{-l}^{l} \frac{dx}{[(r-x)^2 + a^2]^{3/2}}$$

এই সমাকলন ত্ৰিকোণমিতিৰ প্ৰতিস্থাপনেৰে সম্পন্ন কৰিব পাৰি। আমাৰ উদ্দেশ্যৰ বাবে অৱশ্যে এই অনুশীলন প্ৰয়োজনীয় নহয়। মন কৰা যে ৰ x ৰ পৰিসৰ $-l$ ৰ পৰা $+l$ লৈ। চলেনইডৰ সুদূৰৰ অক্ষীয় ক্ষেত্ৰখন বিবেচনা কৰা, অৰ্থাৎ $r >> a$ আৰু $r >> l$ । তেতিয়া বিভাজকৰ সন্নিকট ৰূপ হ'ব

$$[(r-x)^2 + a^2]^{3/2} \approx r^3$$

আৰু $$B = \frac{\mu_0 n I a^2}{2r^3} \int_{-l}^{l} dx$$

$$= \frac{\mu_0 n I}{2} \frac{2 l a^2}{r^3} \tag{5.1}$$

মন কৰা যে চলেনইডৰ চৌম্বিক ভ্ৰামকৰ মান $m = n\,(2l)\,I\,(\pi a^2)$ — (মুঠ পাকৰ সংখ্যা x প্ৰবাহ x প্ৰস্থচ্ছেদৰ ক্ষেত্ৰফল)।

গতিকে,

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2m}{r^3} \tag{5.2}$$

ই দণ্ড-চুম্বকৰ সুদূৰ অক্ষীয় চুম্বক ক্ষেত্ৰও বুজায়, যাক পৰীক্ষাৰ দ্বাৰা প্ৰমাণ কৰিব পাৰি। গতিকে, দণ্ড-চুম্বক আৰু চলেনইডে একে প্ৰকৃতিৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ জন্ম দিয়ে। সেইবাবে দণ্ডচুম্বকৰ চৌম্বিক ভ্ৰামক একে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ জন্ম দিয়া সমতুল্য চলেনইডৰ চৌম্বিক ভ্ৰামকৰ সমান।

কিছুমান পাঠ্য-পুথিত দণ্ড-চুম্বকৰ উত্তৰ মেৰুত q_m চৌম্বিক আধান (magnetic charge) (মেৰুবল (pole strength) বুলিও কোৱা হয়) আৰু দক্ষিণ মেৰুত - q_m চৌম্বিক আধান আৰোপ কৰে আৰু চৌম্বিক ভ্ৰামকৰ মান $q_m(2l)$ বুলি ধৰে য'ত $2l$ দণ্ড-চুম্বকৰ দৈৰ্ঘ্য। q_m ৰ বাবে r দূৰত্বত ক্ষেত্ৰ প্ৰাবল্য $\mu_0 q_m / 4\pi r^2$ প্ৰকাশ ৰাশিয়ে দিয়ে। তাৰ পিছত বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰুৰ ক্ষেত্ৰত কৰা গণনাৰ লেখীয়াকৈ (১ম অধ্যায়) দণ্ড-চুম্বকৰ অক্ষীয় আৰু নিৰক্ষীয় (equatorial) চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ গণনা কৰা হয়। ই এক উজু আৰু মনোগ্ৰাহী পদ্ধতি। কিন্তু চৌম্বিক একক মেৰুৰ অস্তিত্ব নাই, এই বাবেই আমি এই পদ্ধতিৰ ব্যৱহাৰৰ পৰা বিৰত আছো।

5.2.3 সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত দ্বিমেৰু (The dipole in a uniform magnetic field)

লোৰ গুৰিৰ বিন্যাসে অৰ্থাৎ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ $\vec{B}$ ৰ মোটামুটি ধাৰণা এটা দিয়ে। কেতিয়াবা চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ $\vec{B}$ ৰ মান শুদ্ধকৈ নিৰ্ণয় কৰিবলগীয়া হয়। তাকে কৰিবলৈ জ্ঞাত চৌম্বিক ভ্ৰামক $\vec{m}$ আৰু জড়-ভ্ৰামক I ৰ সৰু কম্পাচ শলা এডাল যথাস্থানত সংস্থাপিত কৰি তাক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত দুলিবলৈ দিয়া হয়। (5.4b) চিত্ৰত এই বিন্যাসটো দেখুৱা হৈছে।

শলাৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত টৰ্ক (সমী. (4.29) দ্ৰষ্টব্য)

$$\vec{\tau} = \vec{m} \times \vec{B} \tag{5.3}$$

ইয়াৰ মান $\tau = mB\sin\theta$

ইয়াত τ হ'ল পুনঃ প্ৰতিষ্ঠাকাৰী টৰ্ক আৰু θ হ'ল $\vec{m}$ আৰু $\vec{B}$ ৰ মাজৰ কোণ।

গতিকে, সাম্য অৱস্থাত $I\dfrac{d^2\theta}{dt^2} = -mB\sin\theta$

$mB\sin\theta$ ৰ লগত যুক্ত ঋণাত্মক চিহ্নই পুনঃপ্ৰতিষ্ঠাকাৰী টৰ্ক বিচ্যুতি ঘটোৱা টৰ্কৰ বিপৰীত বুলি বুজাইছে। ৰেডিয়ান এককত θ ৰ সৰু মানৰ বাবে মোটামুটিভাৱে $\sin\theta \approx \theta$ ধৰি আমি পাওঁ,

$$I\frac{d^2\theta}{dt^2} \approx -mB\theta$$

বা, $$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{mB}{I}\theta$$

এই সমীকৰণে সৰল পৰ্যাবৃত্ত গতি বুজায়। কৌণিক কম্পনাংকৰ বৰ্গ হ'ল

$w^2 = mB/I$ আৰু পৰ্যায়কাল হ'ল

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mB}} \tag{5.4}$$

বা, $$B = \frac{4\pi^2 I}{mT^2} \tag{5.5}$$

স্থিতিবৈদ্যুতিক স্থিতি শক্তিৰ লেখীয়াকৈ চৌম্বিক স্থিতি শক্তিৰ প্ৰকাশ ৰাশিও নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি। চৌম্বিক স্থিতি শক্তি U_m হ'ব,

$$U_m = \int \tau(\theta)d\theta$$

$$= \int mB\sin\theta d\theta = -mB\cos\theta$$

$$= -\vec{m}.\vec{B}$$

দ্বিতীয় অধ্যায়ত আমি গুৰুত্ব আৰোপ কৰি কৈছিলো যে স্থিতি শক্তিৰ শূন্য নিজৰ সুবিধা অনুসৰি ঠিৰাং কৰি ল'ব পাৰি। সমাকলনৰ ধ্ৰুৱকৰ মান শূন্য বুলি গণ্য কৰাৰ অৰ্থ হ'ল -স্থিতি শক্তিৰ শূন্য, $\theta = 90^0$ ত অৰ্থাৎ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত শলাৰ লম্ব অৱস্থানত নিৰ্দিষ্ট কৰা। (5.6) সমীকৰণে দেখুৱায় যে $\theta = 0^0$ ত স্থিতি শক্তি $(= -mB)$ সৰ্বনিম্ন (সুস্থিৰতম অৱস্থান) আৰু $\theta = 180^0$ ত সৰ্বোচ্চ (= $+mB$) (আটাইতকৈ অস্থিৰ অৱস্থান)।

উদাহৰণ 5.1

উদাহৰণ 5.1 (5.4(b) চিত্ৰত, চৌম্বিক শলাৰ চৌম্বিক ভ্ৰামক $6.7\times10^{-2}\,Am^2$ আৰু জড়-ভ্ৰামক $I = 7.5\times10^{-6}\,kgm^2$ । $6.70s$ ত 10 টা সম্পূৰ্ণ দোলন সম্পন্ন কৰে। চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মান কিমান?

সমাধান ঃ দোলনৰ পৰ্যায়কাল

$$T = \frac{6.70}{10} = 0.67s$$

(5.5) সমীকৰণৰ পৰা

$$B = \frac{4\pi^2 I}{mT^2}$$

$$= \frac{4\times(3.14)^2\times7.5\times10^{-6}}{6.7\times10^{-2}\times(0.67)^2}$$

$$= 0.01\ T$$

উদাহৰণ 5.2 800 G ৰ ব্যহ্যিক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখনত ক্ষেত্ৰৰ দিশৰ সৈতে 30^0 কোণত সংস্থাপিত চুটি দণ্ড-চুম্বক এডালে 0.016 Nm টৰ্ক অনুভৱ কৰে। (a) চুম্বকৰ চৌম্বিক ভ্ৰামক কিমান? (b) ইয়াক সুস্থিৰতম অৱস্থাৰ পৰা আটাইতকৈ অস্থিৰ অৱস্থালৈ নিবলৈ কিমান কাৰ্য্য কৰিব লাগিব? $2\times10^{-4}\,m^2$ প্ৰস্থচ্ছেদৰ আৰু 1000 পাকৰ কিন্তু একে চৌম্বক ভ্ৰামকৰ চলেনইড এটাৰে দণ্ড-চুম্বকডাল সলনি কৰা হ'ল। চলেনইডৰ মাজেৰে বৈ যোৱা প্ৰৱাহ নিৰ্ণয় কৰা।

সমাধানঃ

(a) (5.3) সমীকৰণৰ পৰা, (5.3), $\tau = m\,B \sin\theta$, $\theta = 30°$, গতিকে $\sin\theta = 1/2$।

গতিকে, $0.016 = m\times(800\times10^{-4}\,T)\times(1/2)$

$m = 160\times2/800 = 0.40\,Am^2$

(b) (5.6) সমীকৰণৰ পৰা আমি জানো সুস্থিৰতম অৱস্থা হ'ল $\theta = 0^0$ ত আৰু আটাইতকৈ অস্থিৰ অৱস্থা হ'ল $\theta = 180^0$ ত। সম্পাদিত কাৰ্য্য হ'ব

$W = U_m(\theta = 180°) - U_m(\theta = 0°)$

$= 2\,m\,B = 2\times0.40\times800\times10^{-4} = 0.064\,J$

(c) (4.30) সমীকৰণৰ পৰা, $m_S = NIA$। (a) অংশৰ পৰা $m_S = 0.40\,Am^2$

$I = 0.40\times10^4/(1000\times2) = 2A$

উদাহৰণ 5.2

উদাহৰণ 5.3

(a) দণ্ড-চুম্বক এডাল (i) দৈৰ্ঘ্যৰ অনুপ্ৰস্থভাৱে (ii) দীঘে দীঘে দ্বিখণ্ডিত কৰিলে কি হ'ব?

(b) চুম্বকত্ব প্ৰদান কৰা শলা এডাল সুষম চৌম্বক ক্ষেত্ৰত টৰ্কৰ কবলত পৰে কিন্তু কোনো মুঠ বলৰ দ্বাৰা প্ৰভাৱান্বিত নহয়। কিন্তু দণ্ড-চুম্বকৰ ওচৰত থকা লোৰ গজাল এটাই টৰ্কৰ ওপৰিও বল অনুভৱ কৰে। কিয়?

(c) প্ৰত্যেক চৌম্বিক বিন্যাসত উত্তৰ মেৰু আৰু দক্ষিণমেৰুৰ উপস্থিতি অনিবাৰ্যনে? টৰইডৰ (toroid) ক্ষেত্ৰত কি হয়?

(d) দুডাল দেখাত একে দণ্ড A আৰু B দিয়া আছে। তাৰ এডালত চুম্বকত্ব প্ৰদান কৰা হৈছে। কিন্তু কোনডাল আমাৰ জ্ঞাত নহয়। দুয়োডাল চুম্বক হয় নে নহয় কেনেকৈ ঠিৰাং কৰিবা? যদি এডালহে চুম্বক, সেইডাল কেনেকৈ চিনাক্ত কৰিবা। A আৰু B দণ্ডৰ বাহিৰে একোৰেই ব্যৱহাৰ নকৰিবা।

সমাধানঃ

(a) দুয়োটা ক্ষেত্ৰতে প্ৰত্যেকৰে উত্তৰ আৰু দক্ষিণ মেৰু থকা অৱস্থাত দুডাল চুম্বক পোৱা যাব।

(b) ক্ষেত্ৰ সুষম হ'লে বল নাথাকে। কিন্তু লোৰ গজালে দণ্ড-চুম্বকৰ বিষম ক্ষেত্ৰখন অনুভৱ কৰে। গজালত চৌম্বক ভ্ৰামক আৱিষ্ট হয়, গতিকে ই বল আৰু টৰ্ক উভয়ৰে কবলত পৰে। মুঠ বল আকৰ্ষণী, কিয়নো গজালৰ আৱিষ্ট দক্ষিণমেৰু (ধৰি লওঁ) আৱিষ্ট উত্তৰ মেৰু তুলনাত চুম্বকৰ উত্তৰ মেৰুৰ বেছি কাষত অৱস্থিত হয়।

(c) আৱশ্যকীয় নহয়। এনে হ'ব যদিহে ক্ষেত্ৰৰ উৎসৰ মুঠ চৌম্বক ভ্ৰামক থাকে। টৰইডৰ ক্ষেত্ৰত এনে নহয় আৰু আনকি পোন অসীম পৰিবাহীৰ বাবেও এনে নহয়।

(d) দণ্ড দুডালৰ বেলেগ বেলেগ প্ৰান্তবোৰ পৰস্পৰ ওচৰলৈ আনিবলৈ যত্ন কৰা। কিছুমান ক্ষেত্ৰত বিকৰ্ষণী বলৰ উপস্থিতি অনুভব কৰিলে দুয়োডালেই চুম্বক বুলি গম পোৱা যাব। সদায় আকৰ্ষণেই হ'লে এডাল অচুম্বক বুলি ঠিৰাং কৰিব পাৰি। দণ্ড-চুম্বকৰ ক্ষেত্ৰ, দুই প্ৰান্তত (মেৰুত) আটাইতকৈ শক্তিশালী আৰু মধ্যঅঞ্চলত আটাইতকৈ দুৰ্বল। Aআৰু B ৰ ভিতৰত কোনডাল চুম্বক তাক জানিবলৈ এই জ্ঞান ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰি। এনে ক্ষেত্ৰত চুম্বকডাল চিনাক্ত কৰিবলৈ A আৰু B ৰ যিকোনো এডাল হাতত তুলি লোৱা। (ধৰা A) হাতত লোৱা

উদাহৰণ 5.3

উদাহৰণ 5.3

দণ্ডডালৰ এটা প্ৰান্ত পোনতে আনডালৰ (ধৰা B) যিকোনো এটা প্ৰান্তৰ ওচৰলৈ নিয়া আৰু তাৰ পিছত মধ্য অঞ্চলৰ ওচৰলৈকো নিয়া । যদি দেখা যে B মধ্য অঞ্চলত A ৰ ওপৰত কোনো বল প্ৰয়োগ হোৱা নাই তেন্তে B চুম্বক। B ৰ মূৰৰ পৰা মাজলৈকে A ৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বলৰ কোনো পৰিবৰ্তন যদি নঘটেতেন্তে A চুম্বক।

5.2.3 স্থিতিবৈদ্যুতিক অনুৰূপ (The electrostatic analog)

(5.2), (5.3) আৰু (5.6) সমীকৰণ কেইটা বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰুৰ (অধ্যায় 1) অনুৰূপ সমীকৰণ কেইটাৰ সৈতে ৰিজাই আমি দেখো যে $\vec{p}$ দ্বিমেৰু ভ্ৰামকৰ বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰুৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ সমীকৰণৰ সহায়ত $\vec{m}$ চৌম্বক ভ্ৰামকৰ দণ্ড-চুম্বক এডালৰ পৰা সুদূৰ অৱস্থানত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি। ইয়াৰ বাবে নিম্নোক্ত সালসলনি কৰিলেই হ'ল।

$$\vec{\mathbf{E}} \to \vec{\mathbf{B}}, \vec{\mathbf{P}} \to \vec{\mathbf{m}}, \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \to \frac{\mu_0}{4\pi}$$

বিশেষকৈ, r দূৰত্বত, (r⟩⟩l) সাপেক্ষে, (য'ত l হ'ল চুম্বকৰ দৈৰ্ঘ্য) দণ্ড-চুম্বকৰ নিৰক্ষীয় ক্ষেত্ৰৰ ($\vec{B}_E$) প্ৰকাশ ৰাশি লিখিব পৰা যায় ঃ

$$\vec{B}_E = -\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\vec{m}}{r^3} \tag{5.7}$$

একে, (r⟩⟩l) চৰ্ত সাপেক্ষ দণ্ড-চুম্বকৰ অক্ষীয় ক্ষেত্ৰ হ'ব ঃ

$$\vec{B}_A = -\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\vec{m}}{r^3} \tag{5.8}$$

(5.8) সমীকৰণ হ'ল (5.2) সমীকৰণ ভেক্টৰ ৰূপ মাত্ৰ। (5.1) তালিকাত বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক দ্বিমেৰুৰ অনুৰূপ বৈশিষ্ট্যসমূহ লিপিবদ্ধ কৰা হৈছে।

তালিকা 5.1 দ্বিমেৰুৰ অনুৰূপ চৰিত্ৰ

	স্থিতি বিদ্যুৎ	চুম্বকত্ব
	$1/\varepsilon_0$	μ_0
দ্বিমেৰু ভ্ৰামক	$\vec{p}$	$\vec{m}$
চুটি দ্বিমেৰুৰ নিৰক্ষীয় ক্ষেত্ৰ	$-\vec{p}/4\pi\varepsilon_0 r^3$	$-\mu_0 \vec{m} / 4\pi r^3$
চুটি দ্বিমেৰুৰ অক্ষীয় ক্ষেত্ৰ	$2\vec{p}/4\pi\varepsilon_0 r^3$	$\mu_0 2\vec{m} / 4\pi r^3$
বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ ঃ টৰ্ক	$\vec{p} \times \vec{E}$	$\vec{m} \times \vec{B}$
বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ ঃ শক্তি	$-\vec{P}.\vec{E}$	$-\vec{m}\cdot\vec{B}$

উদাহৰণ 5.4 5.0 cm দৈৰ্ঘ্যৰ দণ্ড-চুম্বক এডালৰ মধ্যবিন্দুৰ পৰা 50 cm দূৰত্বত নৈৰক্ষিক আৰু অক্ষীয় চৌম্বক ক্ষেত্ৰৰ মান নিৰ্ণয় কৰা। 5.2 উদাহৰণৰ দণ্ড-চুম্বকডালৰ দৰে এইডালেৰো চৌম্বক ভ্ৰামক 0.40 A m^2

সমাধান ঃ (5.7) সমী.ৰ পৰা

$$B_E = \frac{\mu_0 m}{4\pi r^3} = \frac{10^{-7}\times 0.4}{(0.5)^3} = \frac{10^{-7}\times 0.4}{0.125} = 3.2\times 10^{-7}\text{ T}$$

(5.8) সমীকৰণৰ পৰা, $B_A = \frac{\mu_0 2m}{4\pi r^3} = 6.4\times 10^{-7}\text{ T}$

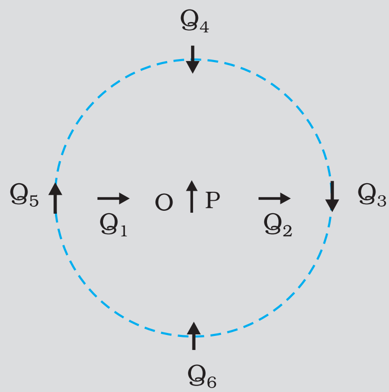
উদাহৰণ 5.4

উদাহৰণ 5.5 5.5 চিত্ৰত O বিন্দুত চুম্বকত্ব প্ৰদান কৰা সৰু শলা এডাল (p) দেখুৱা হৈছে। কাঁড়চিনে চৌম্বিক ভ্ৰামকৰ দিশ নিৰ্দেশ কৰিছে। আন কাঁড়বোৰে অন্য এডাল চুম্বকত্ব প্ৰদান কৰা শলাৰ (Q) বিভিন্ন অৱস্থান (আৰু চৌম্বিক ভ্ৰামকৰ দিশ) প্ৰদৰ্শন কৰিছে।

(a) কোণটো বিন্যাসত প্ৰণালীটো সাম্য অৱস্থাত নাই ?

(b) কোনটো বিন্যাসত প্ৰণালীটো (i) সুস্থিৰ, আৰু (ii) অস্থিৰ সাম্য অৱস্থাত নাই ?

(c) আটাইবোৰ বিন্যাসৰ ভিতৰত কোনটো সৰ্বনিম্ন স্থিতি শক্তিৰ সৈতে জড়িত ?



চিত্ৰ 5.5

সমাধান ঃ প্ৰণালীটোৰ স্থিতিশক্তিৰ উদ্ভৱ হয় এটা দ্বিমেৰুৰ (ধৰা p) চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত থকা আনটোৰ (ধৰা Q) স্থিতিশক্তিৰ বাবে। p ৰ বাবে উৎপন্ন ক্ষেত্ৰখনৰ প্ৰকাশ ৰাশিৰ বাবে নিম্নোক্ত ফলাফল দুটা (সমীকৰণ 5.7) আৰু (5.8) ব্যৱহাৰ কৰাঃ

$$\vec{B}_P = -\frac{\mu_0 \vec{m}_P}{4\pi r^3} \quad \text{(লম্ব দ্বিখণ্ডকৰ ওপৰত)}$$

$$\vec{B}_P = -\frac{\mu_0 2\vec{m}_P}{4\pi r^3} \quad \text{(অক্ষৰ ওপৰত)}$$

য'ত $\vec{m}_P$ হ'ল দ্বিমেৰু P ৰ চৌম্বিক ভ্ৰামক।

$\vec{m}_Q$, $\vec{B}_P$ ৰ সমান্তৰাল হ'লে সাম্য সুস্থিৰ আৰু বিপৰীত মুখীকৈ সমান্তৰাল হ'লে সাম্য অস্থিৰ। উদাহৰণ স্বৰূপে, Q_3 বিন্যাসত Q ৰ দিশ হৈছে দ্বিমেৰু P লম্ব দ্বিখণ্ডকৰ দিশত গতিকে 3 নং অৱস্থানত চৌম্বিক ভ্ৰামকQ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ সমান্তৰাল। সেয়েহে Q_3 সুস্থিৰ।

গতিকে

(a) PQ_1 আৰু PQ_3

(b) (i) PQ_3 , PQ_6 (সুস্থিৰ); (ii) PQ_5 PQ_4 (অস্থিৰ)

(c) PQ_6

উদাহৰণ 5.5

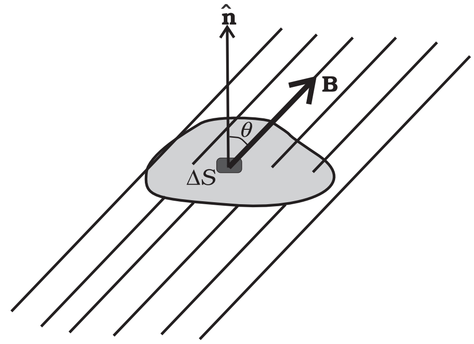
5.3 চুম্বকত্ব আৰু গাউছৰ সূত্ৰ (Magnetism and Gauss's Law)

১ ম অধ্যায়ত স্থিতিবিদ্যুতৰ গাউছৰ সূত্ৰৰ বিষয়ে পঢ়িছিলোঁ। 5.3 (c) চিত্ৰত (i) চিনেৰে চিহ্নিত বন্ধ পৃষ্ঠখনৰ পৰা ওলাই যোৱা ৰেখাৰ সংখ্যা আৰু তাৰ্লৈ সোমাই অহা ৰেখাৰ সংখ্যাৰ সমান বুলি দৃষ্টিগোচৰ হয়। পৃষ্ঠখনৰ দ্বাৰা কোনো মুঠ আধান পৰিবেষ্টিত হৈ নথকা কথাটোৰ লগত ইয়াৰ সঙ্গতি আছে। কিন্তু একেটা চিত্ৰতে (ii) নং বন্ধ পৃষ্ঠৰ মাজেৰে মুঠ বহিঃমুখী ফ্লাক্স বিদ্যমান, যিহেতু ই মুঠ (ধনাত্মক) আধান আগুৰি আছে।

KARL FRIEDRICH GAUSS (1777 – 1855)

কাৰ্ল ফ্ৰাইড্ ৰাইখ্ (1777-1855) Karl Frledrich Gauss (1777-1855) গাউছ বাল্যকালত অসমান্য প্ৰতিভাসম্পন্ন আছিল। গণিত, পদাৰ্থবিজ্ঞান, অভিযান্ত্ৰিক বিদ্যা, জ্যোৰ্তিবিজ্ঞান আৰু আনকি ভূমিৰ জৰীপতো তেওঁ সিদ্ধহস্ত আছিল। সংখ্যাৰ ধৰ্মই তেওঁক বিস্মিত কৰিছিল আৰু তেওঁৰ কাম-কাজত পৰৱৰ্তী কালৰ গুৰুত্বপূৰ্ণ গাণিতিক উৎকৰ্ষতাৰ ভেটি তৈয়াৰ কৰিছিল। উইলহেম ৱেছাৰৰ (Wilhem Welser) সৈতে তেওঁ 1833 চনত প্ৰথমটো বৈদ্যুতিক টেলিগ্ৰাফ সাজি উলিয়াইছিল। তেওঁৰ বক্ৰপৃষ্ঠৰ গাণিতিক তত্ত্বই পৰৱৰ্তী কালত গণিতজ্ঞ ৰিমানৰ (Rieman) কৰ্মৰাজিৰ ভেঁটি ৰচনা কৰিছিল।

চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ সৰ্ন্দভত পৰিস্থিতি সম্পূৰ্ণ বেলেগ; ইয়াৰ ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ নিৰবচ্ছিন্ন আৰু বন্ধ কুণ্ডলী আকাৰৰ। 5.3 (a) বা 5.3 (b) চিত্ৰৰ (i) বা (ii) ৰে চিহ্নিত গাউছীয়ান পৃষ্ঠদুখন বিবেচনা কৰা। উভয় ক্ষেত্ৰতেই দেখা যায় যে পৃষ্ঠখন এৰি যোৱা চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰেখাৰ সংখ্যা তাৰ্লৈ সোমাই অহা ক্ষেত্ৰ ৰেখাৰ সংখ্যাৰ সমান। উভয় পৃষ্ঠৰ বাবে মুঠ চৌম্বিক ফ্লাক্স শূন্য। যিকোনো বন্ধ পৃষ্ঠৰ বাবে এই কথা সত্য।



চিত্ৰত 5.6

5.6 চিত্ৰত দেখুৱা অনুসৰি বন্ধ পৃষ্ঠ s ৰ ক্ষুদ্ৰ ভেক্টৰ ক্ষেত্ৰফল খণ্ড $\Delta\vec{s}$ বিবেচনা কৰা। $\Delta\vec{s}$ ৰ মাজেৰে যোৱা চৌম্বিক ফ্লাক্সৰ সংজ্ঞা হ'ল $\phi_E = \vec{B}.\Delta\vec{S}$, য'ত $\vec{B}$ হ'ল $\Delta\vec{s}$ তক্ষেত্ৰ। আমি s ক বহুতো ক্ষুদ্ৰ ক্ষেত্ৰফল খণ্ডত বিভক্ত কৰি লওঁ আৰু প্ৰত্যেকৰ মাজেৰে স্বকীয় ফ্লাক্স নিৰ্ণয় কৰোঁ। তেতিয়া মুঠ ফ্লাক্স ϕ_B হ'ব,

$$\phi_B = \sum_{\text{সকলো}} \Delta\phi_B = \sum_{\text{সকলো}} \vec{B}\bullet\Delta\vec{S} \qquad (5.9)$$

য'ত 'সকলো' মানে 'সকলো' ক্ষেত্ৰফল খণ্ড $\Delta\vec{s}$। স্থিতি বিদ্যুতৰ গাউছৰ সূত্ৰৰ লগত ইয়াৰ তুলনা কৰা। সেইক্ষেত্ৰত বন্ধ পৃষ্ঠ এখনৰ মাজেৰে পাৰ হোৱা ফ্লাক্স হ'ল

$$\sum \vec{E}\bullet\Delta\vec{S} = \frac{q}{\varepsilon_o}$$

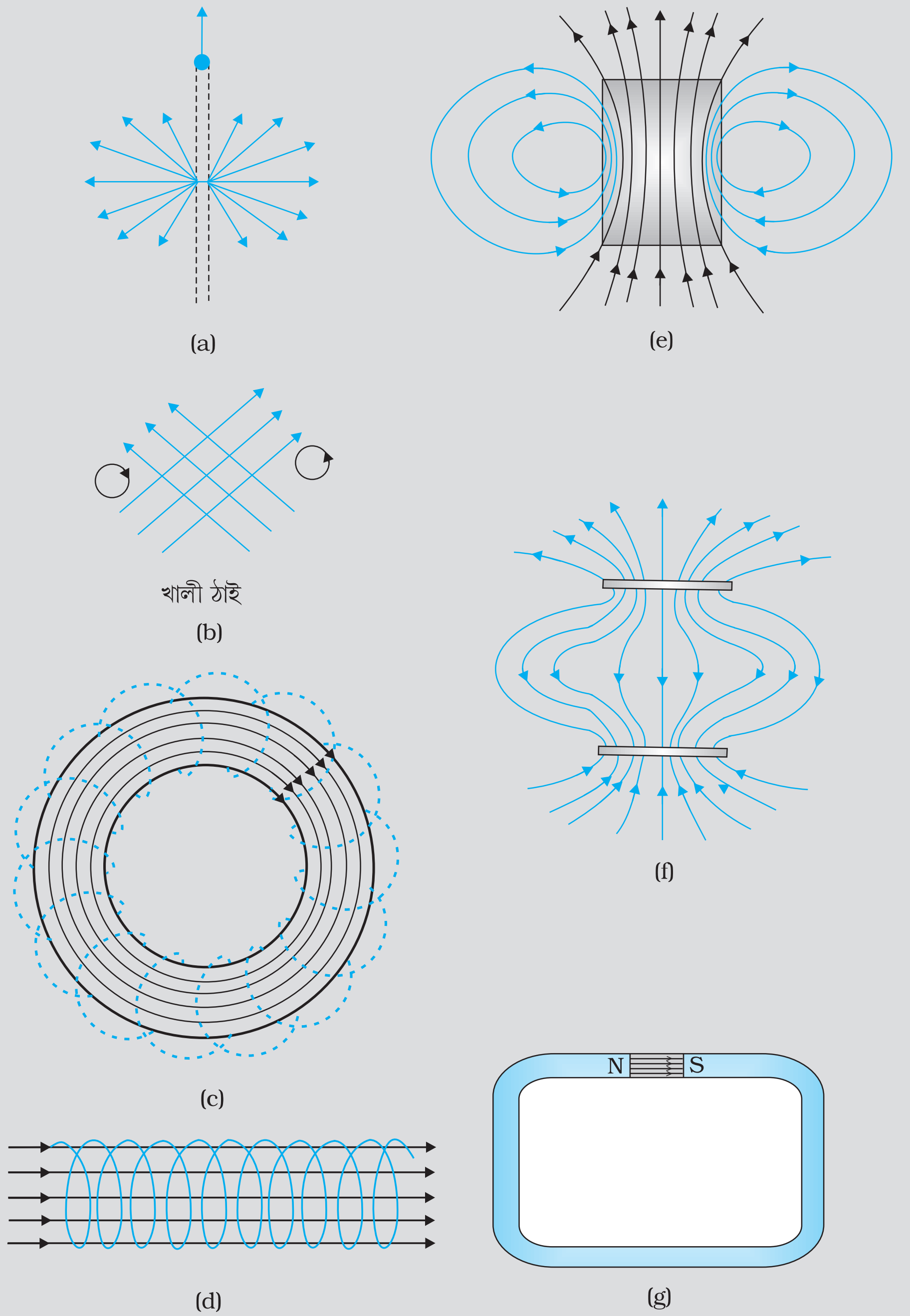
য'ত q হ'ল পৃষ্ঠই আবৰি থকা বৈদ্যুতিক আধান।

চুম্বকত্বৰ গাউছৰ সূত্ৰ আৰু স্থিতিবিদ্যুতৰ গাইছৰ সূত্ৰৰ প্ৰভেদে ইয়াকে উনুকিয়াই যে অকলশৰীয়া চৌম্বিক মেৰুৰ (চৌম্বিক একক মেৰু বুলিও কোৱা হয়) অস্তিত্ব জনা হোৱা নাই। $\vec{B}$ৰ কোনো উৎস (source) অথবা কূপ (sink) নাথাকে; সৰলতম চুম্বকীয় উপাদান হ'ল দ্বিমেৰু বা প্ৰৱাহ কুণ্ডলী। সকলোবোৰ চুম্বকীয় পৰিঘটনা দ্বিমেৰু আৰু /অথবা প্ৰৱাহ কুণ্ডলীৰ বিন্যাসৰ আধাৰত ব্যাখ্যা কৰিব পাৰি। গতিকে চুম্বকত্ব গাউছৰ সূত্ৰ হ'ল ।

যিকোনো বন্ধ পৃষ্ঠৰ মাজেৰে পাৰহৈ যোৱা মুঠ চৌম্বিক ফ্লাক্স শূন্য।

উদাহৰণ 5.6

উদাহৰণ 5.6 : 5.7 চিত্ৰত দিয়া বহুতো ছবিত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ (চিত্ৰত ডাঠ ৰেখাৰে বুজোৱা হৈছে) অশুদ্ধকৈ দেখুৱা হৈছে। সিহঁতৰ ভুলবোৰ আঙুলিয়াই দিয়া। সিহঁতৰ কিছুমানত স্থিতিবৈদ্যুতিক ৰেখাবোৰ শুদ্ধকৈ অঁকা হৈছে। কোনোবোৰ আঙুলিয়াই দিয়া।



চিত্ৰত 5.7 অৰশ্যান্তাৰী। অন্যথা এম্পিয়াৰৰ সূত্ৰক অমান্য কৰা হ'ব। এই কথা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰেখাৰ কাৰণেও প্ৰযোজ্য।

উদাহৰণ 5.6

সমাধান ঃ

(a) অশুদ্ধ। চিত্ৰত দেখুৱাৰ দৰে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখা বিন্দু এটাৰ পৰা কেতিয়াও ওলাব নোৱাৰে। যিকোনো বন্ধ পৃষ্ঠত মুঠ ফ্লাক্স সদায় শূন্য হ'ব লাগিব, অৰ্থাৎ চিত্ৰত এখন পৃষ্ঠলৈ সোমাই অহা ক্ষেত্ৰৰেখাৰ সংখ্যা আৰু তাৰ পৰা ওলাই যোৱা ক্ষেত্ৰ ৰেখাৰ সংখ্যা সমান কৰি দেখুৱাব লাগিব। চিত্ৰত প্ৰদৰ্শিত ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰে প্ৰকৃততে দীঘল ধনাত্মকভাৱে আহিত তাঁৰ এডালৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ নিৰ্দেশ কৰে। শুদ্ধ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰে, ৪ৰ্থ অধ্যায়ত বৰ্ণোৱা অনুসৰি পোন পৰিবাহীৰ চাৰিওফালে বৃত্ত ৰচনা কৰে।

(b) অশুদ্ধ। চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাই (বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাৰ দৰে) কেতিয়াও পৰস্পৰে কটা-কটি নকৰে, কাৰণ তেনে কৰিলে ছেদ বিন্দুত ক্ষেত্ৰৰ দিশ অনিশ্চিত হৈ পৰিব। চিত্ৰত আৰু এটা ভুল আছে। স্থিতিচৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাই শূন্য অঞ্চলৰ চাৰিওফালে কেতিয়াও বন্ধ কুণ্ডলী কৰিব নোৱাৰে। স্থিতি চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাৰ বন্ধ কুণ্ডলী এটাই প্ৰৱাহ বৈ যোৱা অঞ্চল এটা বেৰি থাকিবই লাগিব। ইয়াৰ বিপৰীতে, শূন্য অঞ্চলেই হওঁক অথবা কুণ্ডলীয়ে আধান বেৰিব পৰা অৱস্থাই হওঁক, স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাই কেতিয়াও বন্ধ কুণ্ডলী গঠন কৰিব নোৱাৰে।

(c) শুদ্ধ। চৌম্বিক ৰেখাবোৰ সম্পূৰ্ণকৈ টৰইডৰ ভিতৰত আবদ্ধ হৈ আছে। এইক্ষেত্ৰত ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰে বন্ধ কুণ্ডলী গঠন কৰিব পাৰে। কাৰণ প্ৰতিটো কুণ্ডলীয়ে পৰিবেষ্টিত কৰা অঞ্চলৰ মাজৰে প্ৰৱাহ বৈ গৈছে। মন কৰা যে, চিত্ৰখন স্পষ্ট হোৱাৰ স্বাৰ্থত মাত্ৰ কেইডালমান ৰেখাহে টৰইডৰ আঁকা হৈছে। প্ৰকৃততে, পাকবোৰে বেৰি থকা সমুদায় অঞ্চলতেই চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ বিদ্যমান।

(d) অশুদ্ধ। চলেনইডৰ প্ৰান্ত আৰু বৰ্হিঃভাগত ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ ইমান পোন আৰু অৱৰূদ্ধ হ'ব নোৱাৰে; এনে ঘটিলে এম্পিয়াৰৰ সূত্ৰ নাখাটিব। দুয়োটা প্ৰান্তইদি ৰেখাবোৰ বেঁকাকৈ ওলাই গৈ অৱশেষত বন্ধ কুণ্ডলীৰ সংৰচনাৰ অৰ্থে লগা-লগি হ'ব লাগিব।

(e) শুদ্ধ। এইবোৰ দণ্ড-চুম্বকৰ অভ্যন্তৰ আৰু বৰ্হিঃভাগৰ ক্ষেত্ৰ ৰেখা। অভ্যন্তৰৰ ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰৰ দিশলৈ ভালদৰে মন কৰা। ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰৰ আটাইবোৰেই যে উত্তৰ মেৰুৰ পৰা ওলাইছে (অথবা দক্ষিণ মেৰুলৈ অভিসাৰী হৈছে) এনে নহয়। উত্তৰ আৰু দক্ষিণ মেৰু উভয়ৰে চাৰিওফালে ক্ষেত্ৰৰ ফ্লাক্স শূন্য।

(f) অশুদ্ধ। এই ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ কেতিয়াও চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখন নিৰ্দেশ কৰিব নোৱাৰে। উৰ্দ্ধাংশলৈ মন কৰা। আটাইবোৰ ক্ষেত্ৰ ৰেখা পাত এখনৰ পৰা ওলোৱা যেন লাগিছে। পাতখন বেৰি থকা পৃষ্ঠএখনৰ মাজৰে পাৰ হোৱা মুঠ ফ্লাক্স শূন্য নহয়। চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ বাবে ই অসম্ভৱ কথা। প্ৰদত্ত ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰে প্ৰকৃততে ধনাত্মকভাৱে আহিতে উৰ্ধবাংশৰ পাত আৰু ঋণাত্মকভাৱে আহিত নিম্নাংশৰ পাতৰ চাৰিওফালৰ স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ ৰেখা বুজাইছে। 5.7 (e) আৰু (f) চিত্ৰৰ মাজৰ প্ৰভেদ ভালদৰে উপলব্ধি কৰা উচিত।

(g) অশুদ্ধ। দুটা মেৰু খণ্ডৰ মাজৰ ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ প্ৰান্তীয় অঞ্চলত ইমান পোন হ'ব নোৱাৰে। ৰেখাবোৰৰ কিছু পৰিমাণে পাৰ্শ্ব বিক্ষেপ (Fringing of lines) অৱশ্যম্ভাবী। অন্যথা এম্পিয়াৰৰ সূত্ৰক অমান্য কৰা হ'ব। এই কথা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাৰ কাৰণেও প্ৰযোজ্য।

উদাহৰণ 5.6

উদাহৰণ 5.7 :

(a) চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাই (প্ৰত্যেক বিন্দুত) চুম্বকত্ব প্ৰাপ্ত সৰু চুম্বক শলাই (সেই বিন্দুত) মূৰ কৰি থকা দিশ নিৰ্দেশ কৰে। চৌম্বিক ৰেখাই প্ৰত্যেক বিন্দুত গতিশীল আধানৰ বলৰেখাও নিৰ্দেশ কৰে নেকি?

(b) টৰইডৰ মজ্জাৰ ভিতৰত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ সম্পূৰ্ণকৈ সীমাবদ্ধ কৰি ৰাখিব পাৰি, কিন্তু পোন চলনইডত নোৱাৰি। কিয়?

(c) চৌম্বিক একক মেৰুৰ অস্তিত্ব থকা হ'লে গাউছৰ সূত্ৰৰ কেনে ধৰণৰ সলনি হ'লহেঁতেন?

(d) নিজস্ব চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দ্বাৰা দণ্ড-চুম্বক এডালে নিজৰ ওপৰতে টৰ্ক প্ৰয়োগ কৰেনে? প্ৰৱাহ কঢ়িয়াই থকা তাঁৰ এডালৰ এটা অংশই একেডালৰ তাঁৰৰ আন এটা অংশৰ ওপৰত বল প্ৰয়োগ কৰেনে?

(e) গতিশীল আধানৰ বাবে চৌম্বিক ভ্ৰামক থাকিব পাৰেনে?

সমাধান ঃ

(a) নকৰে। চৌম্বিক বল সদায় $\vec{B}$ ৰ লম্ব।(মনত পেলোৱা, চৌম্বিক বল $= q\vec{v}\times\vec{B}$) চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰেখাক বলৰেখা বুলি কলে ভুল অৰ্থ প্ৰকাশ হয়।

উদাহৰণ 5.7

(b) পোন চলেনইড এটাৰ দুই প্ৰান্তৰ ভিতৰত ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ সম্পূৰ্ণকৈ সীমাবদ্ধ হ'লে প্ৰত্যেক প্ৰান্তৰ প্ৰস্থচ্ছেদেৰে পাৰ হোৱা ফ্লাক্স শূন্য নহ'ব। কিন্তু যিকোনো বন্ধ পৃষ্ঠৰ মাজেৰে পাৰ হোৱা $\vec{B}$ ক্ষেত্ৰৰ অভিৱাহ সদায় শূন্য হ'ব লাগিব। টৰইডত এই অসুবিধাৰ সন্মুখীন হোৱা নাযায় কাৰণ তাৰ 'প্ৰান্ত'ই নাথাকে।

(c) চুম্বকত্বৰ গাউছৰ সূত্ৰ অনুসৰি যিকোনো বন্ধ পৃষ্ঠৰ মাজেৰে পাৰ হোৱা $\vec{B}$ ক্ষেত্ৰৰ ফ্লাক্স সদায় শূন্য, $\oint_S \vec{B} \bullet d\vec{s} = 0$ ।

একক মেৰুৰ অস্তিস্ব থকা হ'লে, সোঁফাল একক মেৰু (চৌম্বিক আধান) q_m হ'লহেঁতেন। (স্থিতি বিদ্যুতৰ গাউছৰ সূত্ৰৰ লেখীয়াকৈ, $\int_s \vec{B} \bullet \vec{d}s = \mu_0 q_m$ য'ত q_m হ'ল s ৰদ্বাৰা পৰিবেষ্টিত (একক মেৰু) চৌম্বিক আধান।)

(d) নকৰে। কোনো খণ্ডৰ ওপৰত সেই খণ্ডৰ দ্বাৰাই উৎপন্ন ক্ষেত্ৰই বল বা টৰ্ক প্ৰয়োগ কৰিব নোৱাৰে। কিন্তু একেডাল তাঁৰৰ এটা খণ্ডত বল (অথবা টৰ্ক) পৰিব। (পোন তাঁৰৰ বিশেষ ক্ষেত্ৰত এই বল শূন্য)!

(e) পাৰে। প্ৰণালীৰ গড় আধান শূন্য হ'ব পাৰে। তথাপিও, বিভিন্ন প্ৰৱাহ কুণ্ডলীৰ চৌম্বিক ভ্ৰামকৰ গড়মান শূন্য নহ'বও পাৰে। অনুচুম্বকীয় পদাৰ্থৰ সন্দৰ্ভত আমি এনেবোৰ উদাহৰণ প্ৰত্যক্ষ কৰিম য'ত পৰমাণুবোৰৰ মুঠ দ্বিমেৰু ভ্ৰামক বিদ্যমান কিন্তু সিহঁতৰ মুঠ আধান শূন্য।

উদাহৰণ 5.7

5.4 ভূ-চুম্বকত্ব (The Earth's Magnetism)

পূৰ্বতে আমি পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ উল্লেখ কৰিছিলো। ভূ-পৃষ্ঠৰ বেলেগ বেলেগ স্থানত পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ শক্তিৰ কম-বেছি হয়, ইয়াৰ মান $\sim 10^{-5}$T ।

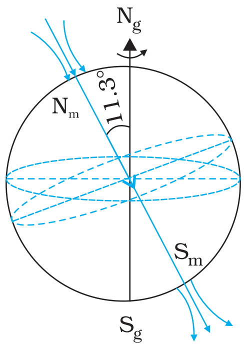
ভূ-চুম্বকত্বৰ উৎপত্তিৰ কাৰণ অস্পষ্ট। পোনতে পৃথিৱীৰ অভ্যন্তৰৰ সুগভীৰ অঞ্চলত আৰু মোটামুটিভাৱে পৃথিৱীৰ আৱৰ্তন অক্ষৰ দিশত সংস্থাপিত এডাল দৈত্যকায় দণ্ড-চুম্বকৰ পৰা ভূ-চুম্বকত্বৰ উৎপত্তি হৈছে বুলি ভবা হৈছিল। কিন্তু এই সৰল ধাৰণা শুদ্ধ নহয়। পৃথিৱীৰ বহিঃ মজ্জাত (outer core) জুলীয়া ধাতুৰ (ঘাইকৈ গলিত লো আৰু নিকেলৰ) পৰিচলন গতিয়ে উৎপন্ন কৰা প্ৰৱাহৰ দ্বাৰা এই চুম্বক ত্বৰ উৎপত্তি বুলি বৰ্তমানে ধাৰণা কৰা হৈছে। ইয়াক 'ডাইনাম' ক্ৰিয়া' (Dynamo effect) বুলি কোৱা হয়।

ভূ-চুম্বকৰ ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ, পৃথিৱীৰ কেন্দ্ৰত সংস্থাপিত এটা কাল্পনিক চৌম্বিক দ্বিমেৰুৰ ৰেখাবোৰৰ সদৃশ। দ্বিমেৰুৰ অক্ষ পৃথিৱীৰ আৱৰ্তনৰ অক্ষৰ লগত মিলি নাথাকে; বৰ্তমানে ই তাৰ সৈতে 11.3^0 কোণত হেলনীয়া হৈ আছে। এই দৃষ্টিকোণৰ পৰা য'ত দ্বিমেৰুৰ ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ সোমায় বা য'ৰ পৰা ওলাই যায়, তেনে ঠাইহে চৌম্বিক মেৰু অৱস্থিত হ'ব লাগে। উত্তৰ কানাডাৰ $79 \bullet 74^0$ উ অক্ষাংশ আৰু 71.8^0 প দ্ৰাঘিমাংশ অৱস্থানত চৌম্বক উত্তৰ মেৰু অৱস্থিত। এণ্টাৰ্কটিকাৰ $79 \bullet 74^0$ দ অক্ষাংশ, 108.22^0 পূ দ্ৰাঘিমাংশৰ অৱস্থানত চৌম্বক দক্ষিণ মেৰু অৱস্থিত।

ভৌগোলিক উত্তৰ মেৰুৰ কাষত অৱস্থিত মেৰুক উত্তৰ চৌম্বিক মেৰু বুলি কোৱা হয়। একেদৰে, ভৌগোলিক দক্ষিণ মেৰুৰ কাষত অৱস্থিত মেৰুক দক্ষিণ চৌম্বিক মেৰু বুলি কোৱা হয়। মেৰু দুটাৰ নামকৰণত কিছু বিভ্ৰান্তি নথকা নহয়। পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰলৈ মন কৰিলে (চিত্ৰ

PHYSICS

Geomagnetic field frequently asked questions
http://www.ngdc.noaa.gov/seg/geomag/



চিত্ৰ 5.8 দৈত্যকায় চৌম্বক দ্বিমেৰুৰূপে পৃথিৱী।

5.8) দৃষ্টিগোচৰ হ'ব যে দণ্ড-চুম্বকৰ বিসদৃশৰূপে চৌম্বিক উত্তৰ মেৰুত (N_m) ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ পৃথিৱীলৈ সোমায় আৰু চৌম্বিক দক্ষিণ মেৰুৰ (S_m) পৰা ওলায়। চৌম্বিক শলাৰ উত্তৰ মেৰুৱে চৌম্বিক উত্তৰ মেৰুলৈ মুখ কৰি থাকে বাবে পৰম্পৰা প্ৰচলিত হৈছে; চুম্বকৰ উত্তৰ মেৰুক সেইবুলি নামকৰণ কৰাৰ কাৰণ হ'ল সি উত্তৰ অভিলাসী মেৰু।

বাস্তৱিকতে, উত্তৰ ভূ-চৌম্বিক মেৰুৱে পৃথিৱী অভ্যন্তৰত অৱস্থিত এডাল দণ্ড-চুম্বকৰ দক্ষিণ মেৰুৰ দৰে আচৰণ কৰে। একেদৰে দক্ষিণ চৌম্বিকমেৰুৱে তেনে দণ্ড-চুম্বকৰ উত্তৰ মেৰুৰ দৰে আচৰণ কৰে।

উদাহৰণ 5.8

উদাহৰণঃ 5.7 : বিষুৱত পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ মোটামুটিভাৱে 0.4G । পৃথিৱীৰ দ্বিমেৰু ভ্ৰামকৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

সমাধানঃ (5.7) সমীকৰণ পৰা নিৰক্ষীয় চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ হ'ল

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

দিয়া আছে $B_E \approx 0.4G = 4\times10^{-5}T$ । r ৰ বাবে পৃথিৱীৰ ব্যাসাৰ্ধৰ মান $6.4\times10^6 m$ লোৱা হ'ল।

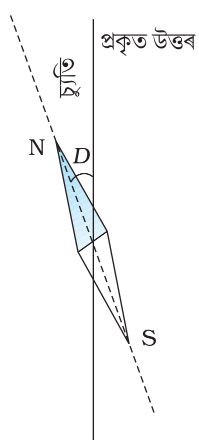
গতিকে, $m = \frac{4\times10^{-5}\times(6.4\times10^6)^3}{\mu_0/4\pi} = 4\times10^2\times(6.4\times10^6)^3 \quad (\mu_0/4\pi = 10^{-7})$

$= 1.05\times10^{23}\ A\ m^2$

এই মান ভূচুম্বকত্বৰ পাঠ্যপুথিত উল্লেখিত মান $8\times10^{22} Am^2$ ৰ নিকটৱৰ্তী

5.4.1 চৌম্বিক চ্যুতি আৰু বিনতি (Magnetic declination and dip)

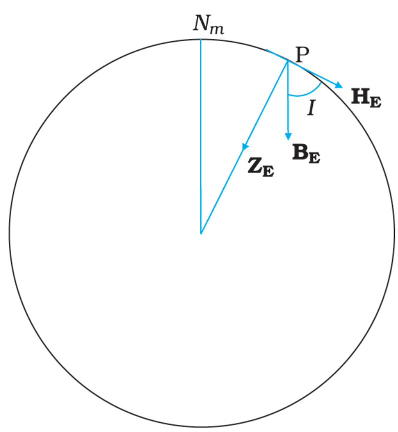
ভূ-পৃষ্ঠৰ বিন্দু এটা বিবেচনা কৰা। এনে এক বিন্দুত দ্ৰাঘিমা বৃত্তই ভৌগোলিক উত্তৰ-দক্ষিণ দিশ নিৰ্দেশ কৰে, উত্তৰ মেৰুমুখী দ্ৰাঘিমা ৰেখাৰ দিশেই হ'ল প্ৰকৃত উত্তৰ মেৰুৰ দিশ। দ্ৰাঘিমা বৃত্ত আৰু পৃথিৱীৰ আৱৰ্তন অক্ষ সামৰি লোৱা উলম্ব সমতলখনক ভৌগোলিক মধ্যতল (geographic meridian) বোলে। একেদৰে, চৌম্বিক উত্তৰ আৰু দক্ষিণ মেৰু সংযাগী কাল্পনিক ৰেখাডাল সামৰি লোৱা উলম্ব সমতলখনক কোনো ঠাইৰ চৌম্বিক মধ্যতল বুলি সংজ্ঞাবদ্ধ কৰিব পাৰি। এই সমতলখনে ভূ-পৃষ্ঠক দ্ৰাঘিমাৰেখা সদৃশ বৃত্তইদি কাটিব। আনুভূমিক সমতলত মুক্তভাৱে দোলনক্ষম চৌম্বিক শলা এডালে এই চৌম্বিক মধ্যতলত অৱস্থান ল'ব আৰু শলাৰ উত্তৰ মেৰু চৌম্বিক উত্তৰ মেৰুৰ ফালে মুখ কৰি থাকিব। যিহেতু চৌম্বিক মেৰু দুটা সংযোগী ৰেখাডাল পৃথিৱীৰ অক্ষৰ সৈতে কোণীয়াকৈ থাকে, গতিকে কোনো ঠাইৰ ইয়েই হ'ল প্ৰকৃত ভৌগোলিক উত্তৰ আৰু কম্পাছ শলাই নিৰ্দেশ কৰা উত্তৰৰ মাজৰ কোণ। এই **কোণক চৌম্বিক চ্যুতি (Magnetic declination) বা চুটিকৈ চ্যুতি (declination)** বুলি কোৱা হয়। চ্যুতিৰ অন্য এক নাম হ'ল সংক্ৰমণ কোণ।



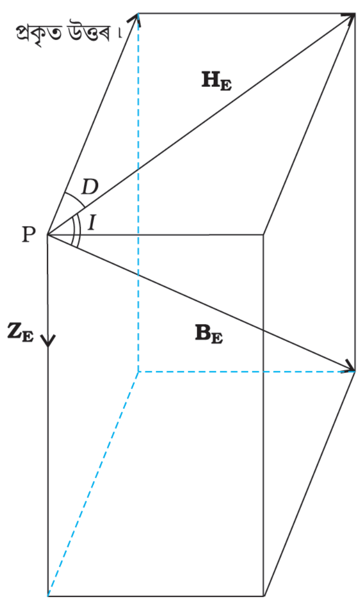
চিত্ৰ 5.9 অনুভূমিক সমতলত মুক্তভাৱে দোলনক্ষম চৌম্বক শলাই চৌম্বক উত্তৰ-দক্ষিণ দিশত অৱস্থান লয়।

উচ্চ অক্ষাংশত চ্যুতি বেছি আৰু নিৰক্ষীয় অঞ্চলত কম। ভাৰতবৰ্ষত চ্যুতি কম, দিল্লীত ই $0^0 41'E$ আৰু মুম্বাইত $0^0 58'w$ । গতিকে, দুয়োখন ঠাইতে চৌম্বক শলাই

যথেষ্ট শুদ্ধৰূপত প্ৰকৃত উত্তৰ নিৰ্দেশ কৰে। আৰু এটা মন কৰিবলগীয়া ৰাশি আছে। চৌম্বক মধ্যতলত দুলিব পৰাকৈ আনুভূমিক অক্ষ এডালৰ সাপেক্ষে নিখুতভাৱে সন্তুলিত চুম্বক শলা এডালে আনুভূমিকৰ লগত কোণ এটা উৎপন্ন কৰে। (চিত্ৰ 5.10) ইয়াক **বিনতি কোণ (angle of dip)** বোলে। (ইয়াৰ আন এটা নাম **অৱনমন (inclination)**)। গতিকে, বিনতি হ'ল পৃথিৱীৰ মুঠ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $\vec{B}_E$ এ ভূ-পৃষ্ঠৰ সৈতে উৎপন্ন কৰা কোণ। 5.11 চিত্ৰত ভূ-পৃষ্ঠৰ P বিন্দুত চৌম্বক মধ্যতল নিৰ্দেশিত হৈছে। এই সমতলখন হ'ল পৃথিৱীৰ মাজেৰে এটা ছেদ (Section)। P ত মুঠ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ আনুভূমিক উপাংশ $\vec{H}_E$ আৰু উলম্ব উপাংশ $\vec{Z}_E$ লৈ বিযোজিত কৰিব পাৰি। $\vec{B}_E$ আৰু $\vec{H}_E$ ৰ মাজৰে কোণেই হ'ল বিনতি কোণ I।



চিত্ৰ 5.10 বৃত্তটো হ'ল চৌম্বিক মধ্যতল সামৰি লৈ পৃথিৱীৰ মাজেৰে এটা ছেদ। $\vec{B}_E$ আৰু আনুভূমিক উপাংশ $\vec{H}_E$ ৰ মাজৰ কোণেই বিনতি।



চিত্ৰ 5.11 পৃথিৱীৰ চৌম্বক ক্ষেত্ৰ $\vec{B}_E$ তাৰ আনুভূমিক আৰু উলম্ব উপাংশ $\vec{H}_E$ আৰু $\vec{Z}_E$ ।চ্যুতি, D আৰু বিনতি কোণ, I ও দেখুওৱা হৈছে।

উত্তৰ গোলাৰ্দ্ধৰ বেছিভাগ অঞ্চলত বিনতি শলাৰ উত্তৰ মেৰু তললৈ অৱনমিত হয়। একেদৰে দক্ষিণ গোলাৰ্দ্ধৰ অধিকাংশত বিনতি শলাৰ দক্ষিণ মেৰু তললৈ অৱনমিত হয়।

ভূ-পৃষ্ঠৰ কোনো এক বিন্দুত পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ বৰ্ণনা দিবলৈ তিনিটা ৰাশি, অৰ্থাৎ চ্যুতি D, বিনতি কোণ বা অৱনমন, I আৰু পৃথিৱীৰ ক্ষেত্ৰৰ আনুভূমিক উপাংশ H_E সুনিৰ্দিষ্টকৈ জানিব লাগিব। ইহঁতক পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ **উপাদান** (magneti elements) বুলি কোৱা হয়।

উলম্ব উপাংশক Z_E ৰে প্ৰকাশ কৰি আমি পাওঁ,

$$Z_E = B_E \sin I \qquad [5.10\ (a)]$$

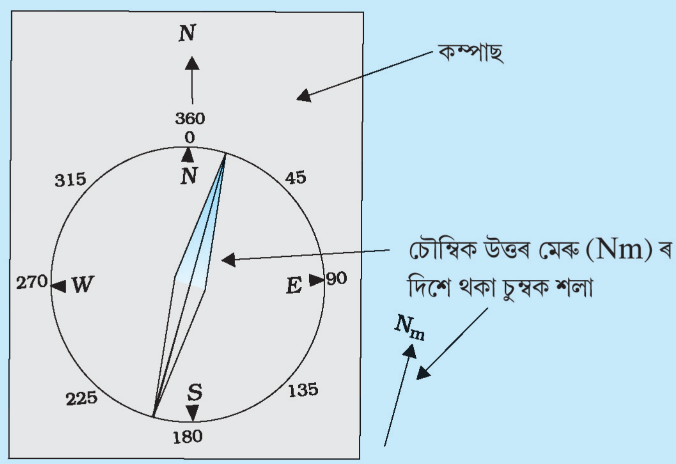
$$H_E = B_E \cos I \qquad [5.10\ (b)]$$

ইয়াৰ পৰা,

$$\tan I = \frac{Z_E}{H_E} \qquad [5.10\ (c)]$$

মেৰুত কম্পাছ শলাডালৰ কি হ'ব ?
(What happens to my compass needles at the poles?)

কম্পাছ শলা হ'ল আল ৰ (Pivot) ওপৰত সংস্থাপিত চৌম্বিক শলা। কম্পাছটো আনুভূমিকভাৱে ৰাখিলে শলাডালে সেই স্থানৰ পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ আনুভূমিক উপাংশ দিশলৈ টোৱাই থাকে। গতিকে, কোনো স্থানত কম্পাছ শলা সেই স্থানৰ চৌম্বিক মধ্যতলত উপৰিষ্ট হ'ব। পৃথিৱীৰ কোনো কোনো ঠাইত উপলব্ধ চৌম্বিক খনিজ পদাৰ্থৰ ভাণ্ডাৰে কম্পাছ শলাক চৌম্বিক মধ্যতলৰ পৰা বিচ্যুত কৰে। কোনো ঠাইৰ চৌম্বিক চ্যুতি জানিব পাৰিলে কম্পাছৰ পাঠ সংশোধন কৰি প্ৰকৃত উত্তৰ দিশ নিৰ্ণয় কৰিব পৰা যায়।



তেন্তে চৌম্বিক মেৰুলৈ কম্পাছ এটা লৈ গ'লে কি হ'ব ? মেৰুত ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ উলম্বভাৱে অভিসাৰী অথবা অপসাৰী, গতিকে আনুভূমিক উপাংশ নগণ্য। যদি শলা কেৱল আনুভূমিক সমতলহে ঘূৰিবলৈ সক্ষম তেন্তেই যিকোনো দিশলৈকে টোৱাব আৰু দিক্‌দৰ্শনৰ বাবে অনুপযোগী হৈ পৰিব। এনেক্ষেত্ৰত **বিনতি শলা (Dip Meedle)** এডালৰ প্ৰয়োজন হয় যিডাল পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰখন থকা উলম্ব সমতলত ঘূৰিব পৰাকৈ আলযুক্ত (Pivoted) হৈ থাকে। এনে কম্পাছৰৰ শলাই পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰই উলম্বৰেখাৰ লগত উৎপন্ন কৰা কোণ নিৰ্দেশ কৰে। চৌম্বিক মেৰুত এনে শলাই পোনে পোনে তললৈ মুৰ কৰিব।

উদাহৰণ 5.9

উদাহৰণ 5.9 কোনো ঠাইৰ চৌম্বিক মধ্যতলত পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ আনুভূমিক উপাংশ 0.26 G আৰু বিনতি 60^0 কোণ। এই ঠাইৰ পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ কিমান ?

সমাধান

দিয়া আছে $H_E = 0.26G$ । 5.11 চিত্ৰৰ পৰা আমি পাওঁ

$$\cos 60^0 = \frac{H_E}{B_E}$$

$$B_E = \frac{H_E}{\cos 60^0}$$

$$= \frac{0.26}{(1/2)} = 0.52\,G$$

পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ (Earth's Magnetic Field)

ভূগৰ্ভৰ সুগভীৰ অঞ্চলত অৱস্থিত অতিকায় দণ্ড-চুম্বক এডালৰ বাবে পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ উৎপত্তি হৈছে বুলি ধৰি ললে ভুল কৰা হ'ব। যদিও পৃথিৱীৰ অভ্যন্তৰত লোৰ বিশাল ভাণ্ডাৰ আছে তথাপিও চৌম্বিক উত্তৰ মেৰুৰ পৰা চৌম্বিক দক্ষিণ মেৰু লৈ বিস্তৃত লোৰ গোটা খণ্ড এটাৰ উপস্থিতিৰ সম্ভাৱনা অতি ক্ষীণ। পৃথিৱীৰ মজ্জা অতিশয় উত্তপ্ত আৰু গলিত অৱস্থাৰ, তদুপৰি লো আৰু নিকেলৰ আয়নে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ জন্ম দিয়ে। উপৰোক্ত ধাৰণাটো সত্য প্ৰমাণিত হোৱাৰ সম্ভাৱনা অতি প্ৰবল। চন্দ্ৰৰ গলিত মজ্জা নাই, গতিকে চন্দ্ৰৰ চৌম্বক ক্ষেত্ৰও নাই, শুক্ৰৰ আৱৰ্তন দ্ৰুতি মন্থৰ তাৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰখনো দুৰ্বল, আকৌ গ্ৰহবোৰৰ ভিতৰত সৰ্বোচ্চ আৱৰ্তন দ্ৰুতিবিশিষ্ট বৃহস্পতিৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ যথেষ্ঠ শক্তিশালী। অৱশ্যে, এনে প্ৰবাহ আৰু প্ৰবাহ বৰ্তাই ৰাখিবলৈ প্ৰয়োগ হোৱা শক্তিৰ স্বৰূপ এতিয়াও ভালদৰে বুজি উঠা নাই। এইবোৰ নিৰবচ্ছিন্ন গৱেষণাৰ গুৰুত্বপূৰ্ণ বিষয়বস্তু।

অৱস্থানৰ সৈতে পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ পৰিবৰ্তনৰ বিষয়টোও মনোগ্ৰাহী। সূৰ্যই নিৰ্গত কৰা আহিত কণাবোৰৰ স্ৰোত পৃথিৱীলৈ আৰু তাৰো আগলৈ প্ৰৱাহিত হৈ থাকে; এই স্ৰোতক সৌৰ বতাহ (Solar wind) বুলি কোৱা হয়। পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰই সিহঁতৰ গতিপথৰ ওপৰত প্ৰভাৱ পেলায় আৰু সিহঁতেও পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ বিন্যাসত (Pattern) প্ৰভাৱ পেলায়। মেৰু অঞ্চলৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ বিন্যাস, পৃথিৱীৰ অন্যান্য অঞ্চলৰ বিন্যাসতকৈ যথেষ্ট পৃথক।

সময়ৰ সাপেক্ষে পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ পৰিবৰ্তনো কোনোপধ্যে কম শিহৰণকাৰী নহয়। বহু শতিকা জুৰি সংঘটিত হোৱা হ্ৰস্বম্যাদী পৰিবৰ্তনৰ লগতে নিযুত বছৰ জুৰি সংঘটিত হোৱা দীৰ্ঘম্যাদী পৰিবৰ্তনো আছে। 1580 চনৰ পৰা 1820 চনলৈ, যি সময়ৰ নথি-পত্ৰ উপলব্ধ, সেই 240 বছৰ ব্যপ্ত কালছোৱাত লণ্ডনৰ চ্যুতি 3.5^0 পৰ্যন্ত সলনি হৈছিল আৰু তাৰ পৰা জানিব পৰা গ'ল যে পৃথিৱীৰ অভ্যন্তৰত চৌম্বিক মেৰুৱে সময়ৰ সাপেক্ষে স্থান পৰিৱৰ্তন কৰে। কৌটি কৌটি বছৰৰ অন্তৰালত পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ ওলোটা হৈ যোৱাৰ প্ৰমাণ পোৱা গৈছে। বেচাল্ট শিলত লো থাকে আৰু আগ্নেয়গিৰি উদ্গীৰণত বেচাল্ট নিৰ্গত হয়। বেচাল্ট শীতল হৈ গোট মৰাৰ সময়ত তাৰ ভিতৰত থকা লোৰ ক্ষুদ্ৰ চুম্বকবোৰ সেইস্থানৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ সমান্তৰালভাৱে পংক্তিবদ্ধ হয়। এনেধৰণৰ চুম্বকত্বপ্ৰাপ্ত অঞ্চলৰ খণ্ড থকা বেচাল্টৰ ভূতাত্বিক অধ্যয়নে অতীতত কেবাবাৰো পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ পৰিবৰ্তন হোৱাৰ প্ৰমাণ দিয়ে।

5.5 চুম্বকায়ন আৰু চৌম্বিক প্ৰাৱল্য (Magnetisation and Magnetic Intensity)

পৃথিৱীৰ অজস্ৰ প্ৰকাৰৰ মৌলিক আৰু যৌগিক পদাৰ্থ পোৱা যায়। তদুপৰি, আমি নতুন নতুন সংকৰ, যৌগিক পদাৰ্থ আৰু আনকি মৌলিক পদাৰ্থও সংশ্লেষণ কৰি আছো। এইবোৰ পদাৰ্থৰ চৌম্বিক ধৰ্মবোৰৰ গুণানুযায়ী শ্ৰেণীভুক্তকৰণ আমাৰ অধ্যয়নৰ পৰৱৰ্তী পৰ্য্যায় হ'ব। এই অনুচ্ছেদত এই উদ্দেশ্যে কেতবোৰ ৰাশিৰ সংজ্ঞা আৰু ব্যাখ্যা দিয়া হ'ব।

আমি জানো যে পৰমাণুৰ পৰিভ্ৰমণৰত ইলেক্ট্ৰন এটাৰ চৌম্বিক ভ্ৰামক থাকে। বিস্তৃত পদাৰ্থত এইবোৰ ভ্ৰামক ভেক্টৰ হিচাপে যোগ হয় আৰু এইদৰে সিহঁতে শূন্য ব্যতিৰেকে মুঠ চুম্বক ভ্ৰামক দিব পাৰে। **কোনো পদাৰ্থখণ্ডৰ প্ৰতি একক আয়তনৰ মুঠ চৌম্বিক ভ্ৰামকক চুম্বকায়ন, $\vec{M}$ (Magnetisation) বুলি সংজ্ঞা দিয়া হয়।**

$$\vec{M} = \frac{\vec{m}_{net}}{V} \qquad (5.11)$$

$\vec{M}$ হ'ল $L^{-1}A$ মাত্ৰাৰ এটা ভেক্টৰ ৰাশি আৰু ইয়াক Am^{-1} এককত জোখা হয়। I প্ৰৱাহ চালিত আৰু প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যত n টা পাক থকা চলেনইড এটা বিবেচনা কৰা। ইতিমধ্যে দেখুওৱা অনুসৰি চলেনইডৰ অভ্যন্তৰৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ হ'ল

$$\vec{B}_0 = \mu_0 nl \qquad (5.12)$$

চলেনইডৰ অভ্যন্তৰ চুম্বকায়ন বিশিষ্ট পদাৰ্থৰে পূৰ্ণ হৈ থাকিলে চলেনইডৰ অভ্যন্তৰত প্ৰতিষ্ঠিত ক্ষেত্ৰ $\vec{B}_0$ তকৈ ডাঙৰ হ'ব। চলেনইডৰ অভ্যন্তৰত মুঠ ক্ষেত্ৰৰ $\vec{B}$ প্ৰকাশ ৰাশি হ'ল

$$\vec{B} = \vec{B}_o + \vec{B}_m \qquad (5.13)$$

য'ত $\vec{B}_m$ হ'ল পদাৰ্থৰ মজ্জাৰ অৰিহণা। দেখা গৈছে যে, অতিৰিক্ত ক্ষেত্ৰ $\vec{B}_m$, পদাৰ্থৰ চুম্বকায়ন $\vec{M}$ ৰ সমানুপাতিক আৰু ইয়াৰ প্ৰকাশ ৰাশি হ'ল

$$\vec{B}_m = \mu_0 \vec{M} \qquad (5.14)$$

য'ত μ_0 হ'ল বায়'-চাভাৰ্টৰ সূত্ৰত থকা ধ্ৰুৱকটো (শূন্যস্থানৰ প্ৰৱেশ্যতা)

এইখিনিতে চৌম্বিক প্ৰাৱল্য (Magnetisation Intensity) নামৰ আন এবিধ ভেক্টৰ ক্ষেত্ৰ, $\vec{H}$ ৰ উত্থাপন সমুচিত হ'ব; ইয়াৰ সংজ্ঞা এনেদৰে দিয়া হয়।

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M} \qquad (5.15)$$

$\vec{H}$ ৰ মাত্ৰা $\vec{M}$ ৰ অনুৰূপ আৰু ইয়াক Am^{-1} এককত জোখা হয়।

গতিকে মুঠ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰকাশ ৰাশি হ'ব

$$\vec{B} = \mu_0(\vec{H} + \vec{M}) \qquad (5.16)$$

ৰাশিবোৰ সংজ্ঞাবদ্ধ কৰাৰ পদ্ধতিটো দোহাৰিছো। পদাৰ্থখণ্ডৰ অভ্যন্তৰৰ মুঠ চৌম্বিকক্ষেত্ৰ দুটা অৱদানৰ ফলশ্ৰুতি ঃ প্ৰথমটো হ'ল চলেনইডৰ প্ৰৱাহৰ সদৃশ বাহ্যিক কাৰকসমূহ। ইয়াক $\vec{H}$ এ সাঙুৰি লয়। আনটো হ'ল চৌম্বিক পদাৰ্থৰ বৈশিষ্টপূৰ্ণ প্ৰকৃতি, অৰ্থাৎ $\vec{M}$। পিছত লিখা ৰাশিটোক বাহ্যিক কাৰকে প্ৰভাৱান্বিত কৰিব পাৰে। এই প্ৰভাৱ, নিম্নোক্ত গাণিতিক ৰূপত প্ৰকাশ কৰিব পাৰি।

$$\vec{M} = \chi \vec{H}$$

য'ত χ ক **চৌম্বিক প্ৰৱণতা (Magnetic susceptibility)** বুলি কোৱা হয়। এই এটা মাত্ৰাবিহীন ৰাশি। এই ৰাশিয়ে বাহ্যিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰভাৱত চৌম্বিক পদাৰ্থৰ আচৰণৰ জোখ দিয়ে। 5.2 তালিকাত কিছুমান মৌলৰ χ তালিকাবদ্ধ কৰা হৈছে। **অনুচুম্বকীয় (paramagnetic)** পদাৰ্থ বুলি জ্ঞাত পদাৰ্থৰ ক্ষেত্ৰত ই সৰু আৰু ধনাত্মক। আকৌ **অপচুম্বকীয় (diamagntic)** পদাৰ্থৰ ক্ষেত্ৰত সৰু আৰু ঋণাত্মক। পিছৰ শ্ৰেণীৰ পদাৰ্থত $\vec{M}$ আৰু $\vec{H}$ ৰ দিশ বিপৰীত। (5.16) আৰু (5.17) সমীকৰণৰ পৰা আমি পাওঁ,

$$\mathbf{B} = \mu_0(1+\chi)\mathbf{H} \qquad (5.18)$$

$$= \mu_0 \mu_r \mathbf{H} \qquad (5.19)$$

$$= \mu \mathbf{H}$$

য'ত , $\mu_r = 1 + \chi$ এটা মাত্ৰাবিহীন ৰাশি; ইয়াক **পদাৰ্থৰ আপেক্ষিক চৌম্বিক প্ৰৱেশ্যতা বোলে (relative magnetic permeability)** ই স্থিতিবিদ্যুতৰ পৰাবৈদ্যুতিক ধ্ৰুৱকৰ অনুৰূপ। পদাৰ্থৰ চৌম্বিক প্ৰৱেশ্যতা হ'ল μ আৰু ইয়াৰ মাত্ৰা আৰু একক μ_o ৰ সৈতে একে;

$$\mu = \mu_0 \mu_r = \mu_0 (1+\chi).$$

χ, μ_r আৰু μ পৰস্পৰ সম্বন্ধ থকা তিনিটা ৰাশি আৰু সিহঁতৰ ভিতৰত এটাহে স্বতন্ত্ৰ। এটা দিয়া থাকিলে বাকী দুটা সহজে নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি।

তালিকা 5.2 300 K ত কিছুমান মৌলৰ চৌম্বিক প্ৰৱণতা

অপচুম্বকীয় পদাৰ্থ	χ	অনুচুম্বকীয়	χ
বিচমাথ	-1.66×10^{-5}	এলুমিনিয়াম	2.3×10^{-5}
ক'পাৰ	-9.8×10^{-6}	কেলছিয়াম	1.9×10^{-5}
দায়মণ্ড	-2.2×10^{-5}	ক্ৰ'মিয়াম	2.7×10^{-4}
গ'ল্ড	-3.6×10^{-5}	লিথিয়াম	2.1×10^{-5}
লিড্	-1.7×10^{-5}	মেগনেছিয়াম	1.2×10^{-5}
মাৰ্কাৰী	-2.9×10^{-5}	নিঅ'বিয়াম	2.6×10^{-5}
নাইট্ৰজেন (STP)	-5.0×10^{-9}	অক্সিজেন (STP)	2.1×10^{-6}
চিলভাৰ	-2.6×10^{-5}	প্লেটিনাম	2.9×10^{-4}
চিলিকণ	-4.2×10^{-6}	টাংষ্টেন	6.8×10^{-5}

উদাহৰণ 5.10 চলেনইড এটাৰ মজ্জা 400 আপেক্ষিক প্ৰৱেশ্যতাৰ পদাৰ্থৰে গঠিত। চলেনইডৰ পাকবোৰ মজ্জাৰ পৰা অন্তৰিত আৰু 2A প্ৰৱাহ কঢ়িয়ায়। যদি পাকৰ সংখ্যা প্ৰতি মিটাৰে 1000, তেন্তে (a) H, (b)M, (c)B আৰু (d) চুম্বকত্ব প্ৰদানকাৰী প্ৰৱাহ I_m নিৰ্ণয় কৰা।

সমাধানঃ

(a) H ক্ষেত্ৰ মজ্জাৰ পদাৰ্থৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল আৰু ই হ'ল $H = nI = 1000 \times 2.0 = 2 \times 10^3$ A/m

(a) চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ B

$B = \mu_r \mu_0 H$

$= 400 \times 4\pi \times 10^{-7}$ (N/A^2) $\times 2 \times 10^3$ (A/m)

$= 1.0$ T

(c) চুম্বকায়ন হ'ল

$M = (B - \mu_0 H)/\mu_0$

$= (\mu_r \mu_0 H - \mu_0 H)/\mu_0 = (\mu_r - 1)H = 399 \times H$

$\cong 8 \times 10^5$ A/m

(d) চুম্বকত্ব প্ৰদানকাৰী প্ৰৱাহ I_M হ'ল সেই অতিৰিক্ত প্ৰৱাহ, যি মজ্জা নথকা অৱস্থাত পাকৰ মাজেৰে প্ৰৱাহিত হৈ মজ্জাৰ বৰ্তমানত উৎপন্ন চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ সৈতে একে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ উৎপন্ন কৰে। গতিকে $B = \mu_r r_0 (I + I_M)$ এতিয়া $I = 2A$ আৰু $B = IT$ বহুৱালে, আমি পাম $I_M = 794A$

উদাহৰণ 5.10

5.6 পদাৰ্থৰ চৌম্বিক ধৰ্ম (Magnetic Properties of Materials)

পূৰ্বৱৰ্তী আলোচনাই পদাৰ্থক অপচুম্বকীয়, (diamagnetic), অনুচুম্বকীয় (paramagnetic) বা লৌহচুম্বকীয় (ferromagnetic) বুলি শ্ৰেণী বিভক্ত কৰাত সহায় কৰিছে। চৌম্বিক প্ৰৱণতাৰ আধাৰত বৰ্ণনা কৰিলে, χ ঋণাত্মক হ'লে পদাৰ্থ অপচুম্বকীয়, χ ধনাত্মক আৰু সৰু হ'লে অনুচুম্বকীয় আৰু χ ডাঙৰ আৰু ধনাত্মক হ'লে লৌহচুম্বকীয় (ferromagnetic) হয়।

5.6 তালিকাত লক্ষ্য কৰিলে এইবোৰ পদাৰ্থৰ সম্যক ধাৰণা এটা হয়। ইয়াত $\in$ হ'ল সৰু ধনাত্মক সংখ্যা এটা যাক অনুচুম্বকীয় পদাৰ্থৰ পৰিমাণসূচক সংখ্যা হিচাপে উত্থাপিত কৰা হৈছে। এতিয়া এই পদাৰ্থবোৰৰ বিষয়ে কিছু বিতংভাৱে আলোচনা কৰিম।

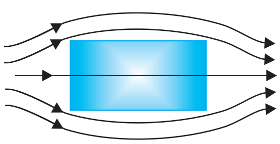
তালিকা 5.3

অপচুম্বকীয়	অনুচুম্বকীয়	লৌহচুম্বকীয়
$-1 \le \chi < 0$ $0 \le \mu_r < 1$ $\mu < \mu_0$	$0 < \chi < \varepsilon$ $1 < \mu_r < 1 + \varepsilon$ $\mu > \mu_0$	$\chi >> 1$ $\mu_r >> 1$ $\mu >> \mu_0$

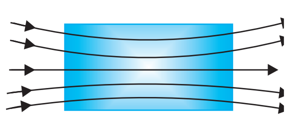
5.6.1 অপচুম্বকত্ব (Diamagnetism)

বাহ্যিক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখনত প্ৰবল অঞ্চলৰ পৰা দুৰ্বল অঞ্চললৈ গতি কৰাৰ স্বাভাৱিক প্ৰৱণতা থকা পদাৰ্থবোৰ অপচুম্বকীয়। অন্য ধৰণে ক'বলৈ হ'লে, লৌহপদাৰ্থক আকৰ্ষণ কৰাৰ বিপৰীতে অপচুম্বকীয় পদাৰ্থক চুম্বকে বিকৰ্ষণ কৰে।

5.12 (a) চিত্ৰত বাহ্যিক চুম্বক ক্ষেত্ৰ এখনত অপচুম্বকীয় পদাৰ্থৰ দণ্ড এডাল দেখুৱা হৈছে। ক্ষেত্ৰৰেখাবোৰ বিকৰ্ষিত বা বহিষ্কৃত হৈছে আৰু পদাৰ্থৰ অভ্যন্তৰৰ ক্ষেত্ৰখন কমি গৈছে। 5.2 তালিকাৰ পৰা স্পষ্ট যে সৰহভাগ ক্ষেত্ৰতে এই হ্ৰাসৰ পৰিমাণ সামান্য; 10^5 ৰ এভাগ। অসুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত সংস্থাপিত কৰিলে দণ্ডডালে ক্ষেত্ৰৰ প্ৰবল অঞ্চলৰ পৰা দুৰ্বল অঞ্চললৈ যোৱাৰ প্ৰয়াস কৰিব।



(a)



(b)

5.12 (b) চিত্ৰত বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ এখনত সংস্থাপিত অণুচুম্বকীয় পদাৰ্থৰ দণ্ড এডাল দেখুওৱা চিত্ৰ 5.12 (a) অপচুম্বক আৰু (b) অণুচুম্বক পদাৰ্থৰ কাষত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাৰ আচৰণ।

অপচুম্বকৰ আটাইতকৈ সৰল ব্যাখ্যা এনে ধৰণৰ। নিউক্লিয়াচৰ চাৰিওফালে প্ৰদক্ষিণৰত ইলেক্ট্ৰনবোৰৰ কক্ষীয় কৌণিক ভৰবেগ থাকে। কক্ষপথেদি ঘূৰি থকা ইলেক্ট্ৰনবোৰ প্ৰৱাহ কুণ্ডলীৰ সমতুল্য আৰু সেয়েহে সিহঁতৰ কক্ষীয় চৌম্বিক ভ্ৰামকো থাকে। যিবোৰ পদাৰ্থৰ পৰমাণুৰ লব্ধ চৌম্বিক ভ্ৰামক শূন্য সেইবোৰকেই অপচুম্বকীয় পদাৰ্থ বুলি কোৱা হয়। চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ প্ৰয়োগ কৰিলে তাৰ দিশত কক্ষীয় চৌম্বিক ভ্ৰামক থকা ইলেক্ট্ৰনবোৰ মন্থৰিত হয়। আৰু বিপৰীতে দিশত থকাবোৰ ত্বৰিত হয়। ইয়াৰ কাৰণ হ'ল লেঞ্জৰ সূত্ৰসন্মত আৱিষ্ট প্ৰৱাহ যাৰ বিষয়ে তোমালোকে ৬ নং অধ্যায়ত পঢ়িবা। গতিকে, প্ৰযুক্ত ক্ষেত্ৰৰ বিপৰীত দিশত পদাৰ্থবিধে মুঠ চৌম্বিক ভ্ৰামক প্ৰাপ্ত হয় আৰু ইয়েই হ'ল বিকৰ্ষণৰ কাৰণ।

কিছুমান অপচুম্বক পদাৰ্থ হ'ল বিচমাথ, তাম, সীহ, চিলিকন, নাইট্ৰজেন (STP অৱস্থাত), পানী আৰু চডিয়াম ক্ল'ৰাইড। সকলো পদাৰ্থৰে অপচুম্বকীয় ধৰ্ম থাকে। কিন্তু বেছিভাগ ক্ষেত্ৰতে ই ইমান দুৰ্বল যে অনুচুম্বকত্ব, লৌহচুম্বকত্ব আদিয়ে ইয়াক গুৰুত্বহীন কৰে।

আটাইতকৈ অভিনৱ অপচুম্বকীয় পদাৰ্থ হ'ল অতি পৰিবাহীবোৰ (Super conductors)। এইবোৰ হ'ল অতি নিম্ন উষ্ণতালৈ শীতলীকৃত ধাতু যিবোৰে নিখুঁত পৰিবাহীতা আৰু নিখুঁতঅপচুম্বকত্ব প্ৰদৰ্শিত কৰে। এনে ক্ষেত্ৰত ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ পদাৰ্থৰ ভিতৰৰ পৰা সম্পূৰ্ণৰূপে বহিঃস্কৃত হয়! $\chi = 1$ আৰু $\mu_r =$ 0। অতিপৰিবাহীয়ে চুম্বকক বিকৰ্ষণ কৰে আৰু (নিউটনৰ তৃতীয় সূত্ৰ অনুসৰি) চুম্বকৰ দ্বাৰা বিকৰ্ষিত হয়। অতিপৰিবাহীৰ নিখুঁত অপচুম্বকত্বৰ পৰিঘটনাক মেইছ্নাৰ ক্ৰিয়া (Meissner effect) বুলি কোৱা হয়। বিভিন্ন ব্যৱহাৰিক ক্ষেত্ৰত অতিপৰিবাহী চুম্বক ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰি; তাৰ এটা উদাহৰণ হ'ল চুম্বকীয়ভাৱে ভাসমান অতি দ্ৰুত ৰে'লগাড়ীৰ চলাচল।

5.6.2 অণুচুম্বকত্ব (Paramagnetism)

যিবোৰ পদাৰ্থই বাহ্যিক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত কিঞ্চিত চুম্বকত্ব লাভ কৰে, সেইবোৰ অণুচুম্বকীয় পদাৰ্থ বোলে। এনে পৰ্দাথৰ দুৰ্বল চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ পৰা শক্তিশালী চৌম্বিক ক্ষেত্ৰলৈ যোৱাৰ প্ৰৱণতা থাকে; অৰ্থাৎ চুম্বকৰ দ্বাৰা দুৰ্বলভাৱে আকৰ্ষিত হয়।

অণুচৌম্বক পদাৰ্থৰ প্ৰত্যেক পৰমাণুৰ (বা আয়ন বা অণুৰ) নিজস্ব চৌম্বিক দ্বিমেৰু ভ্ৰামক থাকে। অণুবোৰৰ অহৰহ যাদৃচ্ছিক তাপীয় গতিৰ কাৰণে কোনো মুঠ চুম্বকায়ন পৰিদৃশ্যমান নহয়। যথোপযুক্তভাৱে শক্তিশালী ব্যহ্যিক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $\vec{B}_0$ ৰ উপস্থিতিত আৰু নিম্ন উষ্ণতাত একাকী পাৰণাৱিক দ্বিমেৰু ভ্ৰামকবোৰ পংক্তিবদ্ধ আৰু $\vec{B}_0$ দিশে মূৰ কৰিবলৈ বাধ্য কৰিব পাৰি।

5.12 (b) চিত্ৰত বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ এখনত সংস্থাপিত অণুচুম্বকীয় পদাৰ্থৰ দণ্ড এডাল দেখুওৱা হৈছে। ক্ষেত্ৰৰেখাবোৰ পদাৰ্থৰ অভ্যন্তৰত পৰস্পৰ ওচৰ চাপি আহে আৰু ফলত অভ্যন্তৰৰ ক্ষেত্ৰখন সংবৰ্দ্ধিত হয়। কিন্তু বেছিভাগ ক্ষেত্ৰতে দেখা যায় যে এই সংবৰ্দ্ধন অতিকৈ কম, 10^5 ভাগৰ এভাগ; 5.2 তালিকাত চকু ফুৰালেই এই কথা স্পষ্ট হৈ পৰে। অসুষম চুম্বক ক্ষেত্ৰ এখনত সংস্থাপিত হ'লে দণ্ডডাল দুৰ্বল ক্ষেত্ৰৰ পৰা শক্তিশালী ক্ষেত্ৰলৈ গুচি যোৱাৰ প্ৰয়াস কৰে।

অণুচৌম্বক পদাৰ্থৰ কিছুমান উদাহৰণ হ'ল এলুমিনিয়াম, চডিয়াম, কেলছিয়াম, অক্সিজেন (STP অৱস্থাত) আৰু কপাৰ ক্লৰাইড। পৰীক্ষা-নিৰীক্ষাৰ যোগেদি প্ৰমাণিত হৈছে যে অণুচৌম্বক পদাৰ্থৰ চুম্বকায়ন পৰম উষ্ণতা T ৰ ব্যাস্তানুপাতিক,

$$\vec{M} = C\frac{B_0}{T} \tag{5.20(a)}$$

বা সমতুল্য হিচাপে, (5.12) আৰু (5.17) সমীকৰণ ব্যৱহাৰ কৰি

$$\chi = C\frac{\mu_0}{T} \tag{5.20(b)}$$

ইয়াক **কুৰীৰ সূত্ৰ (Curie's law)** বোলে; উদ্ভাৱক পিয়াৰী কুৰীৰ (1859-1906) (Pieree Curie) নামেৰে এই সূত্ৰৰ নামকৰণ কৰা হৈছে। ধ্ৰুৱক C ক **কুৰীৰ ধ্ৰুৱক** বুলি কোৱা হয়। গতিকে, অণুচৌম্বক পদাৰ্থৰ χ আৰু μ_r উভয়েইকেৱল পদাৰ্থৰ ধৰ্মৰ ওপৰতহে নিৰ্ভৰশীল এনে নহয়, ইহঁত উষ্ণতাৰ ওপৰতো (সৰলভাৱে) নিৰ্ভৰশীল। ক্ষেত্ৰ বাঢ়িলে অথবা উষ্ণতা কমিলে চুম্বকায়নৰ মান, পৰিগৰ্ভিত মান (Saturation value) M_S পৰ্যন্ত ক্ৰমান্বয়ে বাঢ়ি যায়; এনে অৱস্থাত আটাইবোৰ দ্বিমেৰু ক্ষেত্ৰৰ সৈতে একমুখী হৈ পৰে। ইয়াৰ পিছত, কুৰীৰ সূত্ৰ (5.20 (সমীকৰণ) প্ৰযোজ্য নহয়।

5.6.3 লৌহচুম্বকত্ব (Ferromagnetism)

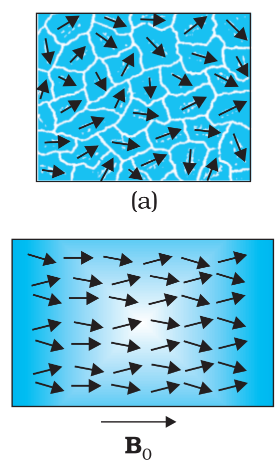
যিবোৰ পদাৰ্থ বাহ্যিক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত সংস্থাপিত হ'লে প্ৰবলভাৱে চুম্বকত্ব গুণ প্ৰাপ্ত হয় সেইবোৰক লৌহচুম্বক পদাৰ্থ বোলে। এনে পদাৰ্থ দুৰ্বল চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ পৰা শক্তিশালী চৌম্বিক ক্ষেত্ৰলৈ গতি কৰাৰ তীব্ৰ প্ৰৱণতা থাকে, অৰ্থাৎ চুম্বকৰ দ্বাৰা প্ৰবলভাৱে আকৰ্ষিত হয়।

অণুচৌম্বক পদাৰ্থৰ দৰে লৌহচৌম্বক পদাৰ্থৰো পৰমাণুবোৰৰ (বা আয়ন বা অণুবোৰৰ) দ্বিমেৰু ভ্ৰামক থাকে। কিন্তু সিহঁতৰ পাৰস্পৰিক ক্ৰিয়াৰ ফ'লশ্ৰুতিত **'ড'মেইন' (domain)** নামৰ স্থূল অঞ্চলত উমৈহতীয়া দিশ এটাত পংক্তিবদ্ধ হৈ পৰে। সমবায় ভিত্তিত সম্পন্ন হোৱা এই ক্ৰিয়াৰ ব্যাখ্যা কোৱাণ্টাম বলবিজ্ঞানৰ (Quantum mechanics) আধাৰতহে সম্ভৱ আৰু সেয়েহে ই এই পাঠ্যপুথিৰ সামৰ্থ্যৰ বাহিৰত। প্ৰত্যেক ডমেইনৰে মুঠ চুম্বকায়ন থাকে। ডমেইন এটাৰ আকাৰ সাধাৰণতে 1mn মান হয় আৰু এটা ডমেইনত থকা পৰমাণুৰ সংখ্যা প্ৰায় 10^{11}।

পোনতে, ডমেইনভেদে চুম্বকায়ন যাদৃচ্ছিকভাৱে বেলেগ বেলেগ হৈ থাকে আৰু মুঠ হিচাপত কোনো চুম্বকায়ন দৃষ্টিগোচৰ নহয়। কিন্তু বাহ্যিক চৌম্বক ক্ষেত্ৰ $\vec{B}_0$ প্ৰয়োগ কৰাৰ লগে লগে ডমেইনবোৰে $\vec{B}_0$ ৰ দিশত পংক্তিবদ্ধ হয় আৰু সমসাময়িকৰূপে $\vec{B}_0$ ৰ দিশত সজ্জিত হোৱা ডমেইনবোৰৰ আকাৰ বাঢ়িব ধৰে। ডমেইনৰ অস্তিত্ব আৰু $\vec{B}_0$ৰ প্ৰভাৱত সিহঁতৰ গতি কাল্পনিক নহয়। গুড়ি অৱস্থাত থকা লৌহচৌম্বক পদাৰ্থ এবিধ তৰলত ওপঙাই সেইবোৰ অণুবীক্ষণ যন্ত্ৰৰে

PHYSICS

Magnetic materials, domain, etc.:
http://www.aacg.bham.ac.uk/magnetic_materials/



চিত্ৰ (5.13) (a) যাদৃস্থিকভাৱে মূৰ কৰি থকা ডমেইন (b) পংক্তিবদ্ধ ডমেইন।

পৰ্যবেক্ষণ কৰিলে ওপঙি থকা গুড়িবোৰৰ গতি দৃষ্টিগোচৰ হ'ব। (5.12) (b) চিত্ৰত ডমেইনবোৰ পংক্তিবদ্ধ হৈ এটা একক বৃহৎ ডমেইনৰ গঠন দেখুৱা হৈছে।

গতিকে, লৌহচৌম্বক পদাৰ্থৰ ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ অতিশয় ঘন। অসুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত এনেবোৰ পদাৰ্থই ক্ষেত্ৰৰ প্ৰবলতৰ অংশলৈ গতি কৰাৰ প্ৰয়াস কৰে। বাহ্যিক ক্ষেত্ৰখন বিলুপ্ত হোৱাৰ পিছৰ পৰিস্থিতিৰ অনুধাৱন কৰিবলৈ চেষ্টা কৰিব পাৰো। কিছুমান লৌহচৌম্বক পদাৰ্থত চুম্বকত্ব ধৰ্ম স্থায়ী হৈ থাকে। এনেবোৰ পদাৰ্থক কঠিন (hard) চৌম্বিক পদাৰ্থ বা কঠিন লৌহচুম্বক বোলে। এলনিক (Alnico) নামৰ লো, এলুমিনিয়াম, নিকেল, কবাল্ট আৰু তামৰ সংকৰ এটা এনে এবিধ পদাৰ্থ। প্ৰাকৃতিকভাৱে উপলব্ধ ল'ডষ্টোন (Loadstone) আন এবিধ উদাহৰণ। এইবোৰ পদাৰ্থৰে স্থায়ী চুম্বক তৈয়াৰ কৰা হয়। চুম্বক শলাকে ধৰি ভালেমান বস্তু বনাবলৈ স্থায়ী চুম্বক ব্যৱহাৰ কৰা হয়। আনহাতে, এনে কিছুমান লৌহচৌম্বক পদাৰ্থ আছে যিবোৰৰ চুম্বকত্ব বাহ্যিক ক্ষেত্ৰৰ বিলুপ্তিৰ লগে লগে নাইকীয়া হয়। কোমল লো (softiron) এনে এবিধ পদাৰ্থ। এনেবোৰ পদাৰ্থক কোমল (soft) লৌহচৌম্বক পদাৰ্থ বুলি কোৱা হয়। বহুতো মৌল লৌহচৌম্বক; যেনে ঃ লো, ক'বাল্ট, নিকেল গেড'লিনিয়াম, ইত্যাদি। ইহঁতৰ আপেক্ষিক চৌম্বিক প্ৰৱেশ্যতাৰ মান >1000 ।

লৌহচৌম্বক ধৰ্ম উষ্ণতাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল। যথেষ্ঠ উচ্চ উষ্ণতাত লৌহচুম্বক অণুচুম্বকলৈ পৰিবৰ্তিত হয়। উষ্ণতা বৃদ্ধিৰ লগে লগে ডমেইনৰ সংগঠন ধ্বংসপ্ৰাপ্ত হয়। উষ্ণতা বৃদ্ধিৰ হেতু চুম্বকত্বৰ অবলুপ্তি এটা ধীৰ গতিত সম্পন্ন হোৱা প্ৰক্ৰিয়া। গোটা স্ফটিকৰ গলনৰ সদৃশ ই এবিধ দশা অৱস্থান্তৰ (phase transistion) যি অৱস্থাত লৌহ চৌম্বকৰ পৰা অণুচৌম্বক লৈ অৱস্থান্তৰ হয় সেই উষ্ণতাক **কুৰী উষ্ণতা** (Curie temperature) T_c. বুলি কোৱা হয়। কিছুমান লৌহচুম্বকৰ কুৰী উষ্ণতা 5.4 ত তালিকাত দেখুৱা হৈছে। কুৰী উষ্ণতাৰ ওপৰত, অৰ্থাৎ অণুচৌম্বক দশাত প্ৰৱণতা সূচোৱা প্ৰকাশ ৰাশি হ'ল

$$\chi = \frac{C}{T - T_c}, \quad (T > T_c) \tag{5.21}$$

Hysterisis in magnetic materials:
http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/solids/hyst.html

PHYSICS

তালিকা 5.4 কিছুমান লৌহচৌম্বক পদাৰ্থৰ কুৰী উষ্ণতা, T_c.

পদাৰ্থ	T_c (K)
ক'বাল্ট	1394
আইৰণ	1043
Fe_2O_3	893
নিকেল	631
গেড'লিনিয়াম	317

উদাহৰণ 5.11

উদাহৰণ 5.11 লৌহচৌম্বক লোৰ ডমেইন এটা 1μm দৈৰ্ঘ্যৰ বাহুবিশিষ্ট ঘনকৰ আকৃতিৰ। ডমেইনত লোৰ পৰমাণুৰ সংখ্যা, সৰ্বোচ্চ সম্ভৱপৰ দ্বিমেৰু ভ্ৰামক আৰু ডমেইনৰ চুম্বকায়ন গণনা কৰা। লোৰ আণৱিক ভৰ 55 g/mole আৰু ইয়াৰ ঘনত্ব 7.9 g/cm^3। ধৰি লোৱা যে, প্ৰত্যেক লোৰ অণুৰ দ্বিমেৰু ভ্ৰামক হ'ল 9.27×10^{-24} A m^2।

উদাহৰণ 5.11

সমাধান ঃ ঘনক আকাৰৰ ডমেইনৰ আয়তন হ'ব

$V = (10^{-6}\ \text{m})^3 = 10^{-18}\ \text{m}^3 = 10^{-12}\ \text{cm}^3$

ইয়াৰ ভৰ হ'ল আয়তন × ঘনত্ব $= 7.9\ \text{g cm}^{-3} \times 10^{-12}\ \text{cm}^3 = 7.9 \times 10^{-12}\ \text{g}$।

দিয়া আছে যে লোৰ অণুৰ এ'ভগেড্ৰ সংখ্যাৰ (Avogadra number) ভৰ 55g। গতিকে ডমেইনত অণুৰ সংখ্যা

$$N = \frac{7.9 \times 10^{-12} \times 6.023 \times 10^{23}}{55}$$

$$= \mathbf{8.65 \times 10^{10}}$$

আটাইবোৰ পৰমাণু নিখুঁতভাৱে পংক্তিবদ্ধ হ'লেহে (এক অবাস্তৱ অৱস্থা) সৰ্বোচ্চ সম্ভৱপৰ দ্বিমেৰু ভ্ৰামক m_{max} পোৱা যাব। গতিকে

$$m_{max} = (8.65 \times 10^{10}) \times (9.27 \times 10^{-24})$$

$$= 8.0 \times 10^{-13}\ \text{A m}^2$$

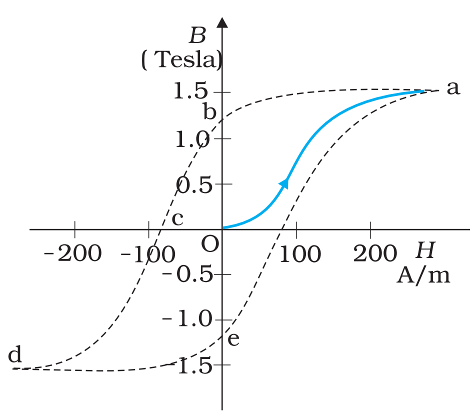
ইয়াৰ ফলশ্ৰুতিত হোৱা চুম্বকায়ন হ'ল

$$M_{max} = m_{max} / \text{ডমেইনৰ আয়তন}$$

$$= 8.0 \times 10^{-13}\ \text{Am}^2 / 10^{-18}\ \text{m}^3$$

$$= 8.0 \times 10^{5}\ \text{Am}^{-1}$$

লৌহচৌম্বক পদাৰ্থত $\vec{B}$ আৰু $\vec{H}$ ৰ সম্পৰ্ক জটিল প্ৰকৃতিৰ। এই সম্পৰ্ক প্ৰায়েই অৰৈখিক (non linear) আৰু পদাৰ্থ টুকুৰাৰ চৌম্বিক বুৰঞ্জীৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল। 5.14 চিত্ৰত পদাৰ্থবিধক এটা চুম্বকায়ন চক্ৰৰ মাজেৰে লৈ যাওতে ইয়াৰ আচৰণ দেখুৱা হৈছে। ধৰি লওঁ, পদাৰ্থবিধ পোনতে অচৌম্বিক প্ৰকৃতিৰ আছিল। ইয়াক চলেনইড এটাৰ ভিতৰত সংস্থাপন কৰা হ'ল আৰু তাৰ পিছত চলেনইডৰ প্ৰৱাহ ক্ৰমান্বয়ে বঢ়োৱা হ'ল। Oa বক্ৰ ৰেখাত প্ৰদৰ্শন কৰা অনুসৰি পদাৰ্থবিধত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ বাঢ়ি যায় আৰু শেষত পৰিগৰ্ভিত (saturated) অৱস্থাপ্ৰাপ্ত হয়। এই আচৰণে সৰ্বাধিক মানপ্ৰাপ্ত নোহোৱা পৰ্যন্ত ডমেইনবোৰৰ শাৰী পতা তথা পৰস্পৰ চামিল হোৱাৰ প্ৰক্ৰিয়া বুজায়। ইয়াতকৈ বেছি মানৰ প্ৰৱাহৰ বৃদ্ধি (অৰ্থাৎ চৌম্বিক প্ৰাবল্য H) এই ক্ষেত্ৰত অৰ্থহীন। ইয়াৰ পিছত আমি H ৰ মান হ্ৰাস কৰোঁ আৰু শেষত শূন্যলৈ কমাওঁ। $H = O$ অৱস্থাত $B \neq O$ । এই আচৰণ ab বক্ৰ ৰেখাই বুজায়। $H = O$ চৰ্তত B ৰ মানক **ধাৰণ ক্ষমতা (retentivity)** বা **(remanece)** বোলে। 5.14 চিত্ৰত $B_R \sim 1.2\text{T}$ য'ত পদাংকই R এ ধাৰণ ক্ষমতা বুজাইছে। বাহ্যিক চালক ক্ষেত্ৰখন বিলুপ্ত হোৱা স্বত্বেও ডমেইনবোৰ সম্পূৰ্ণভাৱে যাদৃচ্ছিক হোৱা নাই। তাৰ পিচত চলেনইডৰ প্ৰৱাহ বিপৰীতমুখী কৰি ক্ৰমান্বয়ে বঢ়োৱা হ'ল কিছুমান ডমেইনে লুটি বাগৰ মাৰি অভ্যন্তৰৰ মুঠ ক্ষেত্ৰখন বিলুপ্ত কৰিব । ইয়াক bc বক্ৰ ৰেখাই বুজাইছে। C ত H ৰ মানক **নিগ্ৰাহিতা (coercivity)** বুলি কোৱা হয়। 5.14 চিত্ৰত $H_C \sim -90\text{Am}^{-1}$ । বিপৰীতমুখী প্ৰৱাহৰ মান বঢ়াই থাকিলে আমি আকৌ পৰিগৰ্ভিত অৱস্থাত উপনীত হ'ম। ইয়াক CD বক্ৰ ৰেখাই বুজাইছে। পৰিগৰ্ভিত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ হ'ল $B_S \sim 1.5\text{T}$ । তাৰ পিছত প্ৰৱাহ হ্ৰাস আৰু (বক্ৰ ৰেখা dc) বিপৰীত মুখী কৰা (বক্ৰ ৰেখা ea) হ'ল। চক্ৰটোৰ এতিয়া পুনৰাবৃত্তি ঘটে। মন কৰা যে H কমিলে বক্ৰ ৰেখা oa ৰে উভতি আহিব নোৱাৰে। H ৰ প্ৰদত্ত মান এটাৰ বাবে B ৰ মান অনন্য নহয়, বৰং ই পদাৰ্থবিধৰ পূৰ্বৰ বুৰঞ্জীৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। এই পৰিঘটনাক **বিলম্বন (hysterisis)** বোলে। ইংৰাজী শব্দ hysterisis অসমীয়া বিলম্বন ৰ অৰ্থ হ'ল পিছ পৰা (বুৰঞ্জী নহয়)



চিত্ৰ **5.14** চৌম্বক বিলম্বন কুণ্ডলী হ'ল লৌহচৌম্বক পদাৰ্থৰ **B–H** লেখ।

চিত্ৰ **5.15** উত্তৰা-দক্ষিণাকৈ সংস্থাপিত লোৰ লোহিত তপ্ত দণ্ড এডাল হাতুৰীৰে আঘাত কৰি কমাৰ এজনে স্থায়ী চুম্বক বনাইছে। উলিয়াম গিলবাৰ্ট (William Gilbert) ৰচিত আৰু চনত 1600 প্ৰকাশিত। ডি মেগ্নেট' (Magnete) নামৰ গ্ৰন্থৰ এখন বৰ্ণনামূলক চিত্ৰৰ আধাৰত ওপৰৰ চিত্ৰখন নতুনকৈ অংকন কৰা হৈছে।

5.7 স্থায়ী চুম্বক আৰু বিদ্যুৎচুম্বক (Permanent Magnets and Electromagnets)

যিবোৰ পদাৰ্থত কোঠালীৰ উষ্ণতাত দীঘলীয়া সময়ৰ বাবে লৌহচৌম্বক ধৰ্ম অটুট থাকে তেনে পদাৰ্থবোৰক স্থায়ী চুম্বক বোলে। বিভিন্ন উপায়েৰে স্থায়ী চুম্বক তৈয়াৰ কৰিব পাৰি। লোৰ দণ্ড এডাল উত্তৰা-দক্ষিণাকৈ স্থাপন কৰি তাক হাতুৰীৰে পুনঃ পুনঃ আঘাত কৰি এই কাম কৰিব পাৰি। 5.15 চিত্ৰত এই পদ্ধতিটো বুজোৱা হৈছে। স্থায়ী চুম্বক নিৰ্মাণ যে এবিধ প্ৰাচীন কলা তাকে সজোৰে প্ৰতিপন্ন কৰিবলৈহে 400 বছৰ পুৰণি গ্ৰন্থৰ পৰা চিত্ৰখন লোৱা হৈছে। তদুপৰি তীখাৰ দণ্ড এডাল হাতত লৈ তাক দণ্ড-চুম্বকৰ এটা প্ৰান্তেৰে বহুবাৰ একে দিশতে আঘাত কৰি থাকিলেও স্থায়ী চুম্বক এডাল পোৱা যাব।

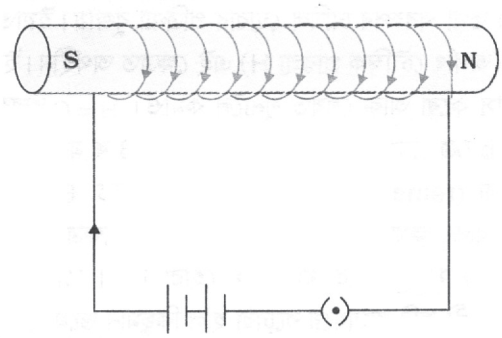
স্থায়ী চুম্বক তৈয়াৰ কৰাৰ আন এক ফলপ্ৰসু পদ্ধতিত লৌহচৌম্বক দণ্ড চলেনইডৰ ভিতৰত থৈ প্ৰৱাহ চালিত কৰিব লাগে। চলেনইডৰ চৌম্বক ক্ষেত্ৰই দণ্ডডালক চুম্বকত্ব প্ৰদান কৰে।

বিলম্বন লেখে (চিত্ৰ 5.14) স্থায়ী চুম্বকৰ বাবে উপযুক্ত পদাৰ্থৰ নিৰ্বাচনত আমাক সহায় কৰে। পদাৰ্থৰ উচ্চ ধাৰণ ক্ষমতা বাঞ্ছনীয় যাতে চুম্বকডাল শক্তিশালী হয় আৰু লগতে উচ্চ নিগ্ৰাহিতাও বাঞ্চনীয় যাতে বাহিৰা চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ, উষ্ণতাৰ তাৰতম্য বা সাধাৰণ যান্ত্ৰিক ক্ষতিয়ে তাৰ চুম্বকায়ন বিনষ্ট কৰিব নোৱাৰে। তদুপৰি পদাৰ্থৰ প্ৰৱেশ্যতাও উচ্চ মানৰ হোৱা উচিত। তীখা প্ৰথম পছন্দৰ পদাৰ্থ। ইয়াৰ ধাৰণ ক্ষমতা কোমল লোৰ তুলনাত কিছু কম কিন্তু কোমল লোৰ নিগ্ৰাহিতা বহুগুণে সৰু বাবে সি তীখাৰ লগত ফেৰ মাৰিব নোৱাৰে। স্থায়ী চুম্বকৰ বাবে অন্যান্য উপযুক্ত পদাৰ্থ হ'ল এলনিক' (alnico), কবাল্ট তীখা (cobalt steel) আৰু টিক'লেন (ticonal)

বিদ্যুৎ চুম্বকৰ মজ্জা লৌহচৌম্বক পদাৰ্থেৰে তৈয়াৰ কৰা হয়; এনে পদাৰ্থৰ প্ৰৱেশ্যতা আৰু ধাৰণ ক্ষমতা কম হয়। কোমল লো বিদ্যুৎ চুম্বকৰ বাবে উপযোগী। চলেনইডৰ অভ্যন্তৰত কোমল লোৰ দণ্ড এডাল সংস্থাপিত কৰি চলেনইডৰ মাজৰে প্ৰৱাহ চালিত কৰিলে চলেনইডৰ চুম্বকত্ব সহস্ৰ গুণে বাঢ়ে। চলেনইডৰ প্ৰৱাহ বন্ধ কৰিলে চুম্বকত্বও কাৰ্যকৰীভাৱে বিলুপ্ত হয় কিয়নো কোমল লোৰ মজ্জাৰ ধাৰণ ক্ষমতা কম। 5.16 চিত্ৰত এই বিন্যাস দেখুৱা হৈছে।

India's Magnetic Field:
http://iigs.iigm.res.in

PHYSICS



চিত্ৰ **5.16** চলেনইডৰ কোমল লোৰ মজ্জাই বিদ্যুৎচুম্বক হিচাপে কাম কৰে।

কিছুমান প্ৰয়োগত পদাৰ্থই দীঘলীয়া সময়ৰ বাবে চুম্বকায়নৰ ac চক্ৰৰ মাজেৰে যাব লগা হয়। ৰূপান্তৰকৰ (transformer) মজ্জা আৰু টেলিফোনৰ ডায়াফ্ৰামৰ ক্ষেত্ৰত এনে পৰিস্থিতি দৃষ্টিগোচৰ হয়। এনেবোৰ পদাৰ্থৰ বিলম্বন লেখ ঠেক হোৱা উচিত। তেনেক্ষেত্ৰত শক্তিৰ অপচয় আৰু তাপৰ উৎপাদন কমে। ঘূৰ্ণি প্ৰৱাহৰ বা চাকনৈয়া (eddy current) বাবে হোৱা লোকচানৰ হ্ৰাস কৰিবলৈও পদাৰ্থৰ ৰোধকত্ব অধিক হ'ব লাগিব। 6 নং অধ্যায়ত আমি ঘূৰ্ণি প্ৰৱাহৰ বিষয়ে পঢ়িম।

বৈদ্যুতিক ঘণ্টা, লাউডস্পিকাৰ (loudspeaker) আৰু টেলিফোনৰ পৰ্দাত বিদ্যুৎ চুম্বক ব্যৱহাৰ কৰা হয়। গধুৰ যন্ত্ৰপাতি তথা লো আৰু তীখাৰ ডাঙৰ টুকুৰা উত্তোলন কৰা ভাৰোত্তল যন্ত্ৰত (crane) বিশালাকাৰৰ বিদ্যুৎ চুম্বক ব্যৱহাৰ কৰা হয়।

ভাৰত বৰ্ষৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মানচিত্ৰ অংকন
(Mapping India's magnetic field)

খনিজ ভাণ্ডাৰৰ সন্ধেদ, যোগা-যোগ আৰু দিশ নিৰ্ণয়ত ব্যৱহাৰিক প্ৰয়োগৰ প্ৰতি সজাগ হৈ সৰহ সংখ্যক ৰাষ্ট্ৰই ভৌগোলিক মানচিত্ৰৰ শুদ্ধতাৰ সমকক্ষ শুদ্ধতাৰে ভূচৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মানচিত্ৰ তৈয়াৰ কৰিছে। ভাৰতবৰ্ষত দক্ষিণৰ ত্ৰিৱান্দ্ৰমৰ (এতিয়া তিৰুৱন্তপুৰম) পৰা উত্তৰৰ গুলামাৰ্গলৈ এক ডজনতকৈয়ে অধিক নিৰীক্ষণ কেন্দ্ৰ (observatory) আছে। মুম্বাইৰ ক'লাবাত অৱস্থিত ভাৰতীয় ভূচম্বকত্ব প্ৰতিষ্ঠানৰ (Indian Institue of Geomagnetism,IIG) অধীনত এই নিৰীক্ষণ কেন্দ্ৰ বোৰ পৰিচালিত হয়। ক'লাবা আৰু আলীবাগৰ নিৰীক্ষণ কেন্দ্ৰৰ পৰাই IIG বিকশিত হৈছিল আৰু 1971 চনত ই আনুস্থানিকভাৱে উদঘাটন কৰা হয়। IIG এ স্থলভাগত, আৰু সমুদ্ৰগৰ্ভত আৰু মহাকাশত ভূচৌম্বিক ক্ষেত্ৰ আৰু তাৰ তাৰতম্যৰ ওপৰত (ৰাষ্ট্ৰব্যাপি অৱস্থিত নিৰীক্ষণ কেন্দ্ৰবোৰৰ যোগেদি) চোকা দৃষ্টি ৰাখে। তেল আৰু প্ৰাকৃতিক গেছ আয়োগ লিমিটেড (Oil and Natural Gas Corporation Ltd, ONGC,) ৰাষ্ট্ৰীয় সমুদ্ৰবিজ্ঞান প্ৰতিষ্ঠান (National Institute of Oceanography, NIO) আৰু ভাৰতীয় মহাকাশ গৱেষণা সংস্থাই (Indian Space Research Organisation ISRO) ইয়াৰ পৰা পোৱা তথ্যৰাজি ব্যৱহাৰ কৰে।

সাৰাংশ (SUMMARY)

(1) চুম্বকত্ব এবিধ প্ৰাচীন বিজ্ঞান। চৌম্বিক পদাৰ্থবোৰে উত্তৰা-দক্ষিণামূৰাকৈ মূৰ কৰিবলৈ প্ৰয়াস কৰে; সদৃশ চৌম্বিক মেৰুৱে বিকৰ্ষণ আৰু বিসদৃশ মেৰুৱে আকৰ্ষণ কৰে; এডাল দণ্ড-চুম্বকক দ্বিখণ্ডিত কৰিলে দুডাল সৰু চুম্বক হয়, এইবোৰ অতীজৰে পৰা জনা কথা আছিল। চৌম্বিক মেৰুক অকলশৰীয়া কৰিব নোৱাৰি।

(2) $\vec{m}$ দ্বিমেৰু ভ্ৰামকবিশিষ্ট দণ্ড-চুম্বক এডাল সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $\vec{B}$ ত প্ৰতিষ্ঠাপিত কৰিলে

(a) ইয়াৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বল শূন্য।

(b) ইয়াৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত টৰ্ক $\vec{m}\times\vec{B}$

(c) ইয়াৰ স্থিতি শক্তি $-\vec{m}.\vec{B}$, য'ত $\vec{m}$ আৰু $\vec{B}$ পৰস্পৰ লম্ব অৱস্থাত শক্তি থাকিলে শূন্য বুলি ধৰি লোৱা হৈছে।

(3) $\vec{m}$ চৌম্বিক ভ্ৰামক আৰু l দৈৰ্ঘ্যৰ দণ্ড-চুম্বক এডাল বিবেচনা কৰা। দণ্ড-চুম্বকৰ মধ্যবিন্দুৰ পৰা r দুৰত্বত, য'ত $r >> l$। ইয়াৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \vec{m}}{2\pi r^3} \quad \text{(অক্ষৰ দিশত)}$$

$$= \frac{\mu_0 \vec{m}}{2\pi r^3} \quad \text{(নিৰক্ষিক দিশত)}$$

(4) চুম্বকত্ব গাউছৰ সূত্ৰ অনুসৰি যিকোনো বন্ধ পৃষ্ঠৰ মাজৰে মুঠ চৌম্বিক ফ্লাক্স শূন্য

$$\phi_B = \sum_{\text{সকলো ক্ষেত্ৰখণ্ড } \Delta\vec{S}} \vec{B}.\Delta\vec{S} = O$$

(5) পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ভূকেন্দ্ৰত অৱস্থিত (কাল্পনিক) চৌম্বিক দ্বিমেৰুৰ ক্ষেত্ৰৰ সদৃশ। পৃথিৱী ভৌগোলিক উত্তৰ মেৰুৰ নিকটৱৰ্তী মেৰুক চৌম্বিক উত্তৰ মেৰু বুলি কোৱা হয়। একেদৰে ভৌগোলিক দক্ষিণ মেৰুৰ নিকটৱৰ্তী মেৰুক চৌম্বিক দক্ষিণ মেৰু বুলি কোৱা হয়। এই দ্বিমেৰুৱে পৃথিৱীৰ আৱৰ্তন অক্ষৰ সৈতে সৰু কোণ এটাত সংস্থাপিত হৈ থাকে। ভূপৃষ্ঠত ক্ষেত্ৰৰ মান $= 4\times10^{-5}$ T।

(6) ভূপৃষ্ঠত পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰখন নিৰ্দিষ্টকৈ বুজাবলৈ তিনিটা ৰাশিৰ প্ৰয়োজন-আনুভূমিক উপাংশ, চৌম্বিক চ্যুতি আৰু চৌম্বিক বিনতি। এইকেইটাক পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ উপাদান বুলি কোৱা হয়।

(7) বাহ্যিক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $\vec{B}_O$ ত সংস্থাপিত পদাৰ্থ এটুকুৰা বিবেচনা কৰা। চৌম্বিক প্ৰাবল্যৰ সংজ্ঞা হ'ল

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}_0}{\mu_0}$$

পদাৰ্থৰ চুম্বকায়ন $\vec{m}$ হ'ল তাৰ প্ৰতি একক আয়তনৰ দ্বিমেৰু ভ্ৰামক। পদাৰ্থৰ ভিতৰত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $\vec{B}$ হ'ল

$$\vec{B} = \mu_0(\vec{H}+\vec{M})$$

(8) ৰৈখিক পদাৰ্থৰ বাবে $\vec{M} = \chi\vec{H}$। গতিকে $\vec{B} = \mu\vec{H}$ আৰু χ ক পদাৰ্থৰ চৌম্বিক প্ৰৱণতা বুলি কোৱা হয়। তিনিটা ৰাশি, χ, আপেক্ষিক চৌম্বিক প্ৰৱেশ্যতা μ_r, আৰু চৌম্বিক প্ৰৱেশ্যতাৰ সম্বন্ধ হ'ল

$$\mu = \mu_o\,\mu_r$$

$$\mu_r = I + \chi$$

(9) চৌম্বিক পদাৰ্থবোৰক মোটামুটিভাৱে এনেদৰে শ্ৰেণীবিভক্ত কৰা হয়— অপচৌম্বক, অণুচৌম্বক আৰু লৌহচুম্বক। অপচৌম্বক পদাৰ্থৰ বাবে ই ধনাত্মক আৰু সৰু। লৌহচৌম্বক পদাৰ্থৰ χ ডাঙৰ আৰু $\vec{B}$ আৰু $\vec{H}$ ৰ অৰৈখিক সম্পৰ্ক সিহঁতৰ চাৰিত্ৰিক বৈশিষ্ট। সিহঁতে বিলম্বন ধৰ্ম প্ৰদৰ্শন কৰে।

(10) যিবোৰ পদাৰ্থই কোঠালীৰ উষ্ণতা দীঘলীয়া সময়ৰ বাবে লৌহচৌম্বক ধৰ্ম অক্ষুণ্ন ৰাখিব পাৰে সিহঁতক স্থায়ী চুম্বক বুলি কোৱা হয়।

ভৌতিক ৰাশি	চিহ্ন	প্ৰকৃতি	মাত্ৰা	একক	মন্তব্য
মুক্ত অঞ্চলৰ প্ৰৱেশ্যতা	μ_0	স্কেলাৰ	$[MLT^{-2}A^{-2}]$	TmA^{-1}	$\mu_{O/4\pi} = 10^{-7}$
চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ, চৌম্বিক আৱেশ (induction) চৌম্বিক ফ্লাক্স ঘনত্ব	$\vec{B}$	ভেক্টৰ	$[MT^{-2}A^{-1}]$	T (টেচ্‌লা)	10^4 (গাউছ) IT
চৌম্বিক ভ্ৰামক	$\vec{m}$	স্কেলাৰ	$[L^{-2}A]$	Am^2	
চৌম্বিক ফ্লাক্স	ϕ_B	স্কেলাৰ	$[ML^2T^{-2}A^{-1}]$	W (ৱেবাৰ)	$W = Tm^2$
চুম্বকায়ন	$\vec{M}$	ভেক্টৰ	$[L^{-1}A]$	Am^{-1}	চৌম্বিক ভ্ৰামক/ আয়তন
চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ প্ৰাব্যল্য	$\vec{H}$	ভেক্টৰ	$[L^{-1}A]$	Am^{-1}	$\vec{B} = \mu o(\vec{H}+\vec{M})$
চৌম্বিক প্ৰৱণতা	χ	স্কেলাৰ			$\vec{M} = \chi\vec{H}$
আপেক্ষিক চৌম্বিক					
প্ৰৱেশ্যতা	μ_r	স্কেলাৰ			$B = \mu_0\mu_r H$
চৌম্বিক প্ৰৱেশ্যতা	μ	স্কেলাৰ	$[MLT^{-2}A^{-2}]$	TmA^{-1} NA^2	$\mu = \mu_o\mu_r$ $\vec{B} = \mu\vec{H}$

মন কৰিবলগীয়া কথা

1. 1800 চনৰ পৰৱৰ্তী সময়ত চৌম্বিক পৰিঘটনাবোৰ গতিশীল আধান প্ৰৱাহৰ আধাৰত বুজিব পৰা হৈছিল। কিন্তু চুম্বকৰ দিশ প্ৰদৰ্শন ক্ষমতাৰ প্ৰয়োগাত্মক ব্যৱহাৰ, এই বৈজ্ঞানিক ব্যাখ্যাৰ তুলনাত দুহেজাৰ বছৰে পুৰণি। অৰ্থাৎ প্ৰযুক্তিগত প্ৰয়োগৰ বাবে বৈজ্ঞানিক ব্যাখ্যা বুজাটো এটা প্ৰয়োজনীয় চৰ্ত হ'ব নোৱাৰে। কিন্তু আদৰ্শ অৱস্থাত বিজ্ঞান আৰু প্ৰযুক্তিয়ে হাতত ধৰাধৰিকৈ আগবাঢ়ে আৰু প্ৰয়োজন সাপেক্ষে এটাই আনটোক বাট দেখুৱায় বা সহায়ৰ হাত আগবঢ়ায়।
2. চৌম্বিক একক মেৰুৰ অস্তিত্ব নাই। এটুকুৰা চুম্বক দ্বিখণ্ডিত কৰিলে দুটুকুৰা চুম্বক পোৱা যায়। আনহাতে, অকলশৰীয়া অৱস্থাত ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক আধানৰ অস্তিত্ব আছে। আধানৰ ক্ষুদ্ৰতম গোট হ'ল এটা ইলেক্ট্ৰনৰ আধান, যাৰ মান $|e| = 1.6 \times 10^{-19}$ C। আন যিকোনো আধান এই ক্ষুদ্ৰতম গোটৰ অখণ্ড গুণিতক। অন্যকথা কথাত, আধান কোৱাণ্টিত (quantized)। প্ৰকৃতিৰ চৌম্বিক একক মেৰুৰ কিয় অস্তিত্ব নাই আৰু আধানৰ প্ৰকৃতি কিয় কোৱাণ্টিত তাৰ সদুত্তৰ আমি এতিয়াও দিব পৰা হোৱা নাই।
3. চৌম্বিক একক মেৰুৰ অস্তিত্ব নথকাৰ এটা ফলশ্ৰুতি হ'ল এয়ে যে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ নিৰৱচ্ছিন্ন আৰু আৰু সিহঁতে বন্ধ কুণ্ডলীৰ ৰূপ লয়। ইয়াৰ বিপৰীতে স্থিতিবৈদ্যুতিক ৰেখাবোৰ ধনাত্মক আধানৰ পৰা ওলাই ঋণাত্মক আধানত শেষ হয়(অথবা অসীমত বিলীন হয়)।
4. পৃথিবীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ উৎপত্তিৰ কাৰণ ভুগৰ্ভস্থিত এডাল বিশাল দণ্ড-চুম্বক হ'ব নোৱাৰে। পৃথিবীৰ অন্তৰ ভাগ উত্তপ্ত আৰু গলিত অৱস্থাপ্ৰাপ্ত। সম্ভৱত এই অন্তৰ ভাগৰ পৰিচলনজাত (convective) প্ৰৱাহৰ বাবেহে পৃথিবীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ জন্ম হৈছে। ডাইনাম ক্ৰিয়াৰ (dynamo effect) বাবে এই প্ৰৱাহ ৰৰ্তি থাকে, আৰু কিয় পৃথিবীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰই প্ৰতি নিযুত বছৰৰ মূৰে মূৰে মেৰু ধৰ্ম (polarity) ওলোটায়, এইবোৰ প্ৰশ্নৰ উত্তৰ আমি এতিয়ালৈকে জানিব পৰা নাই।
5. চৌম্বিক প্ৰৱণতা χ ৰ মানৰ সামান্য প্ৰভেদেই অপচৌম্বক বা অণুচৌম্বক এই দুই পৃথক ধৰ্মৰ জন্ম দিয়ে। অপচৌম্বক পদাৰ্থৰ $\chi = -10^{-5}$ আৰু আনহাতে অণুচৌম্বক পদাৰ্থৰ $\chi = +10^{-5}$।
6. এবিধ নিখুঁত অপচুম্বক হ'ল অতিপৰিবাহী (Superconductor) অতিপৰিবাহী হ'ল অতি নিম্ন উষ্ণতাত থকা ধাতু। ইয়াৰ ক্ষেত্ৰত $\chi = -1, \mu_r = 0, \mu = 0$। ই বাহ্যিক চৌম্বক ক্ষেত্ৰক সম্পূৰ্ণভাৱে বহিষ্কাৰ কৰে। মন কৰিবলগীয়া যে এনে পদাৰ্থ নিখুঁত পৰিবাহীও। অৱশ্যে এই দুটা ধৰ্মৰ মাজত সম্পৰ্ক স্থাপন কৰিবলৈ কোনো ধ্ৰুপদী তত্ত্ব নাই। বাৰদীন (Bardeen), কুপাৰ (Cooper) আৰু শ্ৰিফাৰে (Shrieffre) যৌথভাৱে আগবঢ়োৱা কোৱাণ্টাম-বলবিজ্ঞানৰ তত্ত্ব এটাৰ আধাৰত এই পৰিঘটনাৰ ব্যাখ্যা দিব পাৰি। এই তত্ত্বক তত্ত্ব (BCS theory) বুলি কোৱা হয়। 1957 চনত BCS তত্ত্বৰ উত্থাপন কৰা হৈছিল আৰু 1970 চনত পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ ন'বেল পুৰস্কাৰেৰে ইয়াক স্বীকৃতি প্ৰদান কৰা হৈছিল।
7. চৌম্বক বিলম্বনক পদাৰ্থৰ স্থিতিস্থাপক (elastic) ধৰ্মৰ পৰা উদ্ভুত আচৰণৰ সৈতে ৰিজাব পাৰি। বিকৃতি (strain) প্ৰতিচাপৰ (Stress) ৰ সমানুপাতিক নহ'বও পাৰে ; ইয়াত H আৰু B (অথবা M) ৰৈখিকভাৱে সম্বন্ধযুক্ত নহয়। বিকৃতি প্ৰতিচাপ লেখে বিলম্বন প্ৰদৰ্শন কৰে আৰু ই পৰিৱেষ্টিত কৰা ক্ষেত্ৰফলে প্ৰতি একক আয়তনত অপচয় হোৱা শক্তি বুজায়। B-H বিলম্বন লেখক তদনুৰূপে ব্যাখ্যা কৰিব পাৰি।
8. অপচুম্বকত্ব বিশ্বজনীন। ই সকলো পদাৰ্থতে বিদ্যমান। কিন্তু ই দুৰ্বল আৰু পদাৰ্থৰ অণুচুম্বকত্ব অথবা লৌহচুম্বকত্ব ধৰ্ম থাকিলে সহজে দৃষ্টিগোচৰ নহয়। আমি পদাৰ্থক অপচৌম্বক, অণুচৌম্বক আৰু লৌহচৌম্বক এই তিনিটা শ্ৰেণীত বিভক্ত কৰিছো। অৱশ্যে চৌম্বিক পদাৰ্থৰ অতিৰিক্ত প্ৰকাৰ আছে। এইবোৰ হ'ল ফেৰিমেগ্নেট (ferrimagent), প্ৰতি-লৌহচুম্বক (antiferromagnet) স্পিন কাঁচ (spin glass) ইত্যাদি। ইহঁতৰ প্ৰকৃতি অভিনৱ আৰু ৰহস্যাবৃত।

অনুশীলনী

5.1 পৃথিৱীৰ চুম্বকত্ব সম্পৰ্কে নিম্নোক্ত প্ৰশ্নবোৰৰ উত্তৰ দিয়া ঃ

(a) ভেক্টৰ এটাৰ নিৰ্দিষ্ট কৰণৰ বাবে তিনিটা ৰাশিৰ প্ৰয়োজন। পৃথিৱীৰ চুম্বক ক্ষেত্ৰখনৰ নিৰ্দিষ্ট কৰণৰ বাবে পৰম্পৰাগতভাৱে ব্যৱহৃত স্বতন্ত্ৰ ৰাশি তিনিটাৰ নাম উল্লেখ কৰা।

(b) দক্ষিণ ভাৰতৰ কোনো এখন ঠাইৰ বিনতি কোণ প্ৰায় 18^0 । ব্ৰিটেইনত বিনতি কোণ তাতকৈ বেছি হ'ব নে কম হ'ব?

(c) অষ্ট্ৰেলিয়াৰ মেলবৰ্ণত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰৰ মানচিত্ৰ প্ৰস্তুত কৰিলে ৰেখাবোৰ ভূমিলৈ সোমাই যাব নে ভূমিৰ পৰা ওলাই আহিব?

(d) ঠিক ভূচৌম্বক উত্তৰ বা দক্ষিণ মেৰুত অৱস্থিত আৰু উলম্ব সমতলত মুক্তভাৱে লৰচৰ কৰিব পৰা কম্পাছ এটাই কোন দিশে মুৰ কৰি থাকিব?

(e) পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰখন মোটামুটিভাৱে পৃথিৱীৰ ভূকেন্দ্ৰত অৱস্থিত $B\times10^{22}\,JT^{-1}$ চৌম্বিক ভ্ৰামকবিশিষ্ট দ্বিমেৰু এটাৰ ক্ষেত্ৰৰ সমতুল্য বুলি দাবী কৰা হয়। কিবা উপায়েৰে এই সংখ্যাৰ মানৰ ক্ৰম (order of magnitude) ঠাৱৰ কৰা।

(f) ভূতত্ববিদসকলে দাবী কৰে যে মূল চৌম্বিক উ-দ (N-S) মেৰুৰ ওপৰিও ভূপৃষ্ঠত বিভিন্ন দিশৰ ফালে পোনাই থকা ভালেমান স্থানীয় মেৰুও আছে। ই কেনেকৈনো সম্ভৱ হ'ব পাৰে?

5.2 নিম্নোক্ত প্ৰশ্নবোৰৰ উত্তৰ দিয়া ঃ

(a) স্থানৰ সাপেক্ষে এটা বিন্দুৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ আন এটা বিন্দুৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰতকৈ বেলেগ। ই সময়ৰ সাপেক্ষও সলনি হয়নে? যদি হয়, তেন্তে কিমান সময়ৰ ব্যৱধানত ই গম ধৰিব পৰাকৈ সলনি হয়?

(b) পৃথিৱীৰ অন্তৰ ভাগত লো আছে বুলি গম পোৱা গৈছে। তথাপিও ভূতত্ববিদসকলে ইয়াক পৃথিৱীৰ চুম্বকত্বৰ উৎস বুলি মানি নলয়। কিয়?

(c) পৃথিৱীৰ অন্তঃস্থলৰ বহিৰ্ভাগত থকা পৰিবাহী অঞ্চলৰ আহিত প্ৰবাহবোৰকে পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ উৎস বুলি গণ্য কৰা হয়। এনে প্ৰবাহবোৰক বৰ্তাই ৰখা শক্তিৰ উৎস কি হ'ব পাৰে?

(d) পৃথিৱীৰ 4 ৰ পৰা 5 বিলিয়ন (Billion) বছৰৰ ইতিহাসত পৃথিৱীয়ে কেবাবাৰো ইয়াৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ ওলোটাইছে বুলি সন্দেহ কৰা হৈছে। সুদূৰ অতীতৰ পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ বিষয়ে ভূতত্ববিদসকলে কেনেকৈ জানিবলৈ সক্ষম হ'ল?

(e) অধিক দূৰত্বত (প্ৰায 30,000 cm তকৈয়ে অধিক) পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰখন তাৰ দ্বিমেৰু আকৃতিৰ পৰা বহু পৰিমাণে সলনি হয়। এই বিকৃতিৰ বাবে দায়ী কাৰক কি কি হ'ব পাৰে।

(f) আন্তঃনাক্ষত্ৰিক অঞ্চলৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $10^{-12}\,T$ ক্ৰমৰ অতিশয় নিশকতীয়া । এনে নিশকতীয়া ক্ষেত্ৰৰ কিবা উল্লেখযোগ্য গুৰুত্ব থাকিব পাৰেনে? ব্যাখ্যা কৰা।

(মন কৰা ঃ 5.2 অনুশীলনীৰ উদ্দেশ্য হ'ল তোমালোকৰ অনুসন্ধিৎসা জাগৰিত কৰা। ওপৰৰ কিছুমান প্ৰশ্নৰ উত্তৰ অনিশ্চিত বা অজ্ঞাত। শেষাংশত য'তেই সম্ভৱ তাতেই ছুটিকৈ উত্তৰ দিয়া হৈছে। বিশদ ব্যাখ্যাৰ বাবে তোমালোক ভূচুম্বকত্বৰ ওপৰত লিখিত ভাল পাঠ্যপুথি এখন অধ্যয়ন কৰিব পাৰা।

5.3 চুটি দণ্ড-চুম্বক এডাল 0.25T ৰ সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখনত এনেদৰে সংস্থাপিত হৈছে যাতে তাৰ অক্ষই চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ সৈতে 30^0 কোণ কৰে। ই অনুভৱ কৰা টৰ্কৰ মান $4.5\times10^{-2}\,N-m$ । চুম্বকডালৰ চৌম্বিক ভ্ৰামকৰ মান কিমান?

5.4 চৌম্বিক ভ্ৰামক $m = 0.32JT^{-1}$ ৰ চুটি দণ্ড-চুম্বক এডাল $0.15T$ ৰ সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখনত সংস্থাপিত হৈ আছে। যদি দণ্ডডাল ক্ষেত্ৰৰ সমতলত মুক্তভাৱে লৰ্‌চৰ্‌ কৰিবলৈ সক্ষম তেন্তে কোনটো দিক্‌ বিন্যাসে (a) সুস্থিৰ আৰু (b) অস্থিৰ সাম্য অৱস্থা বুজাব? প্ৰতিটো অৱস্থাত চুম্বকডালৰ স্থিতি শক্তি কি হ'ব?

5.5 800 টা পাকৰ আৰু $2.5\times10^{-4}m^2$ প্ৰস্থচ্ছেদৰ ঘনকৈ পকোৱা চলেনইড এটা মাজেৰে যোৱা প্ৰবাহ $3.0A$ । কোন দিশত চলেনইডটোৱে দণ্ড-চুম্বকৰ ভূমিকা ল'ব সেই দিশৰ ব্যাখ্যা দিয়া। সংশ্লিষ্ট চৌম্বিক ভ্ৰামক কিমান?

5.6 যদি 5.5 অনুশীলনীৰ চলেনইডটো উলম্ব দিশৰ সাপেক্ষে মুক্তভাৱে ঘূৰিবলৈ সক্ষম আৰু লগতে 0.25T সুষম আনুভূমিক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখন প্ৰয়োগ কৰা হয় তেন্তে প্ৰযুক্ত ক্ষেত্ৰৰ দিশৰ সৈতে তাৰ অক্ষই 30^0 কোণ কৰা অৱস্থাত চলেনইডটোৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰা টৰ্কৰ মান কিমান?

5.7 1.5 JT^{-1} চৌম্বিক ভ্ৰামকৰ দণ্ড-চুম্বক এডাল 0.22T ৰ সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখনৰ দিশত সংস্থাপিত হৈছে।

(a) চুম্বকডাল সমুচিত পৰিমাণে ঘূৰাই তাৰ চৌম্বক ভ্ৰামক (i) ক্ষেত্ৰৰ দিশৰ লম্বভাৱে , (ii) ক্ষেত্ৰৰ বিপৰীত দিশে প্ৰতিষ্ঠিত কৰিবলৈ হ'লে বাহ্যিক টৰ্কে সম্পন্ন কৰিবলগীয়া কাৰ্য্যৰ পৰিমাণ নিৰ্ণয় কৰা।

(b) (i) আৰু (ii) অৱস্থাত চুম্বকৰ ওপৰত ক্ৰিয়াশীল টৰ্ক কিমান?

5.8 2000 পাকৰ আৰু $1.6\times10^{-4}m^3$ প্ৰস্থচ্ছেদৰ ঘনকৈ পকোৱা চলেনইড এটাক আনুভূমিক সমতলত ঘূৰিব পৰাকৈ তাৰ কেন্দ্ৰৰ মাজেৰে ওলোমাই থোৱা হৈছে। চলেইনডৰ মাজেৰে যোৱা প্ৰৱাহৰ মান 4.0A ।

(a) চলেনইডৰ চৌম্বিক ভ্ৰামক কিমান?

(b) চলেনইডৰ অক্ষৰ সৈতে 30^0 কোণত সংস্থাপিত $7.5\times10^{-2}T$ ৰ সুষম আনুভূমিক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখনত চলেনইডটোৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বল আৰু টৰ্ক কিমান?

5.9 0.75 প্ৰবাহ কঢ়িওৱা 16 টা পাকৰ আৰু 10cm ব্যাসাৰ্দ্ধৰ বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলী এটা $5.0\times10^{-2}T$ মানৰ বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ এখনৰ লম্ব সমতলত স্থিতিশীল অৱস্থাত আছে। ক্ষেত্ৰৰ দিশৰ সৈতে লম্বভাৱে থকা সমতলত অৱস্থিত নিজ অক্ষৰ সাপেক্ষে কুণ্ডলীটোৱে বাধাহীনভাৱে ঘূৰিব পাৰে। কুণ্ডলীটো কিঞ্চিৎ পৰিমাণে ঘূৰাই এৰি দিলে ই নিজৰ সুস্থিৰ সাম্য অৱস্থাৰ সাপেক্ষে 2.05^{-1} কম্পনাংকেৰে দুলিবলৈ আৰম্ভ কৰে। তাৰ ঘূৰ্ণন অক্ষৰ সাপেক্ষে কুণ্ডলীৰ জড় ভ্ৰামক কিমান?

5.10 চৌম্বক মধ্যতলৰ সমান্তৰাল উলম্ব সমতল এখনত মুক্তভাৱে ঘূৰিবলৈ সক্ষম চৌম্বিক শলা এডালৰ উত্তৰ মূৰ আনুভূমিকৰ সৈতে 22^0 কোণত তললৈ মূৰ কৰি অৱস্থান কৰিছে। সেই স্থানৰ পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ আনুভূমিক উপাংশ 0.35 বুলি জানিব পৰা গৈছে। সেই স্থানত পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ আৰু মান ঠাঁৱৰ কৰা।

5.11 আফ্ৰিকাৰ কোনো এক ঠাইত কম্পাছে ভৌগোলিক উত্তৰৰ পৰা 12^0 পশ্চিমলৈ টোৱায়। চৌম্বিক মধ্যতলৰ সমতলত সংস্থাপিত বিনতি বৃত্ত এটাৰ চুম্বক শলাৰ উত্তৰ প্ৰান্তই আনুভূমিকৰ পৰা 60^0 ওপৰলৈ মূৰ কৰে। জোখমাখৰ দ্বাৰা পৃথিৱীৰ চৌম্বক ক্ষেত্ৰৰ আনুভূমিক উপাংশ 0.16G বুলি গম পোৱা গৈছে। সেই ঠাইত পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ আৰু মান ঠাঁৱৰ কৰা।

5.12 চুটি দণ্ড-চুম্বক এডালৰ চৌম্বিক ভ্ৰামক $0.48JT^{-1}$ । চুম্বকৰ কেন্দ্ৰৰ পৰা 10cm দূৰত্বত তাৰ (a) অক্ষৰ ওপৰত (b) নৈৰক্ষিক ৰেখাৰ (লম্ব দ্বিখণ্ডক) ওপৰত উৎপন্ন কৰা চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ আৰু মান নিৰ্ণয় কৰা।

5.13 আনুভূমিক সমতল এখনত সংস্থাপিত চুটি দণ্ড-চুম্বক এডালৰ অক্ষ চৌম্বক উত্তৰ-দক্ষিণ সৈতে মিলি আছে। চুম্বকৰ কেন্দ্ৰৰ পৰা 14cm দূৰত্বত চুম্বকৰ অক্ষৰ ওপৰত উদাসীন বিন্দু (null point) দুটা পোৱা গ'ল। সেই ঠাইত পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ 0.36G আৰু বিনতি কোণ শূন্য।

চুম্বকৰ লম্ব দ্বিখণ্ডকৰ ওপৰত চুম্বকৰ কেন্দ্ৰৰ পৰা উদাসীন বিন্দুৰ দূৰত্বৰ সম পৰিমাণৰ দূৰত্বত (অৰ্থাৎ 14cm) মুঠ চৌম্বক ক্ষেত্ৰ কিমান? (উদাসীন বিন্দুত চুম্বকৰ ক্ষেত্ৰখন পৃথিৱীৰ চৌম্বক ক্ষেত্ৰৰ আনুভূমিক উপাংশৰ সমান আৰু বিপৰীত)

5.14 5.13 অনুশীলনীৰ দণ্ড-চুম্বকডালক 180^0 ঘূৰালে, নতুন উদাসীন বিন্দুবোৰ ক'ত ক'ত অৱস্থিত হ'ব।

5.15 $5.25\times10^{-2}\,JT^{-1}$ চৌম্বিক ভ্ৰামকৰ চুটি দণ্ড-চুম্বক এডাল এনেদৰে সংস্থাপিত হ'ল যাতে তাৰ অক্ষ পৃথিৱীৰ চৌম্বক ক্ষেত্ৰৰ লম্ব দিশত প্ৰতিষ্ঠিত হয়। চুম্বকৰ কেন্দ্ৰৰ পৰা (a) ইয়াৰ লম্ব দ্বিখণ্ডকৰ দিশত, আৰু (b) ইয়াৰ অক্ষৰ দিশত কিমান দূৰত্বত লব্ধ ক্ষেত্ৰখন পৃথিৱীৰ ক্ষেত্ৰৰ সৈতে 45^0 ত হেলনীয়া হৈ থাকিব? সেই ঠাইত পৃথিৱীৰ ক্ষেত্ৰৰ মান 0.42G বুলি দিয়া আছে। সংশ্লিষ্ট দূৰত্বৰ তুলনাত চুম্বকৰ দৈৰ্ঘ্য নগণ্য বুলি ধৰিবা।

অতিৰিক্ত অনুশীলনী

5.16 নিম্নোক্ত প্ৰশ্নবোৰৰ উত্তৰ দিয়া ঃ

(a) শীতল কৰিলে অনুচৌম্বক পদাৰ্থই কিয় অধিক চুম্বকায়ন প্ৰদৰ্শন কৰে। (একে চুম্বকায়ক ক্ষেত্ৰৰ বাবে)?

(b) ইয়াৰ বিপৰীতে অপচুম্বকত্ব মোটামুটিভাৱে উষ্ণতা নিৰপেক্ষ। কিয়?

(c) টৰইড এটাৰ মজ্জা হিচাপে বিচ্‌মাথ (bismuth) ব্যৱহাৰ কৰিলে মজ্জাত উপলব্ধ হোৱা ক্ষেত্ৰখন ৰিক্ত মজ্জাৰ ক্ষেত্ৰৰ তুলনাত (কিঞ্চিৎ) বেছি অথবা (কিঞ্চিৎ) কম হ'ব নেকি?

(d) লৌহ চৌম্বক পদাৰ্থৰ প্ৰৱেশ্যতা চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে নেকি? যদি কৰে, তেন্তে ই সৰু নে ডাঙৰ ক্ষেত্ৰৰ বাবে বেছি হ'ব?

(e) চৌম্বিক ৰেখাবোৰ সদায় লৌহচুম্বকৰ পৃষ্ঠৰ প্ৰত্যেক বিন্দুতে পৃষ্ঠৰ মোটামুটিভাৱে লম্ব। (এই সত্যতা পৰিবাহীৰ প্ৰত্যেক বিন্দুত স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ লম্ব হোৱাৰ সদৃশ) কিয়?

(f) অনুচৌম্বক পদাৰ্থ এটুকুৰাৰ সম্ভৱপৰ সৰ্বোচ্চ চুম্বকায়নৰ মান লৌহ চৌম্বক পদাৰ্থৰ চুম্বকায়নৰ মানৰ সমক্ৰমৰ হ'ব পাৰেনে?

5.17 নিম্নোক্ত প্ৰশ্নবোৰৰ উত্তৰ দিয়া ঃ

(a) ডমেইন চিত্ৰৰ আধাৰত লৌহচুম্বকৰ চুম্বকায়ন লেখৰ অপৰিবৰ্তনীয় (irreversible) ধৰ্মৰ গুণগত ব্যাখ্যা আগবঢ়োৱা।

(b) কাৰ্বন তীখাৰ (carbon steel) তুলনাত কোমল লোৰ বিলম্বন কুণ্ডলীৰ ক্ষেত্ৰফল বহুপৰিমাণে সৰু। যদি দুয়োবিধ পদাৰ্থৰ টুকুৰাই বাৰম্বাৰ চুম্বকায়ন চক্ৰৰ মাজেৰে পাৰ হ'ব লগা হয় তেন্তে কোনবিধ টুকুৰাই বেছি তাপ অপচয় কৰিব?

(c) লৌহচুম্বকৰ দৰে বিলম্বন কুণ্ডলী প্ৰদৰ্শন কৰা প্ৰণালী এটা তথ্যৰ ভাণ্ডাৰৰূপে ব্যৱহাৰ হ'ব পাৰে। এই যুক্তিৰ সত্যতা প্ৰতিপন্ন কৰা।

(d) কেচেট প্লেয়াৰৰ (cassette player) চৌম্বিক ফিটা অনুলেপনৰ বাবে অথবা আধুনিক কম্পিউটাৰৰ স্মৃতি ভাণ্ডাৰ (memory store) সাজিবলৈ কেনে প্ৰকৃতিৰ লৌহচৌম্বক পদাৰ্থ ব্যৱহাৰ কৰা হয়?

(e) কোনো ঠাইৰ এটা বিশিষ্ট অঞ্চল চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰভাৱ পৰিব নোৱাৰাকৈ কিবাকৈ আগুৰিব লাগে। পদ্ধতি এটাৰ আভাস দিয়া।

5.18 দীঘল পোন শকত তাঁৰ এডালে পশ্চিমৰ 10^0 দক্ষিণৰ পৰা পূবৰ 10^0 উত্তৰলৈ 2.5A প্ৰৱাহ কঢ়িয়াইছে। সেই স্থানৰ চৌম্বিক মধ্যতল ভৌগোলিক মধ্যতলৰ সৈতে 10^0 পশ্চিম কোণত অৱস্থিত। তাত পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ, 0.33G আৰু বিনতি কোম শূন্য। উদাসীন বিন্দুবোৰৰ অৱস্থান নিৰ্ণয়

কৰা (তাঁৰডালৰবেধ নগণ্য বুলি ধাৰণা)। (উদাসীন বিন্দুত প্ৰৱাহ কঢ়িওৱা তাঁৰৰ বাবে উৎপন্ন চৌম্বক ক্ষেত্ৰ পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ অনুভূমিক উপাংশৰ সমান আৰু বিপৰীত)

5.19 কোনো এক স্থানত টেলিফ'নৰ কেব্‌ল (Cable) (সংগ্ৰথিত তাঁৰ) এডালত পূৱৰ পৰা পশ্চিমলৈ একে দিশত 1.0 A প্ৰৱাহ কঢ়িওৱা চাৰিডাল দীঘল পোন আনুভূমিক তাঁৰ আছে। সেই স্থানৰ পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ 0.39G আৰু বিনতি কোণ 35^0। চৌম্বিক চ্যুতি প্ৰায় শূন্য। কেব্‌ল ডালৰ তলত 4.0cm দূৰত্বত অৱস্থিত বিন্দুবোৰৰ লব্ধ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ কিমান?

5.20 কম্পাছ শলা এডাল 30 টা পাকৰ আৰু 12cm ব্যাসাৰ্দ্ধৰ বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলী এটাৰ কেন্দ্ৰত আনুভূমিক সমতলত মুক্তভাৱে লৰ্‌চৰ্ কৰিব পৰাকৈ সংস্থাপিত হৈছে। চৌম্বিক মধ্যতলৰ লগত 45^0 কোণত অৱস্থিত উলম্ব সমতলত কুণ্ডলীটো সংস্থাপিত। যেতিয়া কুণ্ডলীত প্ৰৱাহ 0.35A তেতিয়া শলাই পশ্চিমৰ পৰা পূবলৈ মূৰ কৰে।

(a) সেই স্থানৰ পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ আনুভূমিক উপাংশ নিৰ্ণয় কৰা।

(b) কুণ্ডলীৰ প্ৰৱাহ ওলোটা কৰা হ'ল, আৰু তাৰ উলম্ব অক্ষৰ সাপেক্ষে কুণ্ডলীটো ওপৰৰ পৰা চাই পঠোৱা অৱস্থাত ঘড়ীৰ কাঁটাৰ বিপৰীত দিশত 90^0 ঘূৰোৱা হ'ল। শলাৰ দিশ কি হ'ব? স্থানৰ চৌম্বিক চ্যুতি শূন্য বুলি ধৰিবা।

5.21 চৌম্বিক দ্বিমেৰু এটাৰ ওপৰত দুখন ক্ষেত্ৰ ক্ৰিয়াশীল হৈছে। ক্ষেত্ৰদুখনৰ মাজৰ দিকপাৰ্থক্য 60^0, আৰু তাৰে এখন ক্ষেত্ৰৰ মান $1.2\times10^{-12}T$। এই ক্ষেত্ৰখনৰ সৈতে 15^0 কোণ কৰা অৱস্থাত দ্বিমেৰুটোৱে সুস্থিৰ সাম্য অৱস্থাপ্ৰাপ্ত হ'লে, আনখন ক্ষেত্ৰৰ মান কিমান?

5.22 প্ৰাৰম্ভিক অৱস্থাত আনুভূমিক দিশত থকা একে শক্তিৰ (18 kev) ইলেক্ট্ৰনৰ কিৰণ এটা তাৰ প্ৰাৰম্ভিক দিশৰ লম্বভাৱে সংস্থাপিত 0.04G ৰ আনুভূমিক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰখনৰ দ্বাৰা প্ৰভাৱিত হৈছে। 30cm দূৰত্বৰ পৰিক্ৰমাত কিৰণৰ উৰ্দ্ধ বা নিম্ন দিশত বিচ্যুতি নিৰ্ণয় কৰা ($m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ kg)।
মন কৰা ঃ এই অনুশীলনীত ব্যৱহাৰ হোৱা তথ্যবোৰ এনেভাৱে লোৱা হৈছে যাতে ইয়াৰ উত্তৰটোৱে ইলেক্ট্ৰন গানৰ (electron gun) পৰা দূৰদৰ্শন যন্ত্ৰৰ পৰ্দালৈ ইলেক্ট্ৰন কিৰণৰ গতিৰ ওপৰত পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰভাৱৰ এটা আভাস দিব পাৰে।

5.23 অনুচৌম্বক লৱণৰ নমুনা এটাত গাই পতি $1.5\times10^{-23}JT^{-1}$ টা চৌম্বক ভ্ৰামক থকা 2.0×20^{24} টা পাৰমাণৱিক দ্বিমেৰু আছে। নমুনাটোক 0.64T ৰ সমধৰ্মী (Homogeneous) চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখন সংস্থাপিত কৰা হ'ল, আৰু 4.2K উষ্ণতালৈ শীতল কৰা হ'ল। প্ৰাপ্ত হোৱা চৌম্বিক পৰিগৰ্ভতাৰ মাত্ৰা হ'ল 15%। 0.98T চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ 2.8K আৰু উষ্ণতাৰ বাবে নমুনাটোৰ মুঠ দ্বিমেৰু ভ্ৰামক কিমান? (কুৰীৰ সূত্ৰ ব্যৱহাৰ কৰিবা)

5.24 15cm গড় ব্যাসাৰ্ধৰ ৰাউলেণ্ডৰ আঙুঠি (Rowland ring) এটাৰ 800 আপেক্ষিক প্ৰৱেশ্যতাৰ লৌহচৌম্বক মজ্জাত পকোৱা 3500 টা পাক আছে। 1.2A চুম্বকায়ক প্ৰৱাহৰ বাবে মজ্জাৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $\vec{B}$ নিৰ্ণয় কৰা।

5.25 কোৱাণ্টম তত্ব অনুসৰি ইলেক্ট্ৰনৰ স্পিন কৌণিক ভৰবেগ $\vec{S}$ আৰু কক্ষীয় কৌণিক ভৰবেগ $\vec{L}$ ৰ সৈতে জড়িত চৌম্বিক ভ্ৰামক ভেক্টৰ μ_s আৰু μ_l ৰ প্ৰকাশ ৰাশি দুটা হ'ল ক্ৰমে (পৰীক্ষাৰ দ্বাৰা সত্যাপন কৰা হৈছে)

$$\vec{\mu}_s = -\left(\frac{e}{m}\right)\vec{s}$$

$$\vec{\mu}_\ell = -\left(e/2m\right)\vec{\ell}$$

ইয়াৰে কোণটো সম্পৰ্কৰ সৈতে ধ্ৰুপদী পদ্ধতিৰ (Classical) প্ৰত্যাশিত ফলাফলৰ সৈতে মিল আছে? এই ধ্ৰুপদী ফলাফলটো নিৰ্ণয় কৰা পদ্ধতিৰটোৰ থূল-মূল আভাস দিয়া।