DAILY ASSAM

অধ্যায়-৮

বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগ

(ELECTROMAGNETIC WAVES)

8.1 আৰম্ভণি (Introduction)

আমি ইতিমধ্যে চতুৰ্থ অধ্যায়ত বিদ্যুত প্ৰবাহে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ সৃষ্টি কৰাৰ কথা আৰু দুই বিদ্যুতপ্ৰবাহী তাঁৰে ইটোৱে সিটোৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা চৌম্বিক বলৰ বিষয়ে শিকিলোঁ। পুনৰ ষষ্ঠ অধ্যায়ত দেখিলোঁ যে সময়ৰ সৈতে পৰিবৰ্তনশীল চুম্বক ক্ষেত্ৰই এখন বিদ্যুত ক্ষেত্ৰৰ সৃষ্টি কৰে। ইয়াৰ বিপৰীত প্ৰক্ৰিয়াটো বাৰু সত্যনে? অৰ্থাৎ সময়ৰ সৈতে পৰিবৰ্তনশীল বিদ্যুত ক্ষেত্ৰই এখন চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ সৃষ্টি কৰিব পাৰেনে? জেম্চ ক্লাৰ্ক মেক্সৱেলে (1831-1879) দেখুৱাইছিল যে এইটো প্ৰকৃতাৰ্থত বিদ্যুত প্ৰবাহৰ ক্ষেত্ৰতে নহয় সময়ৰ সৈতে পৰিবৰ্তনশীল বিদ্যুত ক্ষেত্ৰই এখন চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ও সৃষ্টি কৰিব পাৰে। মেক্সৱেলে সময়ৰ সৈতে পৰিবৰ্তিত প্ৰবাহ সংযোগী ধাৰকৰ এটা বহিঃ বিন্দুত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ পৰিমাণ ঠাৱৰ কৰিবলৈ এম্পিয়াৰৰ বৰ্তনী বিধি (Ampere's circuital law) প্ৰয়োগ কৰোঁতে বিধিটোৰ এক বিসঙ্গতি লক্ষ্য কৰে। এই বিসঙ্গতি আঁতৰাবলৈ তেওঁ সৰণ প্ৰবাহ (displacement current) নামেৰে আন এক অতিৰিক্ত প্ৰবাহৰ অৱস্থিতি (existence) সম্পৰ্কে আঙুলিয়াই দিয়ে।

মেক্সৱেলে বিদ্যুত আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ আৰু সেইবোৰৰ উৎসসমূহ, যেনে আধান আৰু প্ৰবাহ ঘনত্বসমূহ সামৰি এলানি সমীকৰণৰ উদ্ভাৱন কৰে। এই সমীকৰণসমূহকে মেক্সৱেলৰ সমীকৰণ বুলি কোৱা হয়। চতুৰ্থ অধ্যায়ত আলোচিত লৰেঞ্জ বলৰ ফৰমূলাৰ সৈতে এই সমীকৰণ সমূহে পৰিমাণাত্মকভাৱে বিদ্যুত চুম্বকীয় তত্ত্বৰ সকলো প্ৰাথমিক সূত্ৰ প্ৰকাশ কৰিব পাৰে।

মেক্সৱেলৰ সমীকৰণৰ পৰা উদ্ভৱ হোৱা আটাইতকৈ দৰকাৰী ভৱিষ্যত বাণী হ'ল বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ অৱস্থিতি। এই তৰংগসমূহ সময়ৰ সৈতে পৰিবৰ্তনশীল বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ হিচাবে মাধ্যমত অগ্ৰগামী হয়। মেক্সৱেলে সমীকৰণসমূহৰ পৰা নিৰ্ণয় কৰা বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ বেগ আলোকীয়

জেম্‌ছক্লাৰ্ক মে[illegible] (James Clerk Maxwell 18[illegible]1–1879) ঃ স্কটলেণ্ডৰ এজন [illegible]ৰ্থ বিজ্ঞানী আছিল। তেওঁ গেছৰ অণুৰ তাপীয় বেগৰ বণ্টন (distribution) নিৰ্ণয় কৰিছিল। সান্দ্ৰতা আদি কিছু পৰিমাপ্য (measurable) ৰাশিসমূহৰ পৰা আণৱিক প্ৰাচল (molecular parameters) সমূহৰ এক বিশ্বাসযোগ্য হিচাপ নিৰ্ধাৰণ কৰা কাৰ্যতো তেওঁ আছিল প্ৰথম। মেক্সৱেলৰ মহান সাফল্য আছিল বিদ্যুত আৰু চুম্বকত্বৰ সূত্ৰ সমূহৰ এককীকৰণ কৰা সমীকৰণ সমূহ। এই সমীকৰণসমূহৰ পৰাই তেওঁ পোহৰ এবিধ বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগ বুলি অতি দৰকাৰী সিদ্ধান্তটো ল'ব পাৰিছিল। লক্ষণীয়ভাৱে মেক্সৱেলে কিন্তু বিদ্যুতৰ কণিকা (particulate) প্ৰকৃতিৰ ধাৰণাটে[illegible] ফেৰাডেৰ বিদ্যুত বিশ্লেষণ সূত্ৰসমূহে শক্তিশালীভাৱে দিয়া ধাৰণা) সৈতে একমত নাছিল।

JAMES CLERK MAXWELL (1831–1879)

জোখ-মাখ পদ্ধতি (Optical Measurement) ৰ পৰা পোৱা পোহৰৰ বেগৰ (3×10^8 s/m) প্ৰায় সমান। ইয়েই পোহৰ এক বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগ বুলি উল্লেখযোগ্য সিদ্ধান্ত দিয়ে। এইদৰেই মেক্সৱেলৰ গৱেষণাই বিদ্যুত, চুম্বকত্ব আৰু পোহৰৰ প্ৰকৃতি একীকৰণ কৰে। বিজ্ঞানী হাৰ্টজে 1885 খ্ৰীষ্টাব্দত পৰীক্ষামূলকভাৱে বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ অৱস্থিতি প্ৰমাণ কৰি দেখুৱায়। মাৰ্কনি আৰু আন বিজ্ঞানীসকলে এই তৰংগৰ প্ৰযুক্তিমূলক ব্যৱহাৰ কৰি যোগাযোগ ক্ষেত্ৰখনলৈ এক অভূতপূৰ্ব পৰিৱৰ্তন আনে যিটো আমি আজি প্ৰত্যক্ষ কৰিবলৈ পাইছোঁ। এই অধ্যায়ত আমি প্ৰথমেই সৰণ প্ৰবাহৰ প্ৰয়োজনীয়তা আৰু ইয়াৰ পৰা হ'ব পৰা প্ৰভাৱ বিলাকৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিছোঁ। ইয়াৰ পাছত আমি বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ বিষয়ে এক বিস্তৃত বিৱৰণ তলত দাঙি ধৰিছোঁ। বিদ্যুত চুম্বকীয় বৰ্ণালীৰ এক বৃহৎ অংশ গামা (γ) ৰশ্মিৰ (তৰংগ দৈৰ্ঘ্য ~10^{-12}m)ৰ পৰা ৰেডিঅ' তৰংগ (তৰং দৈৰ্ঘ্য ~10^6 m) লৈ বৰ্ণনা কৰা হৈছে। দূৰ সংযোগ যোগাযোগৰ বাবে বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগসমূহ কেনেকৈ প্ৰেৰণ আৰু গ্ৰহণ কৰা হয় এই বিষয়ে 15 নং অধ্যায়ত আলোচনা কৰা হৈছে।

8.2 সৰণ প্ৰবাহ Displacement Current

আমি ইতিমধ্যে চতুৰ্থ অধ্যায়ত দেখিলোঁ যে বৈদ্যুতিক প্ৰবাহে ইয়াৰ চৌদিশে এখন চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ উৎপন্ন কৰে। মেক্সৱেলে যুক্তিৰ আধাৰত দেখুৱাই যে এখন পৰিৱৰ্তনীয় বিদ্যুত ক্ষেত্ৰয়ো নিশ্চয়কৈ এখন চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ উৎপন্ন কৰিব পাৰিব লাগিব। ইয়াৰ প্ৰভাৱ যথেষ্ট গুৰুত্বপূৰ্ণ কিয়নো ইয়েই ৰেডিঅ' তৰংগ, গামা ৰশ্মি আৰু দৃশ্যমান পোহৰৰ উপৰিও আন বিভিন্ন প্ৰকৃতিৰ বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ ব্যাখ্যা কৰিব পাৰে।

এখন পৰিৱৰ্তনশীল বিদ্যুত ক্ষেত্ৰই কেনেকৈ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ সৃষ্টি কৰে বুজিবলৈ এটা ধাৰক আহিত হোৱা প্ৰক্ৰিয়া বিবেচনা কৰা আৰু ইয়াত এম্পিয়াৰৰ বৰ্তনী বিধি (চতুৰ্থ অধ্যায়) প্ৰয়োগ কৰা।

$$\phi = \vec{B}.\vec{dl} = \mu_0 i(t) \qquad (8.1)$$

ধাৰকটোৰ কোনো এক বহিঃ বিন্দুত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ পৰিমাণ নিৰ্ণয় কৰা। চিত্ৰ 8.1(a) ত এটা সমান্তৰাল ফলি ধাৰক C, সময় নিৰ্ভৰশীল প্ৰবাহ $i(t)$ চালিত বৰ্তনীটোৰ এটা অংশ দেখুওৱা হৈছে। ধাৰকটোৰ বাহিৰৰ এক P বিন্দুত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ পৰিমাণ নিৰ্ণয় কৰিব লাগে। ইয়াৰ বাবে R ব্যাসাৰ্দ্ধৰ বৃত্তাকাৰ ফেৰ (cirular loop) এটা ধৰা যিটোৰ সমতলে প্ৰবাহ পৰিবাহী তাঁৰৰ সৈতে লম্বভাৱে অৱস্থান কৰে আৰু পৰিবাহী তাঁৰৰ সৈতে সমমিতীয়ভাৱে (symmetrically) থাকে। [চিত্ৰ 8.1(a)] সমমিতি (symmetry) ৰ পৰা দেখা যায় যে চুম্বক ক্ষেত্ৰখন বৃত্তীয় লুপৰ পৰিধিৰ দিশে থাকে। আৰু ইয়াৰ মান লুপৰ সকলো বিন্দুতে সমান হয়। চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মান B হ'লে (8.1) সমীকৰণৰ বাওঁফাল $B\ (2\pi\ r)$ হ'ব। সেই বাবে

$$B\ (2\pi r) = \mu_0 i\ (t) \qquad (8.2)$$

এতিয়া একেই পৰিসীমা সম্পন্ন আন এখন পৃষ্ঠৰ কথা ধৰা হওঁক এই পৃষ্ঠখন এটা পাত্ৰৰ পৃষ্ঠৰ দৰে [চিত্ৰ 8.1(b)] পৃষ্ঠখনে ক'তো প্ৰবাহ স্পৰ্শ

নকৰে। পাত্ৰৰ দৰে পৃষ্ঠখনৰ তলিখন ধাৰকৰ পাত দুখনৰ মাজত থাকে। ইয়াৰ মুখখন ওপৰত উল্লেখ কৰা বৃত্তাকাৰ ঘেৰটো (loop)। আন এখন তেনে পৃষ্ঠৰ আকৃতি হ'ল ঢাকোন নথকা টিফিন বক্স সদৃশ। [চিত্ৰ 8.1(c)] একেই পৰিসীমা (perimeter) বিশিষ্ট এই পৃষ্ঠসমূহত বৰ্তনী বিধি যেতিয়া প্ৰয়োগ কৰা হয়, তেতিয়া সমীকৰণ (8.1) ৰ বাওঁফালে কোনো ধৰণৰ পৰিবৰ্তন নহয়, কিন্তু সোঁফালে $\mu_0 i$ ৰ সলনি শূন্য হয়। যিহেতু চিত্ৰ 8.1(b) আৰু (c) পৃষ্ঠ সমূহৰ মাজেৰে প্ৰবাহ চালিত নহয়, গতিকে আমি এক বিতৰ্কত সোমাই পৰিলোঁ। এফালে আমি নিৰ্ণয় কৰিলোঁ P বিন্দুত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ পৰিমাণ আৰু আনফালে ঠাৱৰ কৰিলোঁ P বিন্দুত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ শূন্য।

যিহেতু এই বিতৰ্ক আহিছে এম্পিয়াৰক বৰ্তনী বিধি প্ৰয়োগৰ দ্বাৰা, বিধিটোত নিশ্চয়কৈ কিছু কথা বৈ গৈছে। অন্তৰ্ভুক্তি নোহোৱা ৰাশিটো এনে হ'ব লাগিব যে ইয়াৰ বাবে যিকোনো পৃষ্ঠভাগৰ বাবে P বিন্দু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ পৰিমাণ একেই হ'ব।

আমি প্ৰকৃতাৰ্থত 8.1(c) লৈ সুষমভাৱে পৰ্যবেক্ষণ কৰিলে সেই ৰাশিটো সম্বন্ধে অনুধাৱন কৰিব পাৰোঁ। ধাৰক পাত দুখনৰ মাজৰ ক্ষেত্ৰফল S ৰ মাজেৰে বাৰু কিবা পাৰ হৈ গৈছে নেকি? হয়, বিদ্যুত ক্ষেত্ৰখন। ধাৰকৰ পাত দুখনৰ প্ৰত্যেকৰে ক্ষেত্ৰফল A আৰু ইয়াত মুঠ Q পৰিমাণ আধান থাকিলে পাত দুখনৰ মাজত সৃষ্টি হোৱা বিদ্যুত ক্ষেত্ৰ **E** ৰ মান হয় $(Q/A)/\varepsilon_0$ (সমীকৰণ 2.41 চোৱা)। চিত্ৰ 8.1(c)ত দেখুৱা ধৰণে বিদ্যুত ক্ষেত্ৰখনৰ দিশ ক্ষেত্ৰফল S ৰ উলম্ব। A ক্ষেত্ৰফলৰ পাতৰ ওপৰৰ সকলোতে ইয়াৰ মান সমান আৰু বাহিৰত ই অন্তৰ্ধান হয়। সেয়েহে ক্ষেত্ৰফল S ৰ মাজেৰে পাৰ হৈ যোৱা বৈদ্যুতিক ফ্লাক্স Φ_E কি? গাউছ সূত্ৰ প্ৰয়োগ কৰি আমি পাওঁ

$$\Phi_E = \left|\vec{E}\right| A = \frac{1}{\varepsilon_0}\frac{Q}{A} = \frac{Q}{\varepsilon_0} \qquad (8.3)$$

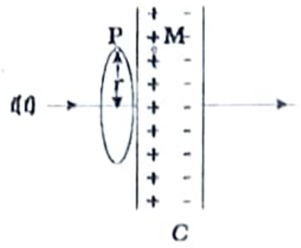
এতিয়া যদি ধাৰকৰ পাতত থকা Q আধান সময়ৰ সতে সলনি হয় তেন্তে ইয়াৰ বাবে উৎপন্ন হোৱা প্ৰবাহ হ'ব $i = (dQ/dt)$। সমীকৰণ (8.3) ব্যৱহাৰ কৰিলে আমি পাম

$$\frac{d\Phi_E}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{Q}{\varepsilon_0}\right) = \frac{1}{\varepsilon_0}\frac{dQ}{dt}$$

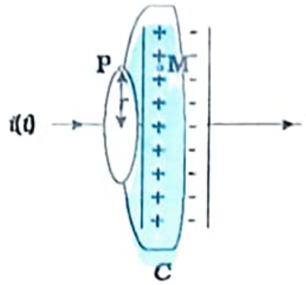
ই সূচায় যে

$$\varepsilon_0\left(\frac{d\Phi_E}{dt}\right) = i \qquad (8.4)$$

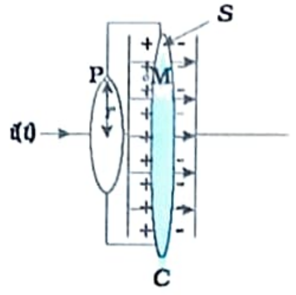
এইটোৱেই হ'ল এম্পিয়াৰৰ বৰ্তনী বিধিত অন্তৰ্ভুক্তি নোহোৱা ৰাশিটো। আমি যদি এই বিধিটো পৰিবাহীৰ পৃষ্ঠভাগেৰে যোৱা মুঠ প্ৰবাহৰ সৈতে পৃষ্ঠভাগত বিদ্যুত ফ্লাক্সৰ পৰিবৰ্তনৰ হাৰৰ ε_0 গুণ সংযোগ কৰি সাধাৰণীকৰণ (generalise) কৰোঁ তেন্তে সকলো পৃষ্ঠৰ বাবে সমুদায় প্ৰবাহ i অপৰিবৰ্তিত থাকিব। যদি এনেদৰে সংশোধন কৰা হয় তেন্তে সাধাৰণ এম্পিয়াৰ বৰ্তনী বিধি প্ৰয়োগ কৰি যিকোনো বিন্দুত B ৰ মান উলিওৱাত কোনো বিতৰ্ক নাথাকিব। গণনাৰ বাবে যি পৃষ্ঠই লোৱা নহওক কিয় P বিন্দুত B ৰ মান শূন্য নহয় (non-zero)। ধাৰকৰ পাতৰ বাহিৰ যিকোনো বিন্দু P ত [চিত্ৰ 8.1(a)] B ৰ মান পাতৰ ভিতৰৰ নিচেই ওচৰৰ বিন্দু M ত নিৰ্ণয় কৰা মানৰ সৈতে একে হয় আৰু একে হ'বও লাগে। পৰিবাহীৰ মাজেৰে আধান পৰিবহনৰ বাবে উৎপন্ন হোৱা প্ৰবাহক পৰিবহন প্ৰবাহ **(Conduction current)** বোলা হয়। সমীকৰণ (8.4) ত দেখুওৱা প্ৰবাহ এটা নতুন ৰাশি যি পৰিবৰ্তনীয় বিদ্যুত ক্ষেত্ৰৰ (অথবা বিদ্যুৎ সৰণ, এই পুৰণি ৰাশিটো এতিয়াও কেতিয়াবা ব্যৱহৃত হয়) বাবে সৃষ্টি হয়। সেইবাবে এই প্ৰবাহক **সৰণ প্ৰবাহ (displacement current)** বা মেক্সৱেলৰ সৰণ প্ৰবাহ বুলি কোৱা হয়। চিত্ৰ 8.2 ত ওপৰত আলোচনা কৰা সমান্তৰাল ফলি ধাৰকৰ ভিতৰৰ বিদ্যুত আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ দুখন দেখুওৱা হৈছে।



(a)

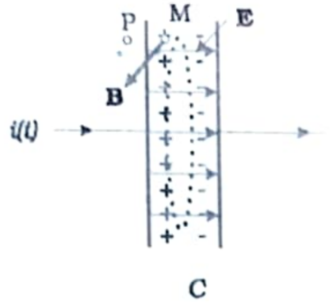


(b)

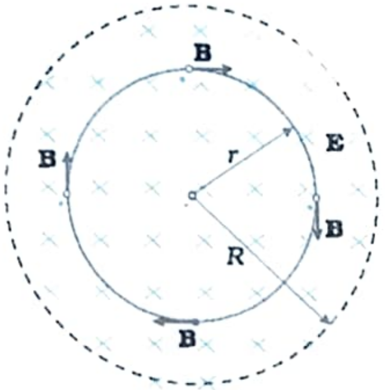


(c)

চিত্ৰ 8.1 এটা সমান্তৰাল ফলি ধাৰক C, যি এটা সময় নিৰ্ভৰশীল প্ৰবাহ $i(t)$ প্ৰবাহিত বৰ্তনীৰ এটা অংশ; (a) r ব্যাসাৰ্দ্ধৰ এটা ঘেৰ (loop) ৰ ওপৰত P বিন্দুত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ পৰিমাণ নিৰ্ণয়; (b) এটা পাত্ৰ আকাৰৰ পৃষ্ঠ (a)ত দেখুৱা ধৰণে ঘেৰৰ সৈতে, ধাৰকৰ পাত দুখনৰ অন্তঃভাগেৰে পাৰ হৈ গৈছে যিয়ে পৰিধি (rim) হিচাপে ব্যৱহৃত হৈছে; (c) এটা টিফিন আকাৰৰ পৃষ্ঠ য'ত বৃত্তাকাৰ ঘেৰ (circular loop) টো ইয়াৰ পৰিধি আৰু সমতল বৃত্তাকাৰ তলি (flat circular bottom) S ধাৰকৰ পাত দুখনৰ মাজত অৱস্থিত। কাড়চিহ্ন সমূহে পাত দুখনৰ মাজৰ সুষম (uniform) বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ নিৰ্দেশ কৰে।



(a)



(b)

চিত্ৰ 8.2 (a) ধাৰকৰ পাত দুখনৰ মাজৰ M বিন্দুত বিদ্যুত ক্ষেত্ৰ **E** আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ **B**, (b) চিত্ৰ (a) ৰ এক প্ৰচ্ছছেদীয় (Cross-sectional) ছবি।

মেক্সৱেলে সাধাৰণীকৰণ কৰোঁতে এনেদৰে উল্লেখ কৰিছিল ঃ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ উৎস কেৱল আধান পৰিবহনৰ ফলত সৃষ্টি হোৱা পৰিবহন বিদ্যুত প্ৰবাহেই নহয় ইয়াৰ উপৰিও সময়ৰ সৈতে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ পৰিবৰ্তনৰ হাৰৰ বাবেও হয়। ক'বলৈ হ'লে মুঠ প্ৰবাহ i, পৰিবহন প্ৰবাহ i_c আৰু সৰণ প্ৰবাহ i_d $(= \varepsilon_0\,(d\Phi_E/dt))$ ৰ যোগফল বুলি কোৱা হয়, সেয়েহে আমি পাওঁ

$$i = i_c + i_d = i_c + \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \qquad (8.5)$$

বিতংকৈ ক'বলৈ হ'লে ধাৰকৰ পাতৰ বাহিৰত আমি কেৱল পৰিবহন প্ৰবাহ পাওঁ ($i_c = i$), সৰণ প্ৰবাহ ($i_d = 0$) নাপাওঁ। আনহাতে ধাৰকৰ ভিতৰত পৰিবহণ প্ৰবাহ শূন্য $i_c = 0$, কেৱল সৰণ প্ৰবাহহে $i_d = i$ থাকে।

সাধাৰণ (আৰু শুদ্ধ) এম্পিয়াৰৰ বৰ্তনী বিধিৰ প্ৰকাশ ৰাশি সমীকৰণ (8.1) ত দেখুওৱাৰ দৰে একেই। মাত্ৰ এটি পাৰ্থক্য এই যে পৃষ্ঠ তলৰ মাজেৰে পাৰ হৈ যোৱা মুঠ প্ৰবাহ (বন্ধ ঘৰটো পৃষ্ঠখনৰ পৰিধি) পৰিবহন প্ৰবাহ আৰু সৰণ প্ৰবাহৰ যোগফল সমান। সাধাৰণ বিধিটো হ'ল—

$$\oint \vec{B}.\,d\vec{l} = \mu_0 i_c + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \qquad (8.6)$$

ইয়াকেই এম্পিয়াৰ-মেক্সৱেল সূত্ৰ বুলি কোৱা হয়।

সকলো ক্ষেত্ৰতে পৰিবহন প্ৰবাহৰ দৰে সৰণ প্ৰবাহৰো কিছুমান একেই ভৌতিক প্ৰভাৱ আছে। উদাহৰণ স্বৰূপে কিছুমান ক্ষেত্ৰত যেনে পৰিবাহী তাঁৰ এডালত সুস্থিৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ বাবে সৰণ প্ৰবাহ শূন্য হ'ব পাৰে যিহেতু সময় সাপেক্ষে বিদ্যুত ক্ষেত্ৰখন $\mathbf{E}$ পৰিবৰ্তনশীল নহয়। আন কিছুমান ক্ষেত্ৰত (যেনে ধাৰক আহিতকৰণৰ ক্ষেত্ৰত) পৰিবহন আৰু সৰণ প্ৰবাহ দুয়োটাই বিভিন্ন স্থানত থাকিব পাৰে। প্ৰায়বোৰ ক্ষেত্ৰতে দুয়োটা প্ৰবাহেই সহ-অৱস্থান কৰে। কিয়নো সম্পূৰ্ণ পৰিবাহী অথবা অপৰিবাহী মাধ্যম পোৱাটো কঠিন। মহাকাশৰ এক বৃহৎ অঞ্চলত পৰিবহন প্ৰবাহ নাই, কেৱল সৰণ প্ৰবাহহে আছে যি সময় সাপেক্ষে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ পৰিবৰ্তনৰ ফলত সৃষ্টি হয়। তেনেবোৰ অঞ্চলত আমি চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ অৱস্থিতিৰ উমান পাব পাৰোঁ যদিও তাৰ বাবে নিচেই ওচৰত কোনো প্ৰবাহ (পৰিবহন) উৎস নাথাকে। সৰণ প্ৰবাহৰ এই ভৱিষ্যত বাণী পৰীক্ষামূলকভাৱেও প্ৰমাণ কৰিব পাৰি। উদাহৰণ স্বৰূপে ধাৰকৰ পাত দুখনৰ মাজৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ (এক নিৰ্দিষ্ট বিন্দু M ত) উলিয়াব পাৰি। ইয়াৰ মান বাহিৰৰ নিচেই ওচৰৰ বিন্দু P ত নিৰ্ণয় কৰা মানৰ সমান।

সৰণ প্ৰবাহৰ কিছু সুদূৰপ্ৰসাৰী পৰিণতি আছে। আমি তৎক্ষণাত লক্ষ্য কৰিব পাৰোঁ যে বিদ্যুত আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰসমূহ এতিয়া আগতকৈ বেছি সমমিতীয় (symmetrical)*। ফেৰাডেৰ বিদ্যুত চুম্বকীয় আৱেশ সূত্ৰই কয় যে আৱিষ্ট বিদ্যুত চালক বল চৌম্বিক ফ্লাক্সৰ পৰিবৰ্তনৰ হাৰৰ সৈতে সমান। আমি জানো দুটা বিন্দু 1 আৰু 2 ৰ মাজৰ বিদ্যুত চালক বল (ই. এম. এফ.) হ'ল প্ৰতি একক আধান 1ৰ পৰা 2 লৈ আনোতে সম্পন্ন কৰা কাৰ্যৰ পৰিমাণ। ইয়াৰ পৰাই বুজা যায় বিদ্যুত চালক বল থকা মানে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰও থকা। সেয়েহে আমি ফেৰাডেৰ বিদ্যুত চুম্বকীয় আৱেশৰ সূত্ৰটো এনেদৰে ক'ব পাৰোঁ যে এখন সময় সাপেক্ষে পৰিবৰ্তন হোৱা চৌম্বিক ক্ষেত্ৰই এখন বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ স্থাপন কৰিব পাৰে। সময়ৰ সৈতে পৰিবৰ্তনশীল এখন বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰই এখন চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ স্থাপন কৰা কথাটো সমমিতিৰেই এটা অংশ। ইয়াৰ ফলতেই সৰণ-প্ৰবাহ চুম্বক ক্ষেত্ৰৰ উৎস হয়,

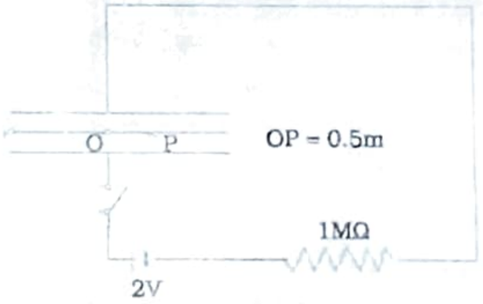
* অৱশ্যে সেইবোৰ সম্পূৰ্ণৰূপে সমমিতীয় নহয়। বৈদ্যুতিক আধান যেনেকৈ বিদ্যুত ক্ষেত্ৰৰ উৎস ঠিক তেনেকৈ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখনৰ বাবে (চৌম্বিক মন'পল) কোনো ধৰণৰ জ্ঞাত অনুৰূপ উৎস নাই।

সেই বাবে সময় নিৰ্ভৰশীল বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰই ইটোৱে সিটোৰ সৃষ্টি কৰে। ফেৰাডেৰ বিদ্যুত চুম্বকীয় আবেশ সূত্ৰ আৰু এম্পিয়াৰ-মেক্সৱেল সূত্ৰই পৰিমাণতগতভাৱে উপৰোক্ত বাক্যশাৰী প্ৰকাশ কৰিব পাৰে য'ত বিদ্যুত প্ৰবাহক সমীকৰণ (8.5) ৰ মুঠ প্ৰবাহ বুলি ধৰা হয়। এই সমমিতিৰ এটা অতি দৰকাৰী পৰিণতি হ'ল বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ উপস্থিতি যিটো আমি পিছৰ অনুচ্ছেদত আলোচনা কৰিম।

মেক্সৱেলৰ সমীকৰণসমূহ

1. $\oint \vec{E}.dA = Q/\varepsilon_0$ (স্থিতিবিদ্যুত গাউছৰ সূত্ৰ)
2. $\oint \vec{B}.dA = 0$ (চুম্বকত্বত গাউছৰ সূত্ৰ)
3. $\oint \vec{E}.dl = \frac{-d\Phi_B}{dt}$ (ফেৰাডেৰ সূত্ৰ)
4. $\oint \vec{B}.dl = \mu_0 i_c + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$ (এম্পিয়াৰ মেক্সৱেল সূত্ৰ)

উদাহৰণ 8.1 ঃ এটা সমান্তৰাল ফলি ধাৰকৰ বৃত্তাকাৰ পাতৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ 1 m আৰু ইয়াৰ ধাৰকত্ব 1 নেন ফেৰাড (nF)। ধাৰকটো আহিত্তকৰণৰ বাবে $t = 0$ সময়ত শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে $R = 1$ (MΩ) আৰু 2 (V) বেটাৰীৰ সৈতে এটা বৰ্তনীত সংযোগ কৰা হৈছে (চিত্ৰ 8.3)। $t = 10^{-3}$ ছেকেণ্ডৰ পাছত P বিন্দুত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ পৰিমাণ নিৰ্ণয় কৰা যদিহে বিন্দুটো ইয়াৰ কেন্দ্ৰ আৰু পৰিধিৰ (periphery) অৰ্দ্ধেক দূৰত্বত অৱস্থিত হয়। t সময়ত ধাৰকত নিহিত থকা আধানৰ পৰিমাণ হ'ল $q(t) = CV[1 - \exp(-t/\tau)]$, য'ত τ হ'ল সময় ধ্ৰুৱক আৰু CR ৰ সৈতে সমান।



চিত্ৰ 8.3

সমাধান ঃ CR বৰ্তনীৰ সময় ধ্ৰুৱক $\tau = CR = 10^{-3}$ s; আমি পাওঁ

$$q(t) = CV[1 - \exp(-t/\tau)]$$
$$= 2 \times 10^{-9}[1 - \exp(-t/10^{-3})]$$

t সময়ত পাত দুখনৰ মাজৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ

$$E = \frac{q(t)}{\varepsilon_0 A} = \frac{q}{\pi \varepsilon_0}; A = \pi (1)^2 \text{ m}^2 = \text{ফলিৰ কালি।}$$

এতিয়া পাত দুখনৰ সমান্তৰালকৈ এটা বৃত্তাকাৰ ঘেৰ (circular loop) লোৱা যাৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ (1/2) m আৰু ই P বিন্দুৰ মাজেৰে পাৰ হৈ যায়। ঘেৰটোৰ প্ৰতিটো বিন্দুত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ

উদাহৰণ 8.1

B ৰ মান সমান আৰু ই ঘেৰৰ দিশত।

মেৰটোৰ মাজেৰে পাৰ হৈ যোৱা ফ্লাক্স $\Phi_E = E \times$ ঘেৰটোৰ কালি

$$= E\times\pi\times\left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{\pi E}{4} = \frac{q}{4\varepsilon_0}$$

সৰণ প্ৰবাহ (t = 10^{-3} সময়ত)

$$i_d = \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} = \frac{1}{4}\frac{dq}{dt} = 0.5\times10^{-6}\exp(-1)$$

এতিয়া এম্পিয়াৰ মেক্সৱেল সূত্ৰ ঘেৰটোত প্ৰয়োগ কৰিলে, আমি পাম

$$B\times2\pi\times\left(\frac{1}{2}\right) = \mu_0\left(i_c + i_d\right) = \mu_0\left(0 + i_d\right) = 0.5\times10^{-6}\,\mu_0\exp(-1)$$

অথবা $B = 0.74 \times 10^{-13}$ T।

8.3 বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগ (Electromagnetic Waves)

8.3.1 বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ উৎসসমূহ (Sources of electromagnetic waves)

বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগসমূহ কেনেদৰে উৎপন্ন হয়? স্থিতিশীল (stationary) আধান বা সুষম (uniform) বেগ সম্পন্ন আধান (সুস্থিৰ প্ৰবাহ) কোনোটোৱেই বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ উৎস হ'ব নোৱাৰে। প্ৰথমবিধে স্থিতি বিদ্যুত ক্ষেত্ৰ উৎপন্ন কৰে আৰু দ্বিতীয় বিধে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ উৎপন্ন কৰে। সময়ৰ ব্যৱধানত এয়া সলনি নহয়। মেক্সৱেলৰ তত্ত্বৰ এটা দৰকাৰী ফলাফল এই যে ত্বড়িত আধানে বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ বিকীৰণ কৰিব পাৰে। এই প্ৰাথমিক ফলাফলৰ প্ৰমাণ অৱশ্যে এই কিতাপৰ আলোচনাৰ বাহিৰত, কিন্তু সাধাৰণ যুক্তিৰ আধাৰত আমি ইয়াক গ্ৰহণ কৰিব লাগিব। আধান এটাৰ দোলনৰ কথাকে ধৰা যাওক। নিৰ্দিষ্ট কম্পনাংকৰ সৈতে ই দোলন কৰি আছে (এটি দোলনশীল আধানেই হ'ল ত্বড়িত আধানৰ উদাহৰণ)। ই মাধ্যমত এখন দোলায়মান (oscillating) বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ উৎপন্ন কৰে। যিয়ে আন এখন দোলায়মান চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ উৎপন্ন কৰে আৰু এইদৰে উৎপন্ন চৌম্বিক ক্ষেত্ৰই পুনৰ দোলায়মান বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ উৎস হয়। এনেদৰেই উক্ত প্ৰক্ৰিয়াতো চলি থাকে অৰ্থাৎ দোলায়মান বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ পুনঃ পুনঃ ইটোৰ পৰা সিটোলৈ সৃষ্টি হৈ থাকে। এক কথাত এটা তৰংগ মাধ্যমৰ মাজেৰে সঞ্চালিত হয়। এইদৰে উৎপন্ন বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ কম্পনাংক দোলায়মান আধানৰ কম্পনাংকৰ সৈতে সমান। এই অগ্ৰগামী তৰংগৰ শক্তিৰ উৎস ত্বড়িত আধানৰ শক্তিৰ পৰা আহে।

ওপৰোক্ত আলোচনাৰ পৰা পোহৰ যে এবিধ বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগ সেই ভৱিষ্যত বাণীটো পৰীক্ষা কৰা প্ৰায় সহজ হৈ পৰিল। আমি এটা এচি বৰ্তনীৰ (ac circuit) কথা ভাবিব পাৰোঁ য'ত বৈদ্যুতিক প্ৰবাহে দৃশ্যমান পোহৰৰ (ধৰা, হালধীয়া পোহৰৰ) কম্পনাংক অনুসৰি দোলন কৰে। কিন্তু এয়া সম্ভৱ নহয়। হালধীয়া পোহৰৰ কম্পনাংক প্ৰায় 6×10^{14} হাৰ্টজ; কিন্তু আমি আধুনিক ইলেক্ট্ৰনিক বৰ্তনীৰ পৰা প্ৰায় 10^{11} হাৰ্টজহে পাব পাৰোঁ। সেই বাবে বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ পৰীক্ষামূলক প্ৰদৰ্শন কেৱল হাৰ্টজৰ পৰীক্ষাত (1887) দেখুওৱা ধৰণৰ নিম্ন কম্পনাংক অংশত (ৰেডিঅ' তৰংগ) কৰিব পৰা যায়।

মেক্সৱেলৰ তত্ত্বৰ হাৰ্টজে কৰা পৰীক্ষামূলক প্ৰমাণে বিজ্ঞানী মহলত আলোড়ন সৃষ্টি কৰে আৰু লগতে অধ্যয়নৰ নতুন দিশো মুকলি কৰে। এইখিনিতে দুটা অতি দৰকাৰী সাফল্যৰ বিষয়ে উল্লেখ কৰিব লাগিব সেয়া হ'ল বিজ্ঞানী হাৰ্টজৰ সাত বছৰৰ পাছত কলিকতাত (এতিয়া কলকাতা) গৱেষণা

পৰা জগদীশ চন্দ্ৰ বসুৱে চুটি তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ (25 mm ৰ পৰা 5 mm) বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগ উৎপন্ন কৰি পৰ্যবেক্ষণ কৰিবলৈ সক্ষম হয়। বিজ্ঞানী হাৰ্টজৰ দৰে তেওঁৰ পৰা পৰীক্ষাটো গৱেষণাগাৰতে সীমাবদ্ধ আছিল।

একে সময়তে ইটালীৰ গুগলেইলমো মাৰ্কনিয়ে হাৰ্টজৰ গৱেষণাৰ কাম-কাজবোৰ অনুসৰণ কৰি কেবা কিলোমিটাৰ দূৰলৈ বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগ পঠাবলৈ সক্ষম হৈছিল। বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ ব্যৱহাৰিক প্ৰয়োগ কৰি দূৰ সংযোগ ব্যৱস্থাৰ মাৰ্কনিৰ পৰীক্ষাই আৰম্ভণি বুলি স্বীকৃতি লভে।

8.3.2 বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ প্ৰকৃতি (Nature of electromagnetic waves)

মেক্সৱেলৰ সমীকৰণৰ পৰা দেখুৱাব পাৰি যে বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগত বিদ্যুত আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ পৰস্পৰ লম্বভাৱে থকাৰ উপৰিও তৰংগ সঞ্চালনৰ দিশৰ লগতো লম্বভাৱে থাকে। সৰণ প্ৰবাহ সম্বন্ধে আমি কৰা আলোচনা সমূহৰ পৰা যেন ইয়াৰ যথাৰ্থতা প্ৰতীয়মান হয়। চিত্ৰ 8.2 লৈ মন কৰা, ধাৰকৰ পাত দুখনৰ মাজৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন পাতৰ লম্ব দিশত থাকে। চৌম্বিক ক্ষেত্ৰখন যি সৰণ প্ৰবাহৰ যোগেদি স্থাপিত হয় তাৰ দিশ ধাৰক পাত দুখনৰ সমান্তৰালকৈ থকা বৃত্তৰ পৰিধিৰ দিশে হয়। সেইবাবে B আৰু E এই ক্ষেত্ৰত লম্ব। এইটোৱেই ইয়াৰ সাধাৰণ বৈশিষ্ট্য।

হেইনৰিখ ৰোডল্‌ফ হাৰ্টজ (Heinrich Rudolf Hertz,1857– 1894) ঃ জাৰ্মান বিজ্ঞানী, যিজনে প্ৰথমে ৰেডিঅ' তৰংগৰ সম্প্ৰচাৰ (broadcast) আৰু গ্ৰহণ কৰিবলৈ সক্ষম হৈছিল। তেওঁ বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগ উৎপাদন কৰি দূৰলৈ প্ৰেৰণ কৰিছিল আৰু সেইবোৰৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্য আৰু বেগো নিৰ্ণয় কৰিব পাৰিছিল। তেওঁ তৰংগবোৰৰ কম্পন (vibration), প্ৰতিফলন আৰু প্ৰতিসৰণ কৰি দেখুৱাইছিল যে সেইবোৰ পোহৰ আৰু তাপ তৰংগৰ দৰে একেই প্ৰকাৰৰ। এইদৰে তেওঁ তৰংগসমূহক প্ৰথমবাৰলৈ ইয়াৰ বৈশিষ্ট্যৰ সৈতে প্ৰতিষ্ঠা কৰিছিল। গেছৰ ডিচছাৰ্জ (discharge) সম্বন্ধে কৰা গৱেষণা কামতো তেওঁ অগ্ৰণী আছিল আৰু আলোক বিদ্যুত প্ৰক্ৰিয়াটো আৱিষ্কাৰ কৰিছিল।

HEINRICH RUDOLF HERTZ (1857–1894)

চিত্ৰ 8.4 ত আমি এটা সমতলীয় বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ উদাহৰণ দেখুৱাইছোঁ। তৰংগটো z অক্ষৰ দিশত সঞ্চালিত (ক্ষেত্ৰ দুখন t সময়ত z স্থানাংকৰ ফলন হিচাপে দেখুওৱা হৈছে) হৈছে। বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ E_x ৰ দিশ x অক্ষৰ দিশত। ই এক নিৰ্দিষ্ট সময়ত z অক্ষৰ সৈতে চাইনোচইডেলি (sinusoidally) সলনি হয়। চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ B_y ৰ দিশ y অক্ষৰ দিশত আৰু ইও z অক্ষৰ সৈতে চাইনোচইডেলি সলনি হয়। বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ E_x আৰু B_y পৰস্পৰ লম্ব আৰু তৰংগ সঞ্চালনৰ দিশ z অক্ষলৈ লম্ব। আমি E_x আৰু B_y ৰ প্ৰকাশ ৰাশি এনেদৰে দেখুৱাব পাৰোঁ।

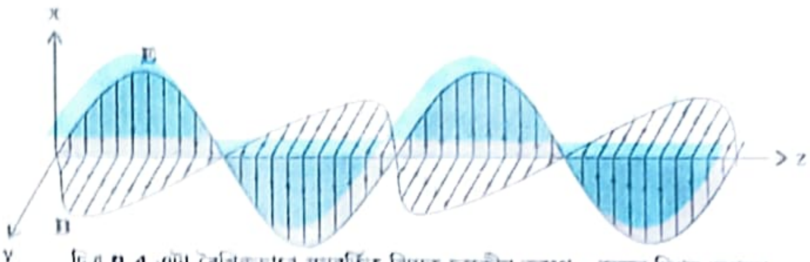
$$E_x = E_0 \sin (kz - \omega t) \qquad [8.7(a)]$$

$$B_y = B_0 \sin (kz - \omega t) \qquad [8.7(b)]$$

ইয়াত তৰংগটোৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্য λ ৰ সৈতে থকা k ৰ সাধাৰণ সম্বন্ধটো হ'ল—

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \qquad (8.8)$$

আৰু ω হ'ল কৌণিক কম্পনাংক। k হ'ল তৰংগ ভেক্টৰ (অথবা সঞ্চালন ভেক্টৰ) $\mathbf{k}$ ৰ মান আৰু ইয়াৰ দিশে তৰংগ সঞ্চালনৰ দিশ নিৰ্ণয় কৰে। তৰংগটোৰ সঞ্চালন বেগ (ω/k)। E_x আৰু B_y ৰ বাবে সমীকৰণ [8.7 (a) আৰু (b)] আৰু মেক্সৱেলৰ সমীকৰণসমূহ ব্যৱহাৰ কৰি নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি যে



চিত্ৰ 8.4 এটা ৰৈখিকভাৱে সমবৰ্তিত বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগ z অক্ষৰ দিশত অগ্ৰসৰ হৈছে, তৰংগটোত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ **E** ৰ দোলন x অক্ষৰ দিশত আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ **B** ৰ দোলন y অক্ষৰ দিশত।

$$\omega = ck,$$

$$\text{য'ত } c = 1/\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0} \qquad [8.9(a)]$$

$\omega = ck$ তৰংগটোৰ এটা সাধাৰণ সম্বন্ধ (উদাহৰণ স্বৰূপে একাদশ শ্ৰেণীৰ পদাৰ্থ বিজ্ঞান পাঠ্যপুথিৰ 15.4 অনুচ্ছেদ চোৱা)। এই সম্বন্ধটো প্ৰায়েই কম্পনাংক $\nu(=\omega/2\pi)$ আৰু তৰংগ দৈৰ্ঘ্য $\lambda(=2\pi/k)$ সাপেক্ষে লিখা হয়।

$$2\pi\nu = c\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) \quad \text{অথবা}$$

$$\nu\lambda = c \qquad [8.9(b)]$$

মেক্সৱেলৰ সমীকৰণসমূহৰ পৰা এইটোও দেখা যায় যে বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মানৰ সম্বন্ধটো এনে ধৰণৰ

$$B_0 = (E_0/c) \qquad (8.10)$$

আমি এতিয়া চুম্বকীয় তৰংগৰ কিছুমান বিশেষ বৈশিষ্ট্যবোৰ বিষয়ে মন্তব্য আগবঢ়াইছোঁ। তৰংগ হ'ল বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰই মুক্ত অথবা বায়ু শূন্য মাধ্যমত কৰি থকা এক অবিৰত দোলন। এই বিধ তৰংগ আমি এতিয়ালৈ পঢ়া আন তৰংগবোৰৰ পৰা পৃথক, কিয়নো ইয়াৰ বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দোলনৰ বাবে কোনো বস্তু মাধ্যমৰ প্ৰয়োজন নহয়। বায়ুত শব্দ তৰংগ সংকোচন আৰু অনুকৰণৰ দ্বাৰা সঞ্চালিত হোৱা এক অনুদৈৰ্ঘ্য তৰংগ। পানীৰ পৃষ্ঠভাগৰ অনুপ্ৰস্থ তৰংগত পানীৰ অণুবোৰ ওপৰ আৰু তললৈ গতি কৰে, যেতিয়া তৰংগটোৱে আনুভূমিক আৰু উলম্বভাৱে বিস্তাৰিত হৈ আগবাঢ়ে। স্থিতিস্থাপক অনুপ্ৰস্থ তৰংগ (শব্দ) বোৰেও দৃঢ় পদাৰ্থৰ মাজেৰে সঞ্চালিত হ'ব পাৰে। উনৈশ শতিকাৰ বিজ্ঞানী সকলে এই যান্ত্ৰিক ছবিখনৰ বহুল ব্যৱহাৰ কৰা বাবেই হয়তো তেওঁলোকে ভাবিছিল যে মহাকাশৰ বস্তু জগতকে ধৰি সকলোতে এক স্থিতি স্থাপক মাধ্যম বিস্তাৰিত হৈ আছে আৰু এই মাধ্যমে বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰকো সাঁচাৰি দিয়ে। তেওঁলোকে এই মাধ্যমক 'ইথাৰ' বুলি আখ্যা দিছিল। তেওঁলোক এই মাধ্যমটোৰ স্বৰূপ সম্বন্ধে ইমানেই বিশ্বাসী আছিল যে চাৰ আৰ্থাৰ কোনান ডায়ল (বিখ্যাত ৰহস্য অন্বেষণকাৰী 'চাৰলক্ হোমছ'ৰ স্ৰষ্টা) ৰচিত এখন উপন্যাস 'দি পয়জন বেল্ট'ত সৌৰ জগতখন বিযুক্ত এলেকা 'ইথাৰ'ৰ মাজেৰে পাৰ হৈ যোৱা বুলি ভবা হৈছিল। আমি এতিয়া জানো যে তেনে ধৰণৰ কোনো ভৌতিক মাধ্যমৰ প্ৰয়োজন নহয়। মাইকেলচন আৰু মৰ্লীয়ে (Michelson and Morley) 1887 খ্ৰীষ্টাব্দত কৰা সেই বিখ্যাত পৰীক্ষাটোৱে নিশ্চিতভাৱে ইথাৰ প্ৰকল্পটো নস্যাৎ কৰিলে। বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰই স্থান-কাল অনুসাৰে পৰস্পৰ দোলায়মান হৈ থাকি মহাশূন্যত অগ্ৰসৰ হয়।

কিন্তু যদিহে তাত বস্তু মাধ্যম এটা প্ৰকৃততে থাকে, তেন্তে কি হ'ব? আমি জানো পোহৰ এক বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগ আৰু ই উদাহৰণ স্বৰূপে কাঁচৰ মাজেৰেও সঞ্চালিত হয়। আমি পূৰ্বতে দেখিলো যে মাধ্যম এটাৰ ভিতৰত সমুদায় বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ বৰ্ণনা কৰিবলৈ পদাৰ্থৰ ভেদ্য ক্ষমতা (permittivity) ε আৰু চৌম্বিক প্ৰৱেশ্যতা (permeability) μ ৰ প্ৰয়োজন হয়। মেক্সৱেল সমীকৰণসমূহত বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ বৰ্ণনা দিবলৈ ইতিমধ্যে ব্যৱহৃত ε_0 আৰু μ_0 সলনি কৰি কোনো বস্তু মাধ্যমৰ (material medium) বাবে ভেদ্য ক্ষমতা ε আৰু প্ৰৱেশ্যতা μ লিখিলে সেই মাধ্যমত পোহৰৰ বেগ হ'ব,

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}} \qquad (8.11)$$

সেয়েহে পোহৰৰ বেগ মাধ্যমৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ ধৰ্মৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। আমি ইয়াৰ পাছৰ অধ্যায়ত দেখিম যে আন এটা মাধ্যম সাপেক্ষে এটা মাধ্যমৰ প্ৰতিসৰাংক দুয়োটা মাধ্যমতে পোহৰৰ বেগৰ অনুপাতৰ সমান হয়।

মুক্ত স্থান অথবা বায়ুশূন্য মাধ্যমত বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ বেগ এটা অতি দৰকাৰী প্ৰাথমিক ধ্ৰুৱক। বিভিন্ন তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগক লৈ কৰা পৰীক্ষাসমূহৰ পৰাও পোৱা গৈছে যে ইহঁতৰ বেগ প্ৰায় সমান (তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল নহয়) আৰু সেয়াও 3×10^8 m/s ৰ বিপৰীতে মাত্ৰ প্ৰতি

PHYSICS

Simulate propagation of electromagnetic waves
(i) [illegible]
(ii) [illegible]

ছেকেণ্ডত কেবা মিটাৰ মানৰ পাৰ্থক্য থাকে। বায়ুশূন্য স্থানত বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ বেগ যে এক ধ্ৰুৱক ৰাশি সেয়া পৰীক্ষা-নিৰীক্ষাসমূহে অতি শক্তিশালীৰূপে প্ৰতিষ্ঠা কৰিছে আৰু ইয়াৰ প্ৰকৃত মান এতিয়া সকলোৰে জ্ঞাত বাবে ইয়াক দৈৰ্ঘ্যৰ মানক (standard) হিচাপেও ব্যৱহাৰ হৈছে। 1 মিটাৰৰ সংজ্ঞা আমি এতিয়া এনেকৈও দিব পাৰোঁ যে বায়ুশূন্য স্থানত পোহৰ ৰশ্মিয়ে $(1/c) = (2.99792458 \times 10^8)^{-1}$ ছেকেণ্ডত অতিক্ৰম কৰা মুঠ দূৰত্ব। ইয়াৰ এটা অন্তৰ্নিহিত কাৰণো আছে। সময়ৰ প্ৰাথমিক একক (basic unit) ৰ সংজ্ঞা অতি শুদ্ধকৈ পাৰমাণৱিক কম্পনাংক (atomic frequency) অৰ্থাৎ এটা নিৰ্দিষ্ট প্ৰক্ৰিয়াত পৰমাণু এটাৰ পৰা নিৰ্গত পোহৰৰ কম্পনাংকৰ ভিত্তিত দিয়া হয়। কিন্তু দৈৰ্ঘ্যৰ প্ৰাথমিক এককৰ সংজ্ঞা শুদ্ধকৈ পোনচাটেই দিবলৈ কঠিন। পূৰ্বৰ দৈৰ্ঘ্যৰ একক (মিটাৰ ৰ'ড ইত্যাদি) ব্যৱহাৰ কৰি ঠাৱৰ কৰা c ৰ মান হয় প্ৰায় 2.9979246×10^8 m/s। যিহেতু c এটা ধ্ৰুৱ সংখ্যা, গতিকে দৈৰ্ঘ্যৰ এককৰ সংজ্ঞা c আৰু সময়ৰ এককৰ যোগেৰেও দিব পৰা যায়।

বিজ্ঞানী হাৰ্টজে অকল বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ অৱস্থিতিয়েই দেখুৱা নাছিল, তেওঁ পোহৰ তৰংগৰ দহ মিলিয়ন গুণ তৰংগ দৈৰ্ঘ্য বিশিষ্ট তৰংগৰ অপবৰ্তন, প্ৰতিসৰণ আৰু সমাবৰ্তন পৰিঘটনাবো প্ৰদৰ্শন কৰিছিল। এইদৰে তেওঁ বিকিৰণৰ তৰংগ প্ৰকৃতি নিঃসন্দেহে প্ৰতিষ্ঠা কৰে। পুনৰ তেওঁ স্থানু (stationary) বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগ উৎপন্ন কৰে আৰু তৰংগটোৰ দুটা অনুক্ৰমিক নিষ্কম্প (successive nodes) বিন্দুৰ মাজৰ দূৰত্বৰ পৰা ইয়াৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্য নিৰ্ণয় কৰে। যিহেতু তৰংগটোৰ কম্পনাংক জনা যায় (দোলায়কৰ (oscillator) কম্পনাংকৰ সৈতে সমান), হাৰ্টজে $v = \nu\lambda$ ফৰ্মুলা ব্যৱহাৰ কৰি দেখিলে যে ই পোহৰৰ বেগৰ সমান বেগেৰে সঞ্চালিত হয়।

বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগ সমবৰ্তিত হোৱা পৰিঘটনাটো অতি সহজে এটা সততে লৈ ফুৰাব পৰা পৰটেবল (Portable) AM ৰেডিঅ'ই বেটাৰ সম্প্ৰচাৰ কেন্দ্ৰলৈ জনোৱা সঁহাৰিৰ পৰাই জানিব পাৰি। AM ৰেডিঅ'টোৰ যদি এডাল টেলিস্কপিক (telescopic) এণ্টেনা থাকে, ই চিগনেল (signal) টোৰ বৈদ্যুতিক অংশটোলৈ সঁহাৰি দিয়ে; আৰু ইয়াক যদি আনুভূমিকভাৱে (horizontally) ঘূৰ্ণন কৰা হয়, চিগনেলটোৰ প্ৰাবল্য একেবাৰে কমি যায়। কিছুমান পৰটেবল ৰেডিঅ'ৰ আনুভূমিক এণ্টেনা সাধাৰণতে ৰেডিঅ'টোৰ খাপৰ ভিতৰতেই থাকে আৰু এনে এণ্টেনা বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ চুম্বকীয় উপাংশটোৰ প্ৰতি অতি সংবেদনশীল হয়। তেনে এটা ৰেডিঅ' চিগনেল গ্ৰহণৰ বাবে আনুভূমিক হৈ থাকিব লাগিব। তেনে ক্ষেত্ৰত ৰেডিঅ' সম্প্ৰচাৰ বা ষ্টেচন সাপেক্ষে ৰেডিঅ'টোৰ অৱস্থান (orientation) ৰ ওপৰত ইয়াৰ সঁহাৰি নিৰ্ভৰ কৰে।

বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগই আন তৰংগৰ দৰে শক্তি আৰু ভৰবেগ কঢ়িয়াব পাৰেনে? নিশ্চয় পাৰে। আমি ইতিমধ্যে দেখিছো যে E বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ থকা মুক্তস্থান এখনত শক্তিৰ ঘনত্ব $(\varepsilon_0 E^2/2)$ হয়। একেদৰে চতুৰ্থ অধ্যায়ত দেখা গৈছে যে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ B ৰ সৈতে চৌম্বিক শক্তি ঘনত্ব $(B^2/2\mu_0)$ জড়িত হৈ থাকে। বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগত যিহেতু বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ দুয়োটাই থাকে সেই বাবে ইয়াত জড়িত শক্তিৰ ঘনত্ব শূন্য হ'ব নোৱাৰে। এতিয়া বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ গতিৰ দিশৰ লম্বভাৱে এখন সমতলৰ কথা ধৰা (চিত্ৰ 8.4)। যদি এই তলখনত বৈদ্যুতিক আধান থাকে, তেন্তে তৰংগটোৰ বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰই আধানবোৰক গতি প্ৰদান কৰিব। এইদৰে আধানবোৰে তৰংগটোৰ পৰা শক্তি আৰু ভৰবেগ আহৰণ কৰে। ইয়াৰ দ্বাৰাই বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগই (আন তৰংগৰ দৰে) শক্তি আৰু ভৰবেগ কঢ়িওৱা সত্যতা প্ৰতীয়মান হয়। যিহেতু ই ভৰবেগ কঢ়িয়ায় গতিকে বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগই চাপো প্ৰয়োগ কৰিব পাৰে; যাক কোৱা হয় বিকিৰণ চাপ (radiation pressure)।

যদি t সময়ত কোনো বস্তুৰ পৃষ্ঠভাগলৈ স্থানান্তৰিত হোৱা মুঠ শক্তি U হয়, তেন্তে পৃষ্ঠ ভাগত প্ৰয়োগ হোৱা মুঠ ভৰবেগৰ মান হ'ব (সম্পূৰ্ণ শোষণৰ বাবে)

$$p = \frac{U}{c} \qquad (8.12)$$

সূৰ্যৰ পোহৰ যেতিয়া তোমাৰ হাতত পৰে, তেতিয়া তুমি বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ পৰা শোষিত শক্তিৰ অনুভৱ কৰা (তোমাৰ হাত দুখন গৰম হয়)। বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগই ভৰবেগো তোমাৰ হাতলৈ পৰিবহন কৰে, কিন্তু c ৰ মান অতি বেছি হোৱা বাবে ভৰবেগ অতিকৈ ক্ষুদ্ৰ হয় আৰু সেইবাবে তুমি চাপৰ প্ৰভাৱ অনুভৱ নকৰা।1903 চনত আমেৰিকা যুক্তৰাষ্ট্ৰৰ বিজ্ঞানী নিকলছ আৰু হালে (Nicols and Hull) দৃশ্যমান পোহৰৰ বিকিৰণ চাপ জুখিবলৈ সক্ষম হয় আৰু সমীকৰণ (8.12) প্ৰমাণ কৰে। এই চাপ 7×10^{-6} N/m^2 বুলি ঠাৱৰ কৰা হয়। সেয়েহে 10 cm^2 পৃষ্ঠকালিৰ এখন তলত বিকিৰণ চাপৰ বাবে প্ৰয়োগ হোৱা বল প্ৰায় 7×10^{-9} N।

বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ এটি অতি দৰকাৰী প্ৰযুক্তিমূলক উপাদান হ'ল ইয়াৰ এঠাইৰ পৰা আন ঠাইলৈ শক্তি স্থানান্তৰিত কৰিব পৰা সামৰ্থ্য। ৰেডিঅ' আৰু টিভি চিগনেলসমূহে সম্প্ৰচাৰ কেন্দ্ৰৰ পৰা শক্তি পৰিবহন কৰে। সূৰ্যৰ পৰা অহা পোহৰ ৰশ্মিৰ দ্বাৰাই পৃথিৱীয়ে শক্তি আহৰণ কৰে আৰু এই শক্তিয়েই পৃথিৱীত জীৱন সম্ভৱ কৰি তুলিছে।

DAILY ASSAM

উদাহৰণ 8.2

উদাহৰণ 8.2 25 মেগা হাৰ্টজ (MHz) বিশিষ্ট বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগই মুক্ত স্থানত x অক্ষৰ দিশে গতি কৰিছে। এক নিৰ্দিষ্ট স্থান আৰু সময়ত $\mathbf{E} = 6.3\ \hat{\mathbf{j}}$ V/m। সেই বিন্দুত **B** ৰ মান কি হ'ব?

সমাধান ঃ সমীকৰণ (8.10) ব্যৱহাৰ কৰিলে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ পাওঁ

$$B = \frac{E}{c}$$

$$= \frac{6.3\ \text{V/m}}{3\times10^8\ \text{m/s}} = 2.1\times10^{-8}\ \text{T}$$

দিশ নিৰ্ণয় বাবে দেখো **E** ৰ দিশ y অক্ষৰ ফালে আৰু তৰংগটো x অক্ষৰ দিশে অগ্ৰসৰ হৈছে। সেই বাবে **B** ৰ দিশ দুই অক্ষ x আৰু y ৰ লম্ব হ'ব। ভেক্টৰ গণিতৰ পৰা পাওঁ **E × B** ৰ দিশ x অক্ষৰ দিশত। যিহেতু $(+\hat{\mathbf{j}}) \times (+\hat{\mathbf{k}}) = \hat{\mathbf{i}}$, সেইবাবে **B** ৰ দিশ z অক্ষৰ ফালে হ'ব। সেয়ে
$\mathbf{B} = 2.1 \times 10^{-8}\ \hat{\mathbf{k}}$ T

উদাহৰণ 8.3

উদাহৰণ 8.3 ঃ সমতলীয় বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগ এটাৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰখনৰ মান
$B_y = 2 \times 10^{-7} \sin (0.5\times10^3 x + 1.5\times10^{11} t)$ T

(a) তৰংগটোৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্য আৰু কম্পনাংক কি?

(b) বিদ্যুত ক্ষেত্ৰখনৰ প্ৰকাশ ৰাশি লিখা।

সমাধান ঃ (a) ওপৰোক্ত সমীকৰণটো

$$B_y = B_0 \sin\left[2\pi\left(\frac{x}{\lambda} + \frac{t}{T}\right)\right]$$ ৰ সৈতে তুলনা কৰিলে পাওঁ

$$\lambda = \frac{2\pi}{0.5\times10^3}\ \text{মিটাৰ} = 1.26\ \text{cm}$$

আৰু $\frac{1}{T} = \nu = (1.5\times10^{11})/2\pi = 23.9$ GHz

(b) $E_0 = B_0 c = 2\times10^{-7}\ \text{T} \times 3 \times 10^8\ \text{m/s} = 6 \times 10^1$ V/m

বিদ্যুত ক্ষেত্ৰ উপাংশটো তৰংগ সঞ্চালনৰ দিশৰ লম্ব আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰো লম্ব। সেই বাবে বিদ্যুত ক্ষেত্ৰ উপাংশটো z অক্ষৰ ফালে পোৱা যায়

$E_z = 60 \sin (0.5 \times 10^3 x + 1.5 \times 10^{11} t)$ V/m

উদাহৰণ 8.4 ঃ এটা পোহৰ যাৰ শক্তি ঘনত্ব 18 W/cm^2, এখন প্ৰতিফলন কৰিব নোৱাৰা (non-reflecting) পৃষ্ঠত লম্বভাৱে আপতিত হৈছে। যদি পৃষ্ঠভাগৰ কালি 20 cm^2 হয়, তেন্তে 30 মিনিট সময়ৰ পাছত পৃষ্ঠটোত প্ৰয়োগ হোৱা গড় বলৰ পৰিমাণ উলিওৱা।

সমাধান ঃ পৃষ্ঠখনত পৰা মুঠ শক্তিৰ পৰিমাণ

$U = (18\ W/cm^2) \times (20\ cm^2) \times (30 \times 60)$

$= 6.48 \times 10^5\ J$

সেইবাবে মুঠ ভৰ বেগৰ প্ৰয়োগ (সম্পূৰ্ণ শোষণৰ বাবে)

$$p = \frac{U}{c} = \frac{6.48\times10^5\ J}{3\times10^8 m/s} = 2.16 \times 10^{-3}\ Kg\ m/s$$

পৃষ্ঠ ভাগত প্ৰয়োগ গড় বল হ'ব

$$F = \frac{p}{t} = \frac{2.16\times10^{-3}}{0.18\times10^{4}} = 1.2\times10^{-6}\ N$$

যদি পৃষ্ঠখন এখন উত্তম প্ৰতিফলক হয়, তেন্তে তোমাৰ উত্তৰটো কেনেদৰে সংশোধিত হ'ব?

উদাহৰণ 8.4

উদাহৰণ 8.5 ঃ এটা 100 W বাল্বে নিৰ্গত কৰা বিকিৰণৰ বাবে 3 m আঁতৰত বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ পৰিমাণ নিৰ্ণয় কৰা। ধৰা বাল্বটোৰ দক্ষতা 2.5% আৰু ই এক বিন্দুসম উৎস।

সমাধান ঃ বিন্দুসম উৎস বিবেচিত বাল্বটোৱে সকলো দিশতে সমভাৱে পোহৰ নিৰ্গত কৰে। 3 m দূৰত্বত ইয়াৰ গোলকীয় পৃষ্ঠকালি হয়

$A = 4\pi r^2 = 4\pi(3)^2 = 113\ m^2$

এই দূৰত্বত প্ৰাবল্য হয়

$$I = \frac{\text{ক্ষমতা}}{\text{কালি}} = \frac{100\ W\times2.5\%}{113\ m^2} = 0.022\ W/m^2$$

এই প্ৰাবল্যৰ অৰ্ধেক অংশ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰই আৰু আন অৰ্ধেক অংশ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰই প্ৰদান কৰে।

$$\frac{1}{2}I = \frac{1}{2}\left(\varepsilon_0 E^2_{rms} C\right)$$

$$= \frac{1}{2}(0.22\ W/m^2)$$

$$E_{rms} = \sqrt{\frac{0.022}{(8.85\times10^{-12})(3\times10^8)}}\ V/m$$

$$= 2.9\ V/m$$

ওপৰোক্ত E ৰ মান বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ গড় বৰ্গ মূলৰ মান। পোহৰ ৰশ্মিৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ যিহেতু চাইনছইডেল (sinusoidal) হয়, ইয়াৰ শীৰ্ষ মান E_0 হ'ব

$$E_0 = \sqrt{2}E_{rms} = \sqrt{2}\times2.9\ V/m$$

$$= 4.07\ V/m$$

সেয়ে তুমি লক্ষ্য কৰা, তুমি পঢ়িবলৈ ব্যৱহাৰ কৰা পোহৰৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ প্ৰাবল্য যথোচিতভাৱেই বেছি। TV বা FM তৰংগৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ প্ৰাবল্যৰ সৈতে তুলনা কৰা ... যে সেইবোৰ প্ৰতি মিটাৰ দূৰত্বত মাত্ৰ কেইবা মাইক্ৰ ভল্টৰ ...

উদাহৰণ 8.5

উদাহৰণ 8.5

এতিয়া চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰাবল্যৰ পৰিমাণ গণনা কৰিলে, আমি পাওঁ,

$$B_{rms} = \frac{E_{rms}}{c} = \frac{2.9 \ \mathrm{V\,m^{-1}}}{3\times10^{8}\,\mathrm{m\,s^{-1}}} = 9.6\times10^{-9}\ \mathrm{T}$$

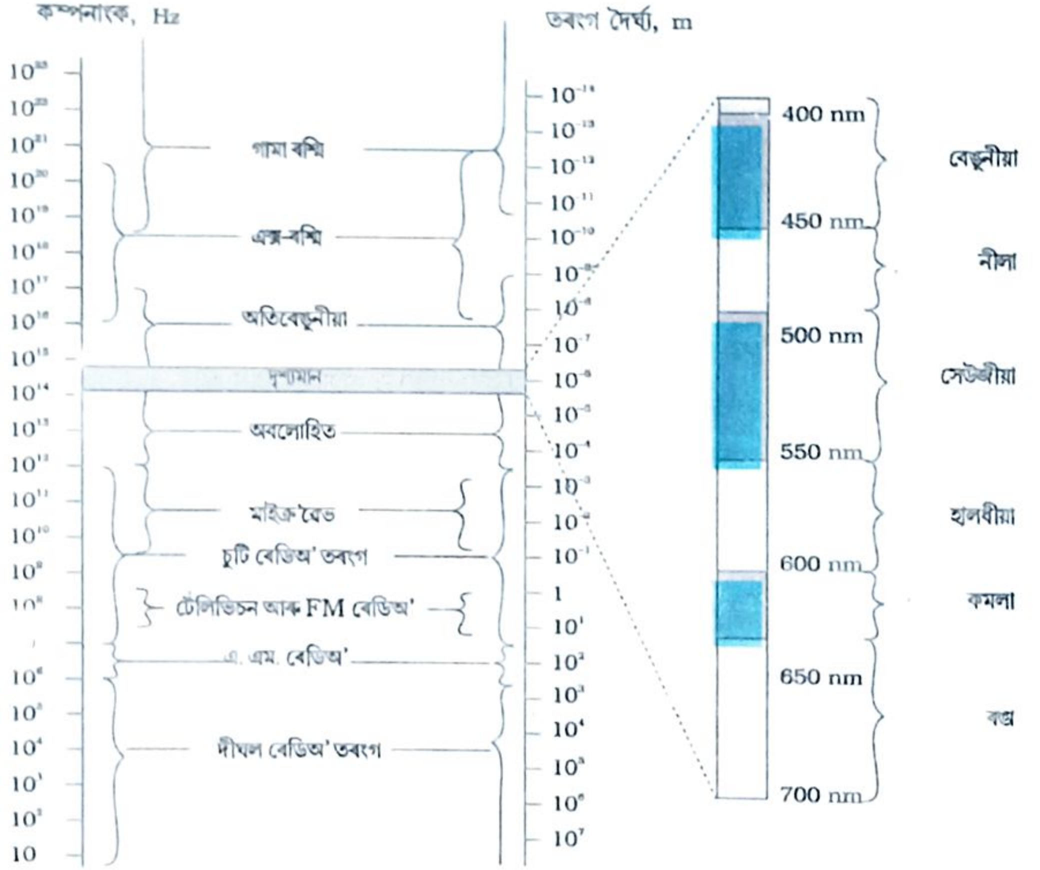
আকৌ যিহেতু পোহৰ ৰশ্মিৰ ক্ষেত্ৰখন চাইনছইডেল, চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ শীৰ্ষ মান হ'ব $B_0 = \sqrt{2}$ $B_{rms} = 1.4\times10^{-8}$ টেছলা। মন কৰা চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ শক্তি; বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ শক্তিৰ সমান হ'লেও, চৌম্বিক ক্ষেত্ৰখনৰ প্ৰাবল্য প্ৰকৃততে অতি দুৰ্বল।

8.4 বিদ্যুত চুম্বকীয় বৰ্ণালী (Electromagnetic Spectrum)

মেক্সৱেলে বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ অৱস্থিতিৰ কথা ভবিষ্যতবাণী কৰাৰ সময়ত কেৱল দৃশ্যমান পোহৰহে পৰিচিত তেনে তৰংগ আছিল। অতি বেঙুনীয়া আৰু অৱলোহিত তৰংগৰ অৱস্থিতিও প্ৰতিষ্ঠিত হৈছিলহে মাত্ৰ। ঊনৈশ শতিকাৰ শেষৰফালে ৰঞ্জন ৰশ্মি আৰু গামা ৰশ্মিৰ আৱিষ্কৃত হ'ল। আমি এতিয়া জানো যে বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগসমূহে দৃশ্যমান পোহৰ, ৰঞ্জন ৰশ্মি, গামা ৰশ্মি, ৰেডিঅ' তৰংগ, মাইক্ৰ' তৰংগ (microwaves), অতি বেঙুনীয়া আৰু অৱলোহিত ৰশ্মি সকলো সামৰি লয়। কম্পনাংকৰ ভিত্তিত বিদ্যুত চুম্বকীয় বৰ্ণালীৰ শ্ৰেণী বিভাগ কৰা হয় (চিত্ৰ 8.5)। এবিধ তৰংগ ঠিক পাছৰ আন এবিধ তৰংগৰ মাজত কোনো সুনিৰ্দিষ্ট স্পষ্ট বিভাজন নাই। তৰংগবোৰৰ উৎপন্ন আৰু/অথবা চিনাক্তকৰণৰ ভিত্তিতেই মুখ্যত শ্ৰেণীবিভাজন কৰা হৈছে। আমি বিভিন্ন প্ৰকাৰৰ বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ বিষয়ে চমুকৈ বৰ্ণনা কৰিম য'ত তৰংগ দৈৰ্ঘ্য একাদিক্ৰমে হ্ৰাস হৈছে।

Electromagnetic spectrum
http://www.fnal.gov/pub/inquiring/more/light
http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/science/

PHYSICS



চিত্ৰ 8.5 বিদ্যুত চুম্বকীয় বৰ্ণালী; বিভিন্ন অংশৰ সাধাৰণ নাম দিয়া হৈছে। এই অংশবোৰৰ মাজত কোনো স্পষ্ট পৰিসীমা নাই।

8.4.1 ৰেডিঅ' তৰংগ (Radio waves)

ৰেডিঅ' তৰংগবোৰ উৎপন্ন হয় পৰিবাহী তাঁৰৰ আধানবোৰৰ ত্বৰিত গতিৰ দ্বাৰা। এইবোৰ ৰেডিঅ' আৰু টেলিভিচন যোগাযোগৰ বাবে ব্যৱহাৰ হয়। এইবোৰ তৰংগ সাধাৰণতে 500 কিল' হাৰ্টজৰ পৰা 1000 মেগা হাৰ্টজ কম্পনাংকৰ পৰিসৰত থাকে। AM বিস্তাৰ কালত (amplitude modulated) পটিটো 530 কিল' হাৰ্টজৰ পৰা 1710 কিল' হাৰ্টজলৈ পোৱা যায়। চুটি তৰংগৰ (short waves) পটিৰ বাবে উচ্চ কম্পনাংক 54 মেগা হাৰ্টজলৈ ব্যৱহাৰ হয়। টিভি তৰংগ 54 মেগা হাৰ্টজৰ পৰা 890 মেগা হাৰ্টজৰ পৰিসৰত থাকে। FM (কম্পনাংক কালত) ৰেডিঅ' তৰংগবোৰ 88 মেগা হাৰ্টজৰ পৰা 108 মেগা হাৰ্টজলৈকে বিস্তৃত থাকে। চেলুলাৰ ফোন (Cellular phones) ত অতি উচ্চ কম্পনাংক (UHF) পটি ব্যৱহাৰ কৰা হয়। এই তৰংগসমূহ কেনেদৰে প্ৰেৰণ আৰু গ্ৰহণ কৰা সেই কথা 15 নং অধ্যায়ত বৰ্ণনা কৰা হৈছে।

8.4.2 মাইক্ৰ' তৰংগ বা সূক্ষ্ম তৰংগ (Microwaves)

মাইক্ৰ' তৰংগবোৰৰ (চুটি তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ ৰেডিঅ' তৰংগ) কম্পনাংক গিগা হাৰ্টজ (GHz) পৰিসৰত। এই তৰংগবোৰ কিছুমান বিশেষ বায়ু শূন্য টিউবৰ (ক্লাইষ্ট্ৰন, মেগনেট্ৰন আৰু গান ডায়ড) সহায়ত উৎপন্ন কৰা হয়। তৰংগ দৈৰ্ঘ্য চুটি হোৱা বাবে সেইবোৰ আকাশীযানৰ দিশ নিয়ন্ত্ৰণৰ (navigation) বাবে ব্যৱহৃত ৰাডাৰ প্ৰণালী (radar system) ৰ বাবে বিশেষভাৱে উপযোগী। স্পীড গান সমূহো (speed gun) ৰাডাৰৰ ধাৰণা ব্যৱহাৰ কৰি সজা হয়। এই গানবোৰ বেগীবল, টেনিছ ছাৰ্ভ আৰু মটৰ গাড়ীত সময় নিৰ্দ্ধাৰণত ব্যৱহাৰ হয়। মাইক্ৰ' তৰংগ বা মাইক্ৰ'ৱেভ ওভেন (microwave oven) বোৰ হ'ল এই তৰংগবিধৰ এটি ঘৰুৱা ব্যৱহাৰ। এইবোৰ ওভেনত কম্পনাংকটো এনেদৰে নিৰ্বাচন কৰা হয় যে ই পানীৰ অণুৰ কম্পনাংকৰ সৈতে অনুনাদৰ সৃষ্টি কৰে। ফলত তৰংগটোৰ শক্তি দক্ষতাৰে (efficiently) পানীৰ অণুৰ গতিশক্তিলৈ ৰূপান্তৰিত হয়। এইদৰেই পানী থকা খাদ্যবস্তুৰ উষ্ণতা বৃদ্ধি হয়।

মাইক্ৰৱেভ্ ওভেন

বিদ্যুত চুম্বকীয় বৰ্ণালীৰ এটা অংশ মাইক্ৰৱেভ (microwaves) বা মাইক্ৰ তৰংগ বুলি জনা যায়। এইবিধ তৰংগৰ কম্পনাংক আৰু শক্তি দৃশ্যমান পোহৰতকৈ কম কিন্তু তৰংগ দৈৰ্ঘ্য ইয়াতকৈ বেছি। মাইক্ৰৱেভ ওভেন এটাৰ মূল নীতি কি? ই কেনেকৈ কাম কৰে? আমাৰ মুখ্য উদ্দেশ্য হ'ল খাদ্যবস্তু ৰন্ধা আৰু ইয়াক গৰম কৰি ৰখা। ফলমূল, শাক-পাচলি, মাংস, খাদ্যশস্য ইত্যাদি সকলো খোৱাবস্তুত পানী এক উপাদন হিচাপে থাকে। আমি যেতিয়া কোনো এটা বস্তু গৰম হোৱা বুলি কওঁ, ই বাৰু কি অৰ্থ বহন কৰে? কোনো এটা বস্তুৰ উষ্ণতা বাঢ়িলে ই গৰম হয়। উচ্চ উষ্ণতাত ইয়াৰ অণু-পৰমাণুবোৰে লাভ কৰা বেছি শক্তিৰে হয় গতি কৰে নহয় দোলন অথবা ঘূৰ্ণন আৰম্ভ কৰে। পানীৰ অণুৰ ঘূৰ্ণন কম্পনাংক প্ৰায় 300 কোটি হাৰ্টজ অৰ্থাৎ 3 গিগা হাৰ্টজ (GHz)। পানীয়ে এই কম্পনাংক বিশিষ্ট মাইক্ৰ তৰংগ গ্ৰহণ কৰিলে, পানীৰ অণুবোৰে উক্ত বিকিৰণ শোষণ কৰে যি পানীৰ তাপ বৃদ্ধিৰ সমতুল্য হয়। অণুবোৰে এই শক্তি ওচৰৰ খাদ্যবস্তুৰ অণুবোৰকো দিয়ে আৰু এইদৰে খাদ্যবস্তুৰ উষ্ণতা বৃদ্ধি কৰি গৰম কৰে।

মাইক্ৰৱেভ ওভেনত ধাতুৰ পাত্ৰৰ সলনি পৰ্চেলিন পাত্ৰ (চীনামাটিৰ পাত্ৰ) ব্যৱহাৰ কৰা উচিত; কাৰণ বহু সময়ত পুঞ্জীভূত (accumulated) হোৱা বৈদ্যুতিক আধানবোৰৰ পৰা আঘাত (shock) পোৱাৰ ভয় থাকে। উষ্ণতাৰ বাবে ধাতু গলিবও পাৰে। কিন্তু পৰ্চেলিন পাত্ৰবোৰৰ কোনো ক্ষতি নহয় আৰু ঠাণ্ডা হৈ থাকে। পৰ্চেলিনৰ ডাঙৰ (large) অণুবোৰে অতি কম কম্পনাংকৰ সৈতে দোলন আৰু ঘূৰ্ণন কৰে, ফলত ই মাইক্ৰ তৰংগ শোষণ কৰিব নোৱাৰে আৰু গৰম নহয়।

সেইবাবে অভেনৰ ভিতৰত খোৱা বস্তু ৰখা ঠাইখিনিৰ বাবে নিৰ্দিষ্ট কম্পনযুক্ত মাইক্ৰ তৰংগৰ বিকিৰণৰ সৃষ্টি কৰাটোৱেই হ'ল মাইক্ৰ ওভেনৰ মূল নীতি। এনে কৰাৰ ফলত পাত্ৰৰ উষ্ণতা বৃদ্ধিত শক্তিৰ অপচয় নহয়। সাধাৰণ গৰম কৰা প্ৰক্ৰিয়াত বাৰ্নাৰ বা জুইৰ ওপৰত পাত্ৰটো প্ৰথমে গৰম হয়, আৰু তাৰ পাছত ইয়াৰ ভিতৰত থকা খাদ্যবস্তু গৰম হয়। ইয়াত শক্তি পাত্ৰৰ পৰা খাদ্যবস্তুলৈ স্থানান্তৰিত হৈ থাকে। আনহাতে মাইক্ৰৱেভ ওভেনত শক্তি পোনচাতেই পানীৰ অণুবোৰলৈ সঞ্চালিত হয় আৰু ওভেনত ৰখা গোটেই খাদ্যবস্তুলৈকে যায়।

8.4.3 অৱলোহিত তৰংগ (Infrared waves)

উষ্ণ বস্তু আৰু অণুবোৰে অৱলোহিত ৰশ্মি উৎপন্ন কৰে। এইবিধ তৰংগ দৃশ্যমান পোহৰ বৰ্ণালীৰ কম কম্পনাংক বা বেছি তৰংগ দৈৰ্ঘ্য পটিৰ কাষতে অৱস্থান কৰে। অৱলোহিত তৰংগবোৰক কেতিয়াবা তাপ তৰংগ বুলিও কোৱা হয়; কাৰণ বেছিভাগ বস্তুতেই থকা পানীৰ অণুবোৰে সততে অৱলোহিত তৰংগ শোষণ কৰে (আন ভিন্ন অণুসমূহেও (উদাহৰণ স্বৰূপে CO_2, NH_3) অৱলোহিত তৰংগ শোষণ কৰিব পাৰে)। শোষণৰ পাছত ইয়াৰ তাপীয় গতি বাঢ়ে আৰু ই উষ্ণ হোৱাৰ লগতে পাৰিপাৰ্শ্বিককো উষ্ণ কৰি তোলে। অৱলোহিত চাকিবোৰ (lamps) ফিজিকেল (Physical) থেৰাপী (therapy) ত ব্যৱহাৰ হয়। সেউজ গৃহ প্ৰভাৱ (Green house effect) ৰ যোগেৰে পৃথিৱীৰ গড় উষ্ণতা বা তাপ অক্ষুণ্ন ৰাখোতে অৱলোহিত তৰংগই এক দৰকাৰী ভূমিকা পালন কৰি আহিছে। সূৰ্যৰ পৰা অহা দৃশ্যমান পোহৰ (যিবোৰ বায়ু মণ্ডলৰ মাজেৰে অতি সহজে পাৰ হৈ আহে) পৃথিৱী পৃষ্ঠত শোষিত হয়, ফল স্বৰূপে অৱলোহিত (বেছি তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ) বিকিৰণ বিকিৰিত হয়। এই বিকিৰণ সমূহ গ্ৰীণ হাউছ গেছ যেনে কাৰ্বন-ডাই-অক্সাইড আৰু জলীয়ভাপে আবদ্ধ কৰি ৰাখে। অৱলোহিত সংসূচক (infrared detectors) বোৰ পৃথিৱীৰ কৃত্ৰিম উপগ্ৰহ সমূহত ব্যৱহৃত হয়। এইবোৰ মিলিটাৰী প্ৰয়োগৰ লগতে শস্যৰ ক্ৰমবৃদ্ধি পৰ্যবেক্ষণত ব্যৱহাৰ হয়। ইলেক্ট্ৰনিক যন্ত্ৰপাতিবোৰেও (উদাহৰণ স্বৰূপে পোহৰ নিৰ্গমন কৰা ডায়ডবোৰ) অৱলোহিত তৰংগ নিৰ্গমন কৰে। সেই বাবে ঘৰুৱা ইলেক্ট্ৰনিক উপকৰণ সমূহ যেনে, টি. ভি. চেট, ভি. ডি. অ' ৰেকৰ্ডাৰ আৰু হাই-ফাই চিষ্টেমবোৰত এই তৰংগ ৰিমট চুইচ হিচাপে অতি বিস্তৃতভাৱে ব্যৱহাৰ হয়।

8.4.4 দৃশ্যমান ৰশ্মি (Visible rays)

এইটোৱেই হ'ল বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ আটাইতকৈ চিনাকি ৰূপ। বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ এই অংশটো মানুহৰ চকুৱে চিনাক্ত কৰিব পাৰে। ইয়াৰ পৰিসৰ 4×10^{14} হাৰ্টজৰ পৰা প্ৰায় 7×10^{14} হাৰ্টজ অথবা তৰংগ দৈৰ্ঘ্য 700 – 400 (nm) অন্তৰালত। আমাৰ চাৰিওফালে থকা বস্তুসমূহে নিৰ্গত কৰা দৃশ্যমান পোহৰ বা ইহঁতক প্ৰতিফলিত কৰা পোহৰ প্ৰত্যক্ষ কৰিয়েই পৃথিৱী সম্বন্ধে আমি সাধাৰণ জ্ঞান আহৰণ কৰিছোঁ। আমাৰ চকু এই পৰিসৰৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ প্ৰতি সংবেদনশীল। প্ৰকৃতিৰ আন জীৱ-জন্তুও বিভিন্ন পৰিসৰৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ প্ৰতি সংবেদনশীল হোৱা দেখা যায়। উদাহৰণ স্বৰূপে সাপে অৱলোহিত তৰংগ চিনাক্ত কৰিব পাৰে। বহু কীট-পতংগই দৃশ্যমান পোহৰৰ বাদেও অতি বেঙুনীয়া ৰশ্মিৰ প্ৰতিও ইয়াৰ সংবেদনশীলতা বৃদ্ধি কৰে।

8.4.5 অতি বেঙুনীয়া ৰশ্মি (Ultraviolet rays)

এই প্ৰকাৰৰ ৰশ্মিৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্য 4×10^{-7} m (400 nm)ৰ পৰা 6×10^{-10} m (0.6 nm)ৰ পৰিসৰত থাকে। অতি উচ্চ উষ্ণতাত থকা বস্তু আৰু কিছুমান বিশেষ চাকি (Lamps) ৰ পৰা এই ৰশ্মি নিৰ্গত হয়। অতি বেঙুনীয়া ৰশ্মিৰ বাবে সূৰ্য হ'ল এটা মুখ্য উৎস। কিন্তু সৌভাগ্যক্ৰমে বায়ুমণ্ডলৰ 40 – 50 কিলোমিটাৰ উচ্চতাত থকা অ'জনস্ফিয়াৰে ইয়াৰ প্ৰায় সকলোখিনি শোষণ কৰে। বেছি পৰিমাণৰ UV (Ultraviolet) ৰশ্মিয়ে মানুহক ক্ষতি সাধন কৰে। অতি বেঙুনীয়া ৰশ্মি বিকিৰণত বেছিকৈ উন্মুক্ত হ'লে ই বেছি মেলানিন (melanin) তৈয়াৰ হোৱাত সহায় কৰে আৰু ছালৰ ক্ষতি কৰিব পাৰে। অতি বেঙুনীয়া ৰশ্মি সাধাৰণ কাঁচে শোষণ কৰে। সেইবাবে কাঁচৰ খিৰিকিৰ মাজেৰে অহা বিকিৰণে ৰৌদ্ৰদাহ (sunburn) কৰি ক্ষতি কৰিব নোৱাৰে। ৱেল্ডাৰ বা জ্বালাই কৰা লোক (welder) সকলে এক বিশেষ প্ৰকাৰৰ কাঁচৰ গগলচ্ (goggles) বা চশমা পিন্ধে; এইদৰে তেওঁলোকে জ্বালাইৰ স্ফুলিংগৰ পৰা নিৰ্গত অতি বেঙুনীয়া ৰশ্মিৰ পৰা নিজৰ চকু ৰক্ষা কৰিব পাৰে। চুটি তৰংগ দৈৰ্ঘ্য হেতু UV ৰশ্মিক অতি সূক্ষ্ম ঠেক ৰশ্মিলৈ ফকাছ কৰিব পাৰি। ফলত ইয়াক অতি উচ্চ মানদণ্ডৰ, যেনে LASIK (*Laser-assisted in situ keratomileusis*) চকুৰ শৈল্য-চিকিৎসাৰ বাবে ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰি। পানীৰ বীজাণু ধ্বংসৰ বাবে UV চাকি ব্যৱহাৰ কৰা হয়।

বায়ুমণ্ডলত থকা অজ'নস্ফিয়াৰে জীৱকুলৰ বাবে এটা ৰক্ষা কবচৰ দৰে ভূমিকা গ্ৰহণ কৰি আহিছে। কিন্তু বৰ্তমান ক্লৰ'ফ্ল'ৰ' কাৰ্বন (CFCs) গেছ যেনে ফ্ৰিয়ন (freon) আদিয়ে ইয়াৰ অৱক্ষয় (depletion) ঘটোৱাটো এক আন্তৰ্জাতিক চিন্তা কৰা বিষয় হৈ

8.4.6 এক্সৰে বা ৰঞ্জন ৰশ্মি (X-rays)

বিদ্যুত চুম্বকীয় বৰ্ণালীৰ অতিবেঙুনীয়া অংশৰ পাছতেই ৰঞ্জন ৰশ্মি অৱস্থিত। চিকিৎসা বিজ্ঞানত ইয়াৰ ব্যৱহাৰ আমাৰ অতিকৈ চিনাকী। ইয়াৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ পৰিসৰ 10^{-8} m (10 নেনমিটাৰ) লৈ বিস্তাৰিত। সাধাৰণতে অতি বেগী ইলেক্ট্ৰনৰ সোঁত হঠাতে ধাতুৰ লক্ষ্যস্থানত আঘাত কৰি ৰঞ্জন ৰশ্মি উৎপাদন কৰা হয়। চিকিৎসা বিজ্ঞানত ইয়াক এটা ৰোগ নিৰ্ণায়ক (diagnostic) আহিলা আৰু বিশেষকৈ কিছুমান কেন্সাৰৰ চিকিৎসাৰ বাবে ব্যৱহাৰ কৰা হয়। যিহেতু ৰঞ্জন ৰশ্মিয়ে জীৱন্ত কোষ আৰু অংগ প্ৰত্যংগবোৰৰ ক্ষতিসাধন কৰিব পাৰে সেয়েহে অপ্ৰয়োজনীয় বা ইয়াৰ অতি বেছি ব্যৱহাৰ সদায় এৰাই চলা হয়।

8.4.7 গামা ৰশ্মি (Gamma rays)

এই ৰশ্মি বিদ্যুত চুম্বকীয় বৰ্ণালীৰ উচ্চ কম্পনাংক পৰিসৰত অৱস্থিত আৰু ইয়াৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্য প্ৰায় 10^{-10} m মিটাৰৰ পৰা 10^{-14} mৰ কম হয়। নিউক্লীয় বিক্ৰিয়া (nuclear reactions) আৰু কিছুমান তেজস্ক্ৰিয় নিউক্লীয়াছৰ (radioactive nuclei) পৰা উচ্চ কম্পনাংক বিশিষ্ট গামা ৰশ্মি নিৰ্গত হয়। এইবিধ ৰশ্মি কেন্সাৰ কোষ ধ্বংসৰ বাবে ব্যৱহাৰ কৰা হয়।

তালিকা 8.1 ত বিভিন্ন প্ৰকাৰৰ বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগ, ইয়াৰ উৎপাদন (production) আৰু নিৰূপণ (detections) দেখুৱা হৈছে। পূৰ্বতে উল্লেখ কৰাৰ দৰে বিভিন্ন অংশৰ মাজত কোনো স্পষ্ট বিভাজন নাই, বৰঞ্চ অধিলেপনহে হয়।

DAILY ASSAM

টেবুল 8.1 বিভিন্ন শ্ৰেণীৰ বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগ

শ্ৰেণী	তৰংগ দৈৰ্ঘ্য পৰিসৰ	উৎপাদন	নিৰূপণ
ৰেডিঅ'	> 0.1m	এৰিয়েলত ইলেক্ট্ৰন সমূহৰ সঘন ত্বৰণ আৰু মন্থৰণ	গ্ৰাহক এৰিয়েল
মাইক্ৰ তৰংগ	0.1 m – 1m	ক্লাইষ্ট্ৰন ভাল্‌ভ অথবা মেগনেট্ৰন ভালভ্	থাৰ্মপাইল, বলোমিটাৰ বিন্দু সংযোগী ডায়ড
অৱলোহিত ৰশ্মি	1mm– 700 nm	অণু-পৰমাণুৰ দোলন গতি	অৱলোহিত ফটোগ্ৰাফিক ফিল্ম
পোহৰ ৰশ্মি	700 nm ৰ পৰা 400 nm	পৰমাণুত থকা ইলেক্ট্ৰনে এটা শক্তি স্তৰৰ পৰা নিম্ন শক্তিৰ স্তৰলৈ গতি কৰোঁতে নিৰ্গত কৰা পোহৰ।	চকু, ফটোচেল ফটোগ্ৰাফিক ফিল্ম
অতি বেঙুনীয়া ৰশ্মি	400 nmৰ পৰা 1 nm	পৰমাণুত থকা আন্তঃ কক্ষৰ ইলেক্ট্ৰন এটা শক্তি স্তৰৰ পৰা আন নিম্ন স্তৰলৈ আহোতে নিৰ্গত কৰা তৰংগ।	ফটো চেল ফটো গ্ৰাফিক ফিল্ম
ৰঞ্জন ৰশ্মি	1 nm ৰ পৰা 10^{-3} nm	ৰঞ্জন ৰশ্মি টিউব, বা আন্তঃ কক্ষৰ ইলেক্ট্ৰন	ফটো গ্ৰাফিক ফিল্ম, গাইগাৰ টিউব, আয়নীকৰণ চেম্বাৰ
গামা ৰশ্মি	$<10^{-3}$ nm	পৰমাণুৰ নিউক্লিয়াছৰ তেজস্ক্ৰিয় বিভংগন	ঐ

সাৰাংশ

1. মেক্সৱেলে এম্পিয়াৰৰ সূত্ৰটোত এটা বিসংগতি ধৰা পৰে আৰু এক অতিৰিক্ত প্ৰবাহ— সৰণ প্ৰবাহৰ অৱস্থিতিৰ বিষয়ে উনুকিয়ায় আৰু এইদৰে সেই বিসংগতি আঁতৰ কৰে। সময়ৰ সৈতে পৰিবৰ্তিত বিদ্যুত ক্ষেত্ৰ এখনৰ বাবে উৎপন্ন হোৱা সৰণ-প্ৰবাহ হ'ল

$$i_d = \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

ই চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখনৰ উৎস হিচাপে কাম কৰে, ঠিক যিদৰে পৰিবহন প্ৰবাহে কৰে।

2. এটা ত্বৰিত আধানে বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ উৎপাদন কৰিব পাৰে। এটা বিদ্যুত আধানে ν কম্পনাংকৰ সৈতে পৰ্যাবৃত্তভাৱে দোলন কৰিলে ই একেই ν কম্পনাংকৰ বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ উৎপাদন কৰে। এটি বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰু (electric dipole) বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ বাবে এটা প্ৰাথমিক উৎস।

3. 1887 চনত হাৰ্টজে পোন প্ৰথমে গৱেষণাগাৰত কেইবা মিটাৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ উৎপাদন আৰু বিশ্লেষণ কৰে। এইদৰে তেওঁ মেক্সৱেলৰ সমীকৰণৰ ভৱিষ্যতবাণীবোৰ সত্যতা পৰীক্ষা কৰে।

4. বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰই চাইনুছইডেলি (sinusoidally) স্থান আৰু কালত দোলন কৰে। দোলনত বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ক্ৰমান্বয়ে $\mathbf{E}$ আৰু $\mathbf{B}$ পৰস্পৰ লম্ব আৰু তৰংগটো অগ্ৰসৰ হোৱা দিশৰো লম্ব। এটা তৰংগৰ কম্পনাংক ν, তৰংগ দৈৰ্ঘ্য λ আৰু ই z অক্ষৰ দিশত অগ্ৰসৰ হ'লে আমি পাম

$$E = E_x(t) = E_0 \sin(kz - \omega t)$$
$$= E_0 \sin\left[2\pi\left(\frac{z}{\lambda} - \nu t\right)\right] = E_0 \sin\left[2\pi\left(\frac{z}{\lambda} - \frac{t}{T}\right)\right]$$
$$B = E_y(t) = B_0 \sin(kz - \omega t)$$
$$= B_0 \sin\left[2\pi\left(\frac{z}{\lambda} - \nu t\right)\right] = B_0 \sin\left[2\pi\left(\frac{z}{\lambda} - \frac{t}{T}\right)\right]$$

ইয়াৰ মাজৰ সমন্ধ $E_0/B_0 = c$.

5. বায়ু শূন্য স্থানত বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ বেগ c মাধ্যমৰ μ_0 আৰু ε_0 (মুক্ত স্থানৰ প্ৰৱেশ্যতা আৰু ভেদ্যক্ষমতা)ৰ সৈতে সমন্ধটো হ'ল $c = 1/\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}$ ।এই cৰ মান অপটিকেল জোখ-মাখ পদ্ধতিৰে (optical measurements) নিৰ্ণয় কৰা পোহৰৰ বেগৰ সৈতে সমান হয়।

পোহৰ এবিধ বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগ; সেই বাবে c হ'ল পোহৰৰ বেগ। পোহৰৰ বাদে আন বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ বেগো মুক্ত স্থানত c। পোহৰৰ বা বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ বেগ এক নিৰ্দিষ্ট বস্তু মাধ্যমত এইদৰে দিব পাৰি,

$v = 1/\sqrt{\mu\varepsilon}$।

ইয়াত μ মাধ্যমৰ প্ৰৱেশ্যতা আৰু ε হ'ল ভেদ্যক্ষমতা।

6. এক অগ্ৰগামী বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগই শক্তি পৰিবহন বা স্থানান্তৰিত কৰে। তৰংগটোৰ বিদ্যুত আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ দুয়োটাই এই শক্তিৰ সমান অংশীদাৰ হয়। বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগই ভৰবেগো পৰিবহন কৰিব পাৰে। যেতিয়া তৰংগটোৱে এখন পৃষ্ঠত আপতিত হয়, পৃষ্ঠখনত এটা চাপ পৰে। যদি t সময়ত পৃষ্ঠখনলৈ মুঠ শক্তি Uৰ পৰিবহন হয়, তেন্তে পৃষ্ঠতলত প্ৰয়োগ হোৱা মুঠ ভৰবেগ

$p = U/c$.

7. বিদ্যুত চুম্বকীয় বৰ্ণালীত নীতিগতভাৱে অসীম পৰিসৰৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্য বিস্তৃত হৈ থাকে। বিভিন্ন অংশ বিভিন্ন নামেৰে জনা যায়। তৰংগ দৈৰ্ঘ্য বৃদ্ধিৰ অনুসাৰে যেনে 10^{-2} Å অথবা 10^{-12} মিটাৰৰ পৰা

10^6 মিটাৰ পৰ্যন্ত এইবোৰক ক্ৰমান্বয়ে গামা ৰশ্মি, ৰঞ্জন ৰশ্মি, অতি বেঙুনীয়া ৰশ্মি, দৃশ্যমান পোহৰ ৰশ্মি, অৱলোহিত ৰশ্মি, মাইক্ৰ তৰংগ আৰু ৰেডিঅ' তৰংগ বোলা হয়।

বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগই ইয়াৰ বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ যোগেৰে পদাৰ্থৰ লগত ক্ৰিয়া কৰে যিবোৰে পদাৰ্থটোত থকা আধানসমূহক দোলন কৰায়। সবিশেষ পাৰস্পৰিক প্ৰক্ৰিয়া (de ailed interaction) অৰ্থাৎ শোষণ, বিচ্ছুৰণ আদিৰ কাৰ্য প্ৰণালী (mechanism) বিদ্যুত চুম্বকী. তৰংগৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ লগতে মাধ্যমৰ অণু-পৰমাণুৰ প্ৰকৃতিৰ ওপৰতো নিৰ্ভৰ কৰে।

মন কৰিবলগীয়া কথা

1. বিভিন্ন প্ৰকাৰৰ বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ মাজৰ প্ৰাথমিক পাৰ্থক্য তৰংগ দৈৰ্ঘ্য অথবা কম্পনাংক অনুসৰি হয়; কিয়নো সকলো তৰংগই বায়ু শূন্য মাধ্যমত একে বেগৰে গতি কৰে। ফলত পদাৰ্থৰ সৈতে তৰংগৰ আন্তঃক্ৰিয়াৰ স্বৰূপো বেলেগ হয়।
2. ত্বৰিত আধান কণাই বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগ বিকিৰণ কৰে। বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্য, ই বিকিৰণ হোৱা নিকায়টোৰ (system) বৈশিষ্ট্যমূলক আকাৰ (characteristic size) ৰ সৈতে প্ৰায়েই সম্বন্ধ থাকে। সেই বাবে 10^{-14} মিটাৰৰ পৰা 10^{-15} মিটাৰ পৰিসৰৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ গামা ৰশ্মি পাৰমাণৱিক নিউক্লিয়াছৰ পৰা উৎপত্তি হয়। ৰঞ্জন ৰশ্মি কিছুমান গধুৰ পৰমাণুৰ পৰা নিৰ্গত হয়। ইলেক্ট্ৰনিক বৰ্তনীত ত্বৰিত ইলেক্ট্ৰনবোৰৰ পৰাই ৰেডিঅ' তৰংগ উৎপন্ন হয়। এডাল প্ৰেৰক এণ্টেনাইও খুব দক্ষতাৰে তৰংগ বিকিৰণ কৰে, যাৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্য এণ্টেনাডালৰ আকাৰৰ সৈতে প্ৰায় সমান। অৱশ্যে পৰমাণুবোৰে নিৰ্গত কৰা দৃশ্যমান পোহৰ বিকিৰণৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্য পৰমাণুটোৰ আকাৰতকৈ বহু বেছি হয়।
3. বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ দোলায়মান ক্ষেত্ৰ দুখনে আধানসমূহ ত্বৰিত কৰে আৰু এইদৰে দোলায়মান প্ৰবাহৰ উৎপন্ন কৰিব পাৰে। এই কথাৰ ভিত্তিতেই বিদ্যুৎ চুম্বকীয় তৰংগক ধৰা পেলাবলৈ (detect) যন্ত্ৰপাতিবোৰৰ আৰ্হি প্ৰস্তুত কৰা হয়। হাৰ্টজৰ মূল গ্ৰাহক যন্ত্ৰইও ঠিক এইদৰে কাম কৰিছিল। সেই একে নীতি বৰ্তমান আধুনিক গ্ৰাহক যন্ত্ৰতো ব্যৱহাৰ কৰা হয়। উচ্চ কম্পনাংক বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগবোৰে পদাৰ্থৰ সৈতে পাৰস্পৰিক ক্ৰিয়া কৰি উৎপন্ন কৰা কিছুমান ভৌতিক প্ৰভাৱৰ ভিত্তিতেই সেইবোৰক নিৰূপণ কৰা হয়।
4. দৃশ্যমান পোহৰতকৈ কম কম্পনাংকৰ অৱলোহিত তৰংগবোৰে কেৱল ইলেক্ট্ৰনবোৰকেই নহয়, পদাৰ্থটোৰ সকলো অণু-পৰমাণুবোৰকেই দোলন কৰায়। এই দোলনে অণুবোৰৰ আন্তঃশক্তি বৃদ্ধি কৰি ইয়াৰ উষ্ণতা বৃদ্ধি কৰে। সেই বাবে অৱলোহিত তৰংগবোৰক প্ৰায়েই তাপ তৰংগ বোলা হয়।
5. আমাৰ চকুৰ সংবেদনশীলতাৰ কেন্দ্ৰ সূৰ্যৰ পৰা অহা পোহৰৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্য বণ্টনৰ (distribution) মাজ ভাগৰ সৈতে সহৱস্থান কৰে।

অনুশীলনী

8.1 চিত্ৰ 8.6 ত দেখুৱা ধৰণে দুখন বৃত্তাকাৰ পাত, প্ৰত্যেকৰে ব্যাসাৰ্দ্ধ 12 cm আৰু পৰস্পৰ 5 cm পাৰ্থক্যত ৰখি এটা ধাৰক তৈয়াৰ কৰা হৈছে। ধাৰকটো কোনো বহিঃ উৎসৰ যোগে আহিতকৰণ কৰা হৈছে (চিত্ৰত দেখুৱা হোৱা নাই)। আহিতকৰণ কৰা প্ৰবাহটো এটা ধ্ৰুৱক আৰু ইয়াৰ মান 0.15 A।

(a) ধাৰকটোৰ ধাৰকত্ব আৰু পাত দুখনৰ মাজৰ বিভৱ ভেদ আহিতকৰণৰ হাৰ নিৰ্ণয় কৰা।

(b) পাত দুখনৰ ভিতৰত সৰণ প্ৰবাহ উলিওৱা।

(c) ধারকের প্রতিটি পাতের ক্ষেত্রে কার্শফ (Kirchhoff) এর প্রথম সূত্র (জাংশন সূত্র) প্রযোজ্য কিনা ব্যাখ্যা কর।

চিত্র 8.6

8.2 একটি সমান্তরাল পাত ধারকের বৃত্তাকার পাতের ব্যাসার্ধ R = 6.0 cm এবং ইহার ধারকত্ব C = 100 pF. ধারকটি (চিত্র 8.7) 230 V প্রত্যাবর্তী বিভবান্তর (ac) এর সাথে সংযোগ করা হয়েছে, যার কম্পাঙ্ক (কৌণিক) 300 rad s^{-1}

(a) পরিবহন প্রবাহের শীর্ষমান কত হবে?

(b) পরিবহন প্রবাহ, সরণ-প্রবাহের সমান হয় কি?

(c) পাত দুটির মাঝখানে অক্ষ থেকে 3 cm দূরত্বে B এর বিস্তার মান নির্ণয় কর।

চিত্র 8.7

8.3 কোনটি ভৌতিক রাশি 10^{-10} m তরঙ্গদৈর্ঘ্যযুক্ত এক্স-রশ্মি, 6800 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের লাল আলো এবং 500 m তরঙ্গদৈর্ঘ্যের রেডিও তরঙ্গের ক্ষেত্রে একই হবে?

8.4 একটি সমতলীয় বিদ্যুৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ বায়ু শূন্য মাধ্যমে z অক্ষের দিকে অগ্রসর হয়। ইহার বিদ্যুৎ এবং চৌম্বক ক্ষেত্র কি অভিমুখে হবে? যদি তরঙ্গের কম্পাঙ্ক 30 MHz হয়, তবে ইহার তরঙ্গদৈর্ঘ্য কি হবে?

8.5 একটি রেডিও 7.5 MHz থেকে 12 MHz পরিসরে যেকোন স্টেশন টিউন করতে পারে। অনুরূপ তরঙ্গদৈর্ঘ্য পরিসর কি হবে?

8.6 একটি আধান কণা 10^9 Hz কম্পাঙ্কে তার গড় অবস্থানের সাপেক্ষে দোলন (oscillation) করে। দোলক দ্বারা উৎপন্ন বিদ্যুৎ চুম্বকীয় তরঙ্গের কম্পাঙ্ক কি হবে?

8.7 বায়ু শূন্য স্থানে একটি বিদ্যুৎ চুম্বকীয় তরঙ্গের চৌম্বক ক্ষেত্রের বিস্তারের মান B_0 = 510 nT. বিদ্যুৎ ক্ষেত্রের বিস্তার কি হবে?

8.8 ধর একটি বিদ্যুৎ চুম্বকীয় তরঙ্গের বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের বিস্তারের মান E_0 = 120 N/C এবং ইহার কম্পাঙ্ক ν = 50.0 MHz

(a) B_0, ω, k এবং λ (b) E এবং B র প্রকাশ রাশি নির্ণয় কর।

8.9 বিদ্যুৎ চুম্বকীয় বর্ণালীর বিভিন্ন শ্রেণীর পরিভাষা পাঠ্যপুস্তকে দেওয়া হয়েছে। E = hν (বিকিরণের এক কোয়ান্টামের শক্তি: ফোটন) সূত্রটি ব্যবহার করে বিদ্যুৎ চুম্বকীয় বর্ণালীর বিভিন্ন অংশের ফোটন শক্তি, ইলেকট্রন ভোল্ট (eV) এককে নির্ণয় কর। তুমি পাওয়া ফোটন শক্তির মানগুলি কীভাবে বিকিরণের উৎসের সাথে সম্পর্কযুক্ত তা ব্যাখ্যা কর।

8.10 সমতলীয় বিদ্যুৎ চুম্বকীয় তরঙ্গে একটি বিদ্যুৎ ক্ষেত্র সাইনাকারে (sinusoidally) 2.0×10^{10} Hz কম্পাঙ্কে দোলন করছে এবং বিস্তার 48 V m^{-1}.

(a) তরঙ্গটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য কি?

(b) দোলায়মান চৌম্বিক ক্ষেত্ৰখনৰ বিস্তাৰ কি?

(c) দেখুৱা যে **E** ৰ গড় শক্তি ঘনত্ব **B** ৰ গড় শক্তি ঘনত্বৰ সৈতে সমান $[c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}^{-1}]$

অতিৰিক্ত অনুশীলনী

8.11 ধৰা হওক বায়ু শূন্য মাধ্যমত বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ বিদ্যুত ক্ষেত্ৰখন $\mathbf{E} = \{(3.1\ \text{N/C})\ \cos[(1.8\ \text{rad/m})\ y + (5.4 \times 10^6\ \text{rad/s})t]\}\ \hat{\mathbf{i}}$

(a) তৰংগটো অগ্ৰসৰ হোৱা দিশটো কি?

(b) তৰংগ দৈৰ্ঘ্য λ কি?

(c) ইয়াৰ কম্পনাংক ν কি?

(d) তৰংগটোৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰখনৰ বিস্তাৰ কি?

(e) তৰংগটোৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰখনৰ প্ৰকাশ ৰাশি উলিওৱা।

DAILY ASSAM

8.12 এটা 100 W বাল্বৰ প্ৰায় 5% শক্তি দৃশ্যমান পোহৰলৈ পৰিবৰ্তিত হয়। দৃশ্যমান বিকিৰণৰ গড় প্ৰাবল্য কি?

(a) বাল্বটোৰ পৰা 1 m দূৰত্বত?

(b) 10 m দূৰত্বত?

ধৰা বিকিৰণ সমদৈশিকভাৱে (isotropically) নিৰ্গত হৈছে। (প্ৰতিফলন উপেক্ষা কৰা)

8.13 ফৰ্মুলা $\lambda_m T = 0.29$ cmK ব্যৱহাৰ কৰি বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ বৰ্ণালীৰ বিভিন্ন অংশৰ বৈশিষ্ট্যপূৰ্ণ (characteristic) উষ্ণতা উলিওৱা। তুমি উলিওৱা সংখ্যাবোৰে বাৰু তোমাক কি কয়?

8.14 পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ বিভিন্ন পৰিঘটনা সম্পৰ্কৰ বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ সৈতে জড়িত কিছুমান বিখ্যাত সংখ্যা তলত দিয়া হ'ল। সেইবোৰ তৰংগটোৰ কোনটো অংশত পৰে লিখা।

(a) 21 cm (মহাকাশৰ আন্তঃ নৈক্ষত্ৰিক (interstellar space) স্থানত হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৱে নিৰ্গত কৰা তৰংগ দৈৰ্ঘ্য)

(b) 1057 MHz (হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ দুটা ওচৰা-উচৰিকৈ থকা শক্তি স্তৰৰ পৰা উৎপন্ন হোৱা কম্পনাংক ঃ লেম্ব বিচ্যুতি বুলি কোৱা হয়।)

(c) 2.7 K (মহাকাশৰ আদি বিগ বেং তত্ত্ব অনুসৰি সমগ্ৰ মহাকাশত বিস্তৃত হৈ থকা এক সমদৈশিক বিকিৰণৰ উষ্ণতা)

(d) 5890 Å - 5896 Å [ছডিয়াম ডি-লাইন]

(e) 14.4 KV [উচ্চ বিভেদন সম্পন্ন (high resolution) বৰ্ণালী বীক্ষণ পদ্ধতিত (মছবিয়াৰ বৰ্ণালী বীক্ষণ)ৰ সৈতে জড়িত ^{57}Fe নিউক্লিয়াছত এটা নিৰ্দিষ্ট শক্তি স্তৰৰ স্থানান্তৰৰ বাবে নিৰ্গত শক্তি]

8.15 তলৰ প্ৰশ্নসমূহৰ উত্তৰ লিখা ঃ

(a) দূৰ দূৰত্বলৈ ৰেডিঅ' সম্প্ৰচাৰৰ বাবে চুটি তৰংগ পটি ব্যৱহাৰ হয়। কিয়?

(b) দূৰ দূৰত্বলৈ টিভি চিগনেল প্ৰেৰণৰ বাবে কৃত্ৰিম উপগ্ৰহৰ প্ৰয়োগ দৰকাৰী। কিয়?

(c) আলোকীয় আৰু ৰেডিঅ' টেলিস্কপবোৰ পৃথিৱী পৃষ্ঠ ভূমিত স্থাপন কৰা হয়; কিন্তু ৰঞ্জন ৰশ্মি জ্যোতিৰ্বিজ্ঞানৰ (astronomy) অধ্যয়ন পৃথিৱীৰ চাৰিওফালে পৰিভ্ৰমণ কৰা উপগ্ৰহসমূহৰ পৰাহে সম্ভৱ। কিয় এনে হয়?

(d) ষ্ট্ৰেটস্পিয়াৰৰ ওপৰত থকা সৰু অজ'ন স্তৰটো মানৱ জাতিৰ অস্তিত্বৰ বাবে অতিকৈ গুৰুত্বপূৰ্ণ। কাৰণ কি?

(e) পৃথিৱীৰ যদি বায়ুমণ্ডল নাথাকিলেহেঁতেন, তেন্তে ইয়াৰ উপৰিভাগৰ গড় উষ্ণতা বৰ্তমানৰ তুলনাত বেছি বা কম হ'লহেঁতেননে?

(f) কিছুমান বিজ্ঞানীয়ে ভৱিষ্যতবাণী এনেদৰে কৰিছে যে পৃথিৱীত যদি এখন পাৰমাণৱিক যুদ্ধ হয়, তেন্তে ইয়াৰ পিছতেই এক পাৰমাণৱিক শীতকাল (nuclear winter) আৰম্ভ হ'ব আৰু ই পৃথিৱীৰ জীৱজগতৰ ওপৰত এটা ধ্বংসাত্মক প্ৰভাৱ পেলাব। এই ভৱিষ্যত বাণীৰ ভিত্তি বাৰু কি হ'ব পাৰে?

উত্তৰমালা

প্ৰথম অধ্যায়

1.1 6×10^{-3} N (বিকৰ্ষণী)

1.2 (a) 12 cm

(b) 0.2 N (আকৰ্ষণী)

1.3 2.4×10^{39}। এটা ইলেক্ট্ৰন আৰু প্ৰটনৰ মাজত বৈদ্যুতিক বল আৰু মধ্যাকৰ্ষণীয় বলৰ (একে দূৰত্বত) অনুপাত।

1.5 আধানৰ সৃষ্টি বা ধংস নহয়। ই মাত্ৰ এটা বস্তুৰ পৰা আনটোলৈ স্থানান্তৰিতহে হয়।

1.6 শূন্য নিউটন।

1.8 (a) 5.4×10^{6} N C^{-1} OB ৰ দিশে।

(b) 8.1×10^{-3} N OA ৰ দিশে।

1.9 মুঠ আধান শূন্য। দ্বিমেৰু ভ্ৰামক $= 7.5 \times 10^{-8}$ Cm z অক্ষৰ দিশে।

1.10 10^{-4} Nm।

1.11 (a) 2×10^{12}, উলৰ পৰা পলিথিনলৈ।

(b) হয়, কিন্তু অতি কম (উপেক্ষণীয়) ($= 2 \times 10^{-18}$ kg উদাহৰণটোত)।

1.12 (a) 1.5×10^{-2} N

(b) 0.24 N

1.13 5.7×10^{-3} N

1.14 আধান1 আৰু আধান 2 ঋণাত্মক, আধান 3 ধনাত্মক; 3 নং কণাৰ আধান আৰু ভৰৰ অনুপাত আটাইতকৈ বেছি।

1.15 (a) 30 Nm^2/C (b) 15 Nm^2/C।

1.16 শূন্য।

1.17 (a) 0.07 (μC)

(b) নহয়, ভিতৰত সমুদায় আধানৰ পৰিমাণ শূন্য।

1.18 2.2×10^{5} Nm^2/C।

1.19 1.9×10^{5} Nm^2/C

1.20 (a) -10^{3} Nm^2/C, কাৰণ দুয়োটা ক্ষেত্ৰতেই একেই পৰিমাণৰ আধান আবৃত কৰি ৰাখে।

1.21 -6.67 (nC)

1.22 (a) 1.45×10^{-3} C

(b) 1.6×10^{8} Nm^2/C

1.23 10 (μC)/m

1.24 (a) শূন্য (b) শূন্য (c) 1.9 N/C

1.25 9.81×10^{-4} mm

1.26 মাত্র (c) টো শুদ্ধ, বাকীবোৰে স্থিতি বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র ৰেখা প্ৰকাশ নকৰে, (a) টো অশুদ্ধ কিয়নো বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র ৰেখাবোৰ পৰিবাহীটোৰ লম্ব, (b) টো অশুদ্ধ কাৰণ ক্ষেত্র ৰেখাবোৰ এটা ঋণাত্মক আধানৰ পৰা নোলায়। (d) টো অশুদ্ধ কাৰণ ক্ষেত্র ৰেখাবোৰ ইটোৱে সিটোক কটাকটি কৰিব নোৱাৰে। (e) টো অশুদ্ধ কাৰণ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র ৰেখাবোৰে বদ্ধ যেৰৰ ৰূপ নলয়।

1.27 ঋণাত্মক z অক্ষৰ দিশত বল 10^{-2} নিউটন অৰ্থাৎ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র হ্ৰাসৰ দিশত। তুমি পৰীক্ষা কৰি চাব পাৰা, এইটো দ্বিমেৰুটোৰ স্থিতিশক্তি হ্ৰাসৰ দিশত, টৰ্ক শূন্য।

1.28 (a) ইংগিত : গছিয়ান (Gaussian) পৃষ্ঠ এখন ধৰি লোৱা যিখন পৰিবাহীটোৰ ভিতৰত গৰ্ত বা বিবৰ (cavity) টো আগুৰি থাকে।

(b) (a) দেখুৱা ধৰণে একে পৃষ্ঠতে গাউছৰ সূত্ৰই দেখুৱায় যে q আধানে পৰিবাহীৰ আন্তঃপৃষ্ঠত $-q$ আধান আবিষ্ট কৰিবই লাগিব।

(c) যন্ত্ৰটো সম্পূৰ্ণকৈ ধাতুৰ পৃষ্ঠৰে আগুৰি ৰাখা।

1.29 পৰিবাহীটোত থকা গাত (hole) টো পূৰ্ণ কৰি লোৱা। তেন্তে ইয়াৰ নিচেই ওচৰত ক্ষেত্ৰখন $(\sigma/\varepsilon_0)\ \hat{n}$ আৰু ভিতৰত শূন্য। এনেদৰে নিৰ্ধাৰিত ক্ষেত্র গাতটো পূৰ্ণ কৰা বাবে হোৱা ক্ষেত্র আৰু বাকী আহিত পৰিবাহীটোৰ পৰা উৎপন্ন হোৱা ক্ষেত্র দুখনৰ উপৰি পাতন (superposition) বুলি বিবেচনা কৰা। পৰিবাহীটোৰ ভিতৰত এই ক্ষেত্রসমূহৰ মান সমান কিন্তু বিপৰীতমুখী; বাহিৰত ইহঁতৰ মান আৰু দিশ দুয়োটাই সমান। সেই বাবে পৰিবাহীটো বাকী অংশৰ বাবে ক্ষেত্র হয়

$$\left(\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right)\hat{n}$$

1.31 p;uud; n;udd.

1.32 (a) ইংগিতঃ যুক্তিৰে ইয়াক প্ৰমাণ কৰা। ধৰা সাম্যবস্থা (equilibrium) টো সুস্থিৰ (stable)। তেতিয়া এটা পৰীক্ষণীয় আধান যিকোনো দিশত অলপমান বিচ্যুতি হ'লে ই সাম্য বা নাল বিন্দু (null-point) টোৰ ফালে এটা প্ৰতিবল (restoring force) অনুভৱ কৰে। অৰ্থাৎ সকলো নাল বিন্দুৰ কাষৰ ক্ষেত্র ৰেখা বিন্দুটোৰ দিশে ভিতৰলৈ নিৰ্দেশ কৰা হোৱা উচিত। অৰ্থাৎ নাল বিন্দুৰ চাৰিওফালে আগুৰা এটা বদ্ধ পৃষ্ঠৰ (closed surface) মাজেৰে পাৰ হৈ যোৱা মুঠ আন্তঃমুখী বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র ৰেখাৰ ফ্লাক্স থাকিব। কিন্তু গাউছৰ সূত্ৰ অনুসৰি কোনো আধান অবিহনে আগুৰা পৃষ্ঠৰ মাজেৰে যোৱা ফ্লাক্স শূন্য। সেই বাবে সাম্যবস্থাটো সুস্থিৰ হ'ব নোৱাৰে।

(b) দুটা আধান সংযোগী ৰেখাৰ মধ্য বিন্দুটোৱেই হ'ল নাল বিন্দু। নাল বিন্দুৰ পৰা এটা পৰীক্ষণীয় আধান ৰেখাৰ দিশত অলপমান বিচ্যুত কৰা। এটা প্ৰতিবলৰ উৎপন্ন হ'ব কিন্তু ইয়াক ৰেখাৰ লম্বভাৱে বিচ্যুত কৰা। তুমি দেখিবা যে মুঠ বলে ইয়াক নাল বিন্দুৰ পৰা লৈ যায়। মনত ৰাখিবা সাম্যবস্থাৰ সুস্থিৰতাৰ বাবে সকলো দিশতে প্ৰতিবলৰ প্ৰয়োজন হয়।

1.34 1.6 cm।

দ্বিতীয় অধ্যায়

2.1 10 cm, 40 cm দূৰত্বত ধনাত্মক আধানটোৰ (ঋণাত্মক আধানৰ কাষত) পৰা।

2.2 2.7×10^6 V।

2.3 (a) AB ৰ মধ্যবিন্দুৰ মাজেৰে পাৰ হৈ যোৱা উলম্ব সমতলৰ প্ৰতিবিন্দুতে বিভৱ শূন্য।

(b) AB ৰ দিশত থকা সমতলৰ লম্ব।

2.4 (a) শূন্য।

(b) 10^5 NC^{-1}

(c) 4.4×10^4 NC^{-1}

DAILY ASSAM

2.5 96 pF

2.6 (a) 3 pF
(b) 40 V

2.7 (a) 9 pF
(b) 2×10^{-10} C, 3×10^{-10} C, 4×10^{-10} C

2.8 18 pF, 1.8×10^{-9} C

2.9 (a) $V = 100$ V, $C = 108$ pF, $Q = 1.08 \times 10^{-8}$ C

2.10 1.5×10^{-8} J

2.11 6×10^{-6} J

2.12 1.2 J; উত্তৰটোৰ বাবে R বিন্দুটো অপ্ৰাসংগিক।

2.13 বিভৱ ভেদ = $4q/(\sqrt{3}\pi\varepsilon_0 b)$; (ক্ষেত্ৰ প্ৰাবল্য শূন্য, সমমিতিৰ পৰা আশা কৰা দৰে।)

2.14 (a) 2.4×10^5 V; 4.0×10^5 Vm^{-1}; আধান 2.5 μC পৰা 1.5 μC লৈকে।
(b) 2.0×10^5 V; 6.6×10^5 Vm^{-1} উপৰোক্ত আধান দুটাৰ সংযোগী ৰেখাৰ সৈতে প্ৰায় 69° কোণ কৰাৰ দিশে।

2.15 (a) $-q/(4\pi r_1^2)$, $(Q+q)/(4\pi r_2^2)$
(b) গাউছৰ সূত্ৰ অনুসৰি বিবৰ (cavity) টোক (কোনো আধান নথকা) আগুৰি থকা আন্তঃ পৃষ্ঠতলৰ মুঠ আধানৰ পৰিমাণ শূন্য। যিকোনো আকাৰৰ বিবৰৰ বাবে ইয়াৰ ভিতৰত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন শূন্য বুলি কোৱাটোৱেই যথেষ্ট নহয়। বিবৰটোত ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক আধানৰ সৈতে মুঠ আধান শূন্য হ'ব পাৰে। এই সম্ভাৱনা নুই (dispose) কৰাৰ বাবে এটা বদ্ধ ঘেৰ (closed loop) লোৱা; যাৰ এটা অংশ বিবৰটোৰ ভিতৰফালে ক্ষেত্ৰ ৰেখাৰ (Field line) দিশত আৰু বাকী অংশটো পৰিবাহীৰ ভিতৰফালে থাকে। যিহেতু পৰিবাহীৰ ভিতৰত ক্ষেত্ৰ শূন্য, ইয়াৰ বাবে ক্ষেত্ৰখনে এটা পৰীক্ষণীয় (text) আধান বদ্ধ ঘেৰলৈ নিওঁতে কৰা মুঠ কাৰ্যৰ পৰিমাণ দিয়ে। স্থিতি বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ বাবে এইটো অসম্ভৱ বুলি আমি জানো। সেই বাবে বিবৰৰ ভিতৰত কোনো ক্ষেত্ৰ ৰেখা নাথাকে (অৰ্থাৎ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ নাই) আৰু আকাৰ যিয়েই নহওক, পৰিবাহীৰ আন্তঃ পৃষ্ঠ তলত আধান নাথাকে।

2.17 $\lambda/(2\pi\varepsilon_0 r)$, য'ত r, চিলিণ্ডাৰৰ উমৈহতীয়া অক্ষৰ পৰা নিৰ্দিষ্ট বিন্দুলৈ দূৰত্ব। ক্ষেত্ৰখন পৰিধিমুখী (radial) আৰু অক্ষৰ লম্ব।

2.18 (a) –27.2 eV
(b) 13.6 eV
(c) –13.6 eV, 13.6 eV. মন কৰা পিছৰটোৰ বাবে হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ মুঠ শক্তি শূন্য।

2.19 –19.2 eV; অসীমত স্থিতিশক্তি শূন্য বুলি লোৱা হয়।

2.20 প্ৰথম আৰু দ্বিতীয় বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ দুখনৰ অনুপাত (b/a)। এটি সমতল অংশ বেছি ব্যাসাৰ্দ্ধৰ গোলকীয় পৃষ্ঠ বুলি ধৰিব পাৰি; আৰু এটি জোঙা অংশ কম ব্যাসাৰ্দ্ধৰ পৃষ্ঠৰ সৈতে ৰিজাব পাৰি।

2.21 (a) দ্বিমেৰুৰ অক্ষত বিভৱ $(\pm 1/4\pi\varepsilon_0)$ $p/(x^2 - a^2)$, য'ত $p=2qa$ হ'ল দ্বিমেৰু ভ্ৰামকৰ মান। + চিহ্নই বিন্দুটো q ৰ কাষত আৰু – চিহ্নই $-q$ ৰ কাষৰ বিন্দু নিৰ্দেশ কৰে। লম্ব দিশত $(x, y, 0)$ বিন্দুত বিভৱ শূন্য।
(b) r ৰ ওপৰত $1/r^2$ অনুসৰি নিৰ্ভৰশীল।
(c) শূন্য। নহয় কাৰণ দুটা বিন্দুৰ মাজৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰই কৰা কাৰ্য বিন্দু দুটা সংযোগী পথৰ অনিৰ্ভৰশীল।

2.22 r ৰ মান ডাঙৰ হ'লে চতুৰ্মেৰু (quadrupole) বিভৱ হয় $1/r^3$ ৰ দৰে, দ্বিমেৰু বিভৱ $1/r^2$ আৰু মনপল (monopole) বিভৱ $1/r$ ৰ দৰে।

2.23 6 টা সমান্তৰাল শাৰীত ওঠৰ (18) টা 1 μF ধাৰক সজোৱা হৈছে, প্ৰতিটো শাৰীত 3 টা ধাৰক শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে থাকে।

2.24 1130 Km^2

2.25 সমতুল্য ধাৰাকত্ব = (200/3) pF
$Q_1 = 10^{-8}$ C, $V_1 = 100$ V; $Q_2 = Q_3 = 10^{-8}$ C
$V_2 = V_3 = 50$ V
$Q_4 = 2.55 \times 10^{-8}$ C, $V_4 = 200$ V

2.26 (a) 2.55×10^{-6} J
(b) $u = 0.113$ Jm^{-3}, $u = (½)\, \varepsilon_0 E^2$

2.27 2.67×10^{-2} J

2.28 **ইংগিত : ধৰা আমি পাত দুখনৰ মাজৰ ব্যৱধান Δx পৰিমাণে বৃদ্ধি কৰিলোঁ। কাৰ্যৰ (বাহ্যিক উৎসই সম্পাদন কৰা) পৰিমাণ $= F\Delta x$। এই কাৰ্যই ধাৰকৰ স্থিতিশক্তি $u\, a\, \Delta x$ পৰিমাণে বৃদ্ধি কৰে; য'ত u হ'ল শক্তি ঘনত্ব। সেইবাবে $F = u\, a$। ইয়াত আমি $u = (1/2)\, \varepsilon_0\, E^2$ ব্যৱহাৰ কৰিলে অতি সহজেই ইয়াৰ মান (1/2) QE পাম। বলৰ ফৰ্মুলাটোত ব্যৱহৃত 1/2 ভগ্নাংশটো লোৱাৰ কাৰণ হ'ল পৰিবাহীৰ বাহিৰৰ নিচেই ওচৰত ক্ষেত্ৰৰ মান E আৰু ভিতৰত শূন্য হয়। সেয়ে গড়মান $E/2$ য়ে বলটোত অৰিহণা যোগায়।**

2.30 (a) 5.5×10^{-9} F
(b) 4.5×10^{2} V
(c) 1.3×10^{-11} F

2.31 (a) নহয়, কাৰণ গোলকত আধান বণ্টন (distribution) সুষম (uniform) নহ'ব।
(b) নহয়।
(c) হ'বই যে লাগিব এনে নহয়, (শুদ্ধ যদিহে ক্ষেত্ৰ ৰেখা ডাল এডাল সৰলৰেখা হয়। সাধাৰণতে, ক্ষেত্ৰ ৰেখাই ত্বৰণৰ দিশ নিৰ্দেশ কৰে, বেগৰ নহয়।
(d) শূন্য, সম্পূৰ্ণ কক্ষ (complete orbit) টোৰ আকাৰ যিয়েই নহওক কিয়।
(e) নহয়, বিভৱ অবিচ্ছিন্ন (continuous) হয়।
(f) এটা অকলশৰীয়া (single) পৰিবাহী এটা ধাৰকৰ সমতুল্য, য'ত ইয়াৰ এখন পাত অসীমত অৱস্থিত বুলি ভাবিব পাৰি।
(g) এটা পানীৰ অণুৰ স্থায়ী দ্বিমেৰু ভ্ৰামক থাকে। কিন্তু পৰাবিদ্যুত ধ্ৰুৱকৰ (dielectric constant) মানৰ বিতং ব্যাখ্যাৰ বাবে আণৱিক তত্ত্ব (microscopic theory) ৰ প্ৰয়োজন হয়। এই ব্যাখ্যা এই কিতাপৰ পৰিসৰৰ বাহিৰত।

2.32 1.2×10^{-10} F, 2.9×10^{4} V

2.33 19 cm^2

2.34 (a) x-y সমতলৰ সমান্তৰাল সমতল।
(b) (a) ৰ দৰে একেই, কেৱল পাত দুখন এটা নিৰ্দিষ্ট, (fixed) বিভৱৰ অন্তৰালত থকাৰ বাবে ইহঁত ক্ৰমান্বয়ে, বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান বঢ়াৰ লগে লগে ওচৰ চাপি যায়।
(c) মূল বিন্দু কেন্দ্ৰ হিচাপে থকা এককেন্দ্ৰীক (Concentric) গোলকসমূহ।
(d) গ্ৰিড (grid) ৰ কাষত পৰ্যাবৃত্তভাৱে পৰিবৰ্তন হোৱা আকাৰ ক্ৰমান্বয়ে অতি দূৰত্বত গ্ৰিডৰ সমান্তৰালভাৱে সমতল পাতলৈ পৰিবৰ্তিত হয়।

2.35 30 cm

2.36 **ইংগিত : গাউছৰ সূত্ৰ অনুসৰি গোলক (sphere) আৰু খোল (shell) ৰ মাজৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ কেৱল q_1 আধানৰ দ্বাৰাহে নিৰ্ণয় কৰা হয়। সেই বাবে গোলক আৰু খোলৰ মাজৰ বিভৱ ভেদ q_2 আধানৰ ওপৰত অনিৰ্ভৰশীল। যদি q_1 আধান ধনাত্মক হয়, তেন্তে বিভৱ ভেদ সদায় ধনাত্মক হ'ব।**

2.37 (a) **আমাৰ শৰীৰ আৰু ভৰিৰ তলত মাটিয়ে এখন সমবিভৱ তলৰ (equipotential surface) সৃষ্টি কৰে। আমি যেতিয়া খোজ কাঢ়ি আগবাঢ়ি যাও, তেতিয়া মুক্ত বায়ুৰ মূল সমবিভৱ তলখনৰ**

সৰ্শন হয় আৰু এইদৰেই ই আমাৰ দূৰ আৰু তৰিতলা সমবিভৱত ৰাখে।

(b) বায়ুমণ্ডলীয় সুস্থিৰ অৱস্থা বা নিৰ্গমন (discharging) প্ৰবাহে এলুমিনিয়াম পাত (sheet) খন ক্ৰমান্বয়ে আহিত কৰে আৰু ইয়াৰ বিভৱ তেল বৃদ্ধি কৰে, বিভৱ তেলৰ বৃদ্ধিৰ পৰিমাণ ধাৰকটোৰ (পাত্ৰৰ পাত, কলক আৰু ভূমি সংলগ্ন কৰি লোৱা হয়) ধাৰকত্বৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে।

(c) বিজুলী-ঢেকেৰণীৰে সৈতে অহা ধুমুহাই অবিচ্ছিন্নভাৱে বায়ুমণ্ডল আহিত কৰে আৰু পৃথিৱীৰ সংযোগত বজ্ৰপাতৰ সৃষ্টি কৰে, এই আধানবোৰ বিজুলীৰ সাধাৰণ বতৰ (ordinary weather) অঞ্চলৰ মাজেৰে অৱশ হয়। দুটা বিপৰীতমুখী প্ৰবাহ গড়ে (on an average) সাম্যাৱস্থাত থাকে।

(d) বজ্ৰপাতত পোহৰ শক্তি জড়িত; ধুমুহা (Thunder) অথবা ঢেকেৰণী (যেনে গাজনী)ৰ সৈতে তাপ আৰু শব্দ শক্তি জড়িত থাকে।

তৃতীয় অধ্যায়

3.1 30 A

3.2 17 Ω, 8.5 V

3.3 (a) 6 Ω

(b) 2 V, 4 V, 6 V

3.4 (a) (20/19) Ω

(b) 10A, 5 A, 4A; 19A

3.5 1027 °C

3.6 2.0×10^{-7} Ωm

3.7 0.0039 °C

3.8 867 °C

3.9 AB বাহুত প্ৰবাহ AB = (4/17) A,

BC ত (6/17) A, CD ত (–4/17) A,

AD ত (6/17) A, BD ত (–2/17) A, মুঠ প্ৰবাহ = (10/17) A.

3.10 (a) $X = 8.2$ Ω; বৰ্তনীত বোধ নিম্ন কৰিবলৈ, ব্ৰিজটো ব্ৰিজৰ ফৰ্মুলাত ধৰা হোৱা নাই।

(b) A বিন্দুৰ পৰা 60.5 cm।

(c) গেলভেনমিটাৰে প্ৰবাহ নেদেখুৱাব।

3.11 11.5 V; শ্ৰেণীবদ্ধ সজ্জাৰ সংযোগী ৰোধটোৱে বহিঃ উৎসৰ পৰা পোৱা প্ৰবাহ সীমিত (limit) কৰে। ইয়াৰ অনুপস্থিতিত প্ৰবাহ বিপজ্জনকভাৱে বৃদ্ধি পাব।

3.12 2.25 V

3.13 2.7×10^{4} s (7.5 h)

3.14 পৃথিৱীৰ ব্যাসাৰ্ধ = 6.37×10^{6} m ধৰা, আৰু ইয়াৰ মুঠ আধানৰ পৰিমাণ উলিওৱা। ইয়াক প্ৰবাহেৰে হৰণ কৰিলে সময় পোৱা যায় = 283 s; তথাপিও এই পদ্ধতিয়ে তোমাক মাত্ৰ এটা মোটামুটি হিচাপহে দিব; এইটো সম্পূৰ্ণ শুদ্ধ নহয়। কিয়?

3.15 (a) 1.4 A, 11.9 V

(b) 0.005 A; অসম্ভৱ কাৰণ এটা সংযটক (starter) মটৰৰ বাবে প্ৰতি ছেকেণ্ডত বেছি প্ৰবাহৰ (~ 100 A) প্ৰয়োজন হয়।

3.16 তাম আৰু এলুমিনিয়াম তাঁৰৰ ভৰ (ওজন)ৰ অনুপাত হয় (1.72/2.63) × (8.9/2.7) ≅ 2.2। যিহেতু এলুমিনিয়াম পাতল, সেই বাবে ইয়াক দূৰ সংযোগী তাঁৰৰ বাবে পছন্দ কৰা হয়।

3.18 (a) কেৱল প্ৰবাহ (কাৰণ ইয়াক সুস্থিৰ বুলি দিয়া হৈছে)। বাকীবোৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালিৰ ওপৰত ব্যস্তানুপাতীক (inversely) ভাৱে নিৰ্ভৰশীল।

(b) নহয়, উদাহৰণ স্বৰূপে নন ওমিক (non-ohmic) উপাদানবোৰ যেনে : বায়ু শূন্য ডায়ড, অৰ্ধপৰিবাহী ডায়ড।

(c) কাৰণ উৎসৰ পৰা পোৱা সৰ্বোচ্চ প্ৰবাহ = ε / r।

(d) কাৰণ বৰ্তনীটোত যদি চৰ্ট চাৰ্কিট যোগে বিদ্যুতৰ প্ৰবাহ বয় (আকস্মিকভাৱে), প্ৰবাহৰ মান

নিৰাপদ সীমা (safety limit) অতিক্রম কৰিব যদিহে আন্তঃৰোধ বেছি নহয়।

3.19 (a) বেছি, (b) কম, (c) প্ৰায় নিপেক্ষ, (d) 10^{22}।

3.20 (a) (i) শ্ৰেণীবদ্ধ সজ্জাত (ii) সকলোবোৰ সমান্তৰাল সজ্জাত; n^2।

(b) (i) 1 Ω আৰু 2 Ω সমান্তৰালভাৱে সংযোগ কৰা আৰু এই সাজোন শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে 3Ω ৰোধৰ সৈতে সংযোগ কৰা, (ii) 3 Ω আৰু 2 Ω সমান্তৰালভাৱে সংযোগ কৰা সাজোনটো 1 Ω ৰোধৰ সৈতে শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে যোগ কৰা, (iii) সকলোবোৰ শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে আৰু (iv) সকলোবোৰ সমান্তৰালভাৱে।

(c) (i) (16/3) Ω, (ii) 5 R.

3.21 ইংগিত ঃ ধৰা অসীম জালি (network) খনৰ সমতুল্য ৰোধ X; স্পষ্টকৈ, $2 + X/(X+1) = X$ যিয়ে দেখুৱায় $X = (1 + \sqrt{3})\ \Omega$; সেইবাবে প্ৰবাহৰ পৰিমাণ 3.7 A।

3.22 (a) $\varepsilon = 1.25$ V.

(b) যেতিয়া লৰচৰ কৰিব পৰা সংযোগ বিন্দুটো সাম্য বিন্দুটোৰ পৰা দূৰৈত থাকে, তেতিয়া গেলভেন'মিটাৰৰ মাজেৰে যোৱা প্ৰবাহ হ্ৰাস কৰিবলৈ।

(c) নহয়।

(d) নহয়।

(e) নহয়, পটেনচিয়েঅ' মিটাৰ সংযোগী মূল কোষৰ বিদ্যুত চালক বলতকৈ ε ৰ মান বেছি হ'লে, AB তাঁৰত কোনো সাম্য বিন্দু নাথাকিব।

(f) বৰ্তনীটো উপযুক্ত নহ'ব। কাৰণ সাম্য বিন্দু (ε ৰ বাবে কেইবা mV) A ৰ নিচেই কাষত আৰু জোখ-মাখত ভুলৰ শতকৰা পৰিমাণ বহু বেছি। এটা উপযুক্ত ৰোধ R শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে AB তাঁৰৰ সৈতে সংযোগ কৰি সংশোধন কৰা হৈছে যাতে AB ৰ দুই মূৰে বিভৱ ভেদ জুৰিবলগীয়া বিভৱভেদতকৈ অলপহে ডাঙৰ হয়। সেই বাবে সাম্য বিন্দুৰ বাবে তাঁৰডালত বেছি দৈৰ্ঘ্য পোৱা যায় আৰু ভুলৰ শতকৰা পৰিমাণ বহুখিনি কম হয়।

3.23 $X = 11.75\ \Omega$ অথবা 11.8 Ω। যদি সাম্য বিন্দুটো পোৱা নাযায়, তেন্তে ই R বা X ৰ দুই মূৰৰ বিভৱভেদ পটেনচিয়েঅ' মিটাৰৰ তাঁৰ AB ৰ দুই মূৰে বিভৱভেদতকৈ বেছি হোৱা অৰ্থ বহন কৰে। কাজেই ইয়াৰ বাবে বহিঃ বৰ্তনীৰ প্ৰবাহ কমাব লাগিব (আৰু এইদৰেই R আৰু X ৰ দুই মূৰৰো বিভৱ ভেদো)। ইয়াৰ বাবে ইপযুক্ত এটা ৰোধ শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে সংযোগ কৰিব লাগিব।

3.24 1.7 Ω

চতুৰ্থ অধ্যায়

4.1 $\pi \times 10^{-4}$ T $\simeq 3.1 \times 10^{-4}$ T

4.2 3.5×10^{-5} T

4.3 4×10^{-6} T, উলম্বভাৱে।

4.4 1.2×10^{-5} T দক্ষিণ দিশৰ ফালে

4.5 0.6 Nm^{-1}

4.6 8.1×10^{-2} N; বলৰ দিশ ফ্লেমিঙৰ বাওহতীয়া সূত্ৰ অনুসৰি দিয়া হয়।

4.7 2×10^{-5} N; A ৰ লম্বভাৱে আকৰ্ষণী বল, B ৰ দিশত।

4.8 $8\pi \times 10^{-3}$ T $\simeq 2.5 \times 10^{-2}$ T

4.9 0.96 Nm

4.10 (a) 1.4, (b) 1

4.11 4.2 cm

DAILY ASSAM

4.12 18 MHz

4.13 (a) 3.1 Nm, (b) নহয়; উত্তৰটো সলনি নহয়, কাৰণ ফৰ্মুলা $\tau = NI\mathbf{A} \times \mathbf{B}$ যিকোনো সমতল ক্ষেত্ৰৰ বাবে সত্য।

4.14 $5\pi \times 10^{-4}\,\text{T} = 1.6 \times 10^{-3}\,\text{T}$ পশ্চিমৰ দিশত।

4.15 দৈৰ্ঘ্য প্ৰায় 50 cm আৰু ব্যাসাৰ্দ্ধ 4 cm, পাক সংখ্যা প্ৰায় 400, প্ৰবাহ 10 A। এইবোৰৰ মান অৱশ্যে অদ্বিতীয় (unique) নহয়। কিছু পৰিসৰৰ (limits) ভিতৰত কিছু সালসলনি সম্ভৱ।

4.16 (b) কুণ্ডলী দুটাৰ মধ্যবিন্দুত $2d$ দৈৰ্ঘ্যৰ এক সৰু অঞ্চলত

$$B = \frac{\mu_0 IR^2 N}{2} \times \left[\left\{\left(\frac{R}{2}+d\right)^2 + R^2\right\}^{-3/2} + \left\{\left(\frac{R}{2}-d\right)^2 + R^2\right\}^{-3/2}\right]$$

$$\simeq \frac{\mu_0 IR^2 N}{2} \times \left(\frac{5R^2}{4}\right)^{-3/2} \times \left[\left(1+\frac{4d}{5R}\right)^{-3/2} + \left(1-\frac{4d}{5R}\right)^{-3/2}\right]$$

$$\simeq \frac{\mu_0 IR^2 N}{2R^3} \times \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \times \left[1-\frac{6d}{5R}+1+\frac{6d}{5R}\right]$$

ওপৰৰ দ্বিতীয় আৰু তৃতীয় ধাপত থকা ৰাশি d^2/R^2 আৰু d/R ৰ উচ্চতৰ ঘাতবোৰ উপেক্ষা কৰা হৈছে কিয়নো $\frac{d}{R} << 1$। (d/R) ৰ সাপেক্ষে ৰৈখিকভাৱে থকা ৰাশিবোৰ পৰস্পৰ বাতিল হয় ফলত এটা সৰু অঞ্চল এটাত এখন সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ স্থাপিত হয় ঃ

$$B = \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \frac{\mu_0 IN}{R} \simeq 0.72 \frac{\mu_0 IN}{R}$$

4.17 ইংগিত ঃ এটা টৰয়ড (toroid) B ৰ মান উলিয়াবলৈ একেই চলেনয়ডৰ ফৰ্মুলা ব্যৱহাৰ হয় ঃ

$B \pm \mu_0\, nI$, ইয়াত $n = \frac{N}{2\pi r}$।

ক্ষেত্ৰ এখনৰ মান কেৱল তাঁৰৰ পাকেৰে আগুৰা মজ্জাৰ ভিতৰফালে শূন্য নহয়।

(a) শূন্য, (b) $3.0 \times 10^{-2}\,\text{T}$, (c) শূন্য। মন কৰা ক্ষেত্ৰখন টৰয়ডৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ দুয়োকাষে অলপ সলনি হয় যেতিয়া r ৰ মান আন্তঃব্যাসাৰ্দ্ধৰ পৰা বহিঃব্যাসাৰ্দ্ধলৈ পৰিবৰ্তিত হয়। উত্তৰ (b) গড় ব্যাসাৰ্দ্ধ $r = 25.5$ cm অনুসৰিহে।

4.18 (a) প্ৰাৰম্ভিক বেগ $\mathbf{v}$ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $\mathbf{B}$ ৰ সমান্তৰাল বা বিপৰীতমুখী সমান্তৰাল হয়।

(b) হয়, কাৰণ চৌম্বিক বলে বেগ $\mathbf{v}$ ৰ দিশ সলনি কৰিব পাৰে মান নহয়।

(c) $\mathbf{B}$ উলম্বভাৱে নিম্নমুখী দিশত হোৱা উচিত।

4.19 (a) 1.0 mm ব্যাসাৰ্দ্ধৰ বৃত্তাকাৰ পথ $\mathbf{B}$ ৰ লম্ব।

(b) 0.5 mm ব্যাসাৰ্দ্ধৰ সৰ্পিল পথৰ বেগৰ উপাংশ $2.3 \times 10^7\,\text{ms}^{-1}$, $\mathbf{B}$ ৰ দিশত।

..20 ডিউটেৰিয়াম আয়ন বা ডিউটেৰণ; উত্তৰটো একক বা অদ্বিতীয় (unique) নহয়, কাৰণ আধানৰ সৈতে ভৰৰ অনুপাতহে মাত্ৰ নিৰ্ণয় কৰা হৈছে। আন সম্ভাব্য উত্তৰসমূহ হ'ল He^{++}, Li^{+++} ইত্যাদি।

4.21 (a) এখন আনুভূমিক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ যাৰ মান 0.26 T, পৰিবাহীৰ লম্বভাৱে এনে এক দিশত থাকে যে ফ্লেমিঙৰ বাঁওহতীয়া নিয়মানুযায়ী ওপৰলৈ চৌম্বিক বল প্ৰাপ্ত হয়।

(b) 1.176 N

4.22 $1.2\,\text{Nm}^{-2}$; বিকৰ্ষণী। মন কৰা তাঁৰ ডালত প্ৰয়োগ মুঠ বল $1.2 \times 0.7 = 0.84$ N মোটামুটিভাৱে শুদ্ধ উত্তৰহে, কাৰণ $F = \frac{\mu_0}{2\pi r} I_1 I_2$ এই একক দৈৰ্ঘ্যত বলৰ ফৰ্মুলাটো স্পষ্টকৈ অসীম দূৰত্বৰ পৰিবাহীৰ বাবেহে প্ৰযোজ্য।

4.23 (a) 2.1 N উলম্বভাৱে উৰ্দ্ধমুখী

(b) 2.1 N উলম্বভাৱে নিম্নমুখী (প্ৰবাহৰ দিশ আৰু **B** ৰ মাজৰ যিকোনো কোণৰ বাবে সত্য, কিয়নো $l \sin\theta$ ৰ মান 20 cm স্থিৰে (fixed) থাকে।

(c) 1.68 N উলম্বভাৱে তললৈ বা নিম্নমুখী।

4.24 ব্যৱহাৰ কৰা $\tau = I\mathbf{A} \times \mathbf{B}$ আৰু $\mathbf{F} = I\mathbf{l} \times \mathbf{B}$

(a) 1.8×10^{-2} Nm, y অক্ষৰ দিশে

(b) (a) ৰ সৈতে একে।

(c) 1.8×10^{-2} Nm, $-x$ অক্ষৰ ফালে।

(d) 1.8×10^{-2} Nm, $+x$ অক্ষৰ দিশৰ লগত 240° কোণ কৰি।

(e) শূন্য।

(f) শূন্য।

বলৰ মান প্ৰতিটো ক্ষেত্ৰতেই শূন্য (e) সুস্থিৰ সাম্যবস্থা অনুসাৰে আৰু (f) অস্থিৰ সাম্যবস্থাৰ বাবে

4.25 (a) শূন্য, (b) শূন্য, (c) প্ৰতিটো ইলেক্ট্ৰনৰ ওপৰত প্ৰয়োগ বল $evB = IB/(nA) = 5 \times 10^{-25}$N। মন কৰা উত্তৰ (c) য়ে কেৱল চৌম্বিক বল নিৰ্দেশ কৰে।

4.26 108 A

4.27 শ্ৰেণীবদ্ধ সজ্জাত ৰোধ = 5988 Ω

4.28 ছান্ট ৰোধ = 10 mΩ

পঞ্চম অধ্যায়

5.1 (a) চৌম্বিক চ্যুতি, বিনতি কোণ, ভূ-চুম্বকীয় আনুভূমিক উপাংশ।

(b) বৃটেইনত বেছি (প্ৰায় 70°), কাৰণ বৃটেইন চৌম্বিক উত্তৰ মেৰুৰ কাষত অৱস্থিত।

(c) পৃথিৱীৰ চুম্বকত্বৰ ফলত উৎপন্ন চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ **B** ৰ ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ ভূ-পৃষ্ঠৰ পৰা ওলোৱা বুলি ভবা হয়।

(d) পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ যেতিয়া চৌম্বিক মেৰুত উলম্ব হয়, তেতিয়া এডাল চুম্বক কাঁটাই মুক্তভাৱে এখন আনুভূমিক তলত লৰচৰ কৰিব পাৰে। সেই বাবে চুম্বক কাঁটাডালে সেই স্থানত যিকোনো দিশ নিৰ্দেশ কৰিব পাৰে।

(e) এটা চৌম্বিক দ্বিমেৰুৰ দ্বিমেৰু ভ্ৰামক **m**; দ্বিমেৰুটোৰ লম্ব দ্বিখণ্ডকত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ **B** ৰ মান উলিয়াবলৈ তলৰ ফৰ্মুলাটো ব্যৱহাৰ কৰা।

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

$m = 8 \times 10^{22}$ JT^{-1}, $r = 6.4 \times 10^6$ m ধৰিলে $B = 0.3$ G। এই মান পৃথিৱীত নিৰ্ণয় কৰা চৌম্বিক ক্ষেত্ৰখনৰ মানৰ লগত মিলিব পাৰি।

(f) কিয় নহ'ব? পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰখন মোটামুটিভাৱে এখন দ্বিমেৰু ক্ষেত্ৰ। উদাহৰণ স্বৰূপে চুম্বকত্বপ্ৰাপ্ত খনিজ ভাণ্ডাৰৰ বাবে স্থানীয় N–S মেৰুৰ উৎপত্তি হ'ব পাৰে।

5.2 (a) হয়, ই সময়ৰ সৈতে সলনি হয়। লক্ষণীয় পৰিবৰ্তনৰ বাবে, অৱশ্যে সময়ৰ মাপ কেইবা শ' বছৰ জুৰি হোৱা উচিত। তথাপিও কেইবা বছৰ জোৰা অতি কম সময় মাপৰ বাবেও হোৱা পৰিবৰ্তন সম্পূৰ্ণৰূপে উপেক্ষা কৰিব নোৱাৰি।

(b) কাৰণ গলিত লো (উচ্চ উষ্ণতাত থকা লোৰ অন্তৰ্ভাগৰ (core)ৰ অৱস্থা) লৌহ চুম্বক নহয়।

(c) এটা সম্ভৱনা হ'ল পৃথিৱীৰ অন্তৰ্ভাগত হোৱা তেজষ্ক্ৰিয় বিকিৰণ। কিন্তু কোনেও প্ৰকৃত কাৰণ ঠাৱৰ কৰিব নোৱাৰে। প্ৰশ্নটোৰ প্ৰকৃত উদ্দেশ্য জনাৰ বাবে তুমি এখন ভাল আধুনিক ভূ-চুম্বকত্বৰ কিতাপৰ সহায় ল'ব পাৰা।

(d) গোটমৰাৰ সময়ত কিছুমান শিলত কম পৰিমাণে হ'লেও চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ সাঁচ বৈ যায়। এনেবোৰ শিলাখণ্ডৰ চুম্বকত্ব বিশ্লেষণ কৰিলে ভূ-চুম্বকত্বৰ ইতিহাস সম্পৰ্কে জানিব পৰা অৱকাশ আছে।

(e) দূৰ দূৰত্বত ক্ষেত্ৰখন সংশোধিত হয়; এই সংশোধন আয়নবোৰৰ গতিৰ (পৃথিৱীৰ ওপৰৰ আয়নস্পিয়াৰত) ফলত সৃষ্টি হোৱা ক্ষেত্ৰৰ বাবে হয়। পাছৰটো অজাগতিক (extra-terrestrial) বিশৃংখল যেনে সৌৰ বতাহ আদিৰ বাবে সংবেদনশীল।

(f) $R=\dfrac{mv}{eB}$ সম্বন্ধটোৰ পৰা দেখা যায় যে, এখন অতি সৰু (ক্ষুদ্ৰ) ক্ষেত্ৰই আধান কণাবোৰক বেছি ব্যাসাৰ্দ্ধৰ বৃত্তাকাৰ পথত বিচ্যুতি কৰায়। কম দূৰত্বৰ বাবে তেনে বেছি ব্যাসাৰ্দ্ধৰ বৃত্তাকাৰ কক্ষৰ বিচ্যুতি লক্ষণীয় নহ'ব পাৰে, কিন্তু বিশাল আন্তঃনাক্ষত্ৰিক (gigantic interstellar) দূৰত্বৰ বাবে এই বিচ্যুতিয়ে আহিত কণাৰ পথত গুৰুত্বপূৰ্ণ প্ৰভাৱ পেলাব পাৰে। উদাহৰণ স্বৰূপে, মহাজাগতিক ৰশ্মি।

5.3 0.36 T

5.4 (a) **m**, **B** ৰ সমান্তৰাল $U = -mB = -4.8 \times 10^{-2}$ J; সুস্থিৰ

(b) **m**, **B** ৰ অসমান্তৰাল; $U = +mB = +4.8 \times 10^{-2}$ J; অস্থিৰ

5.5 0.60 JT^{-1}, চলেনয়েডৰ অক্ষৰ সমৰেখীয়ভাৱে প্ৰবাহৰ দিশে নিৰ্দিষ্ট কৰা দিশত।

5.6 7.5×10^{-2} J

5.7 (a) (i) 0.33 J, (ii) 0.66 J

(b) (i) 0.33 J সম্পন্ন টৰ্ক, যাৰ দিশে চৌম্বিক ভ্ৰামক ভেক্টৰটোক **B** ৰ দিশৰ সৈতে একৰৈখিকভাৱে ৰাখিব বিচাৰে। (ii) শূন্য।

5.8 (a) 1.28 Am^2, অক্ষৰ দিশে যাৰ দিশ সোঁহতীয়া স্ক্ৰুৰ নিয়মেৰে প্ৰবাহৰ দিশৰ সৈতে জড়িত।

(b) সুষম ক্ষেত্ৰত বল শূন্য; টৰ্ক = 0.048 Nm; ইয়াৰ দিশ এনেকুৱা হয় যে ই চলেনয়ডৰ অক্ষক (অৰ্থাৎ ইয়াৰ মান ভ্ৰামক ভেক্টৰ) **B** ৰ দিশৰ সৈতে একে কৰিব বিচাৰে।

5.9 ব্যৱহাৰ কৰা $I = mB/(4\pi^2 v^2)$; $m=N/A$ তেতিয়া $I = 1.2 \times 10^{-4}\ kgm^2$

5.10 $B = 0.35 \sec 22^0 \simeq 0.38$ G

5.11 আমাৰ পৃথিৱীৰ ভৌগোলিক মধ্যতলৰ 12° পশ্চিমে থকা উলম্ব তলত অৱস্থিত যিয়ে আনুভূমিক দিশৰ (চৌম্বিক দক্ষিণ মেৰুৰ পৰা উত্তৰ মেৰুলৈ) সৈতে ওপৰৰ পিনে 60° কোণ কৰে। মান = 0.32 G।

5.12 (a) 0.96 G, S-N ৰ দিশে।

(b) 0.48 G, N-S ৰ দিশে।

5.13 0.54 G, পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দিশে।

5.14 সাধাৰণ দ্বিখণ্ডকত $14 \times 2^{-1/3} = 11.1$ cm।

5.15 (a) $(\mu_0 m)/(4\pi r^3) = 0.42 \times 10^{-4}$ যিয়ে দিয়ে, $r = 5.0$ cm।

(b) $(2\mu_0 m)/(4\pi r_1^3) = 0.42 \times 10^{-4}$, অৰ্থাৎ $r_1 = 2^{1/3}\ r = 6.3$ cm।

5.16 (a) দ্বিমেৰু বিলাকৰ যাদৃচ্ছিক তাপীয় গতিৰ ফলত ইয়াৰ সংৰেখন (alignment) (চুম্বকায়ন ক্ষেত্ৰৰ সৈতে) ভঙাৰ উপক্ৰম হয়, যি নিম্ন উষ্ণতাত হ্ৰাস হয়।

(b) পৰমাণু বিলাকৰ আন্তঃগতি যিয়েই নহওক, অপচুম্বকীয় পদাৰ্থত আবিষ্ট দ্বিমেৰু ভ্ৰামকে সদায় চুম্বকায়ন ক্ষেত্ৰৰ বিৰোধ কৰে।

(c) অলপমান কম হয়, যিহেতু বিচ্‌মাঠ (bismuth) এটা অপচুম্বকীয় পদাৰ্থ।

(d) নহয়, কিয়নো ইয়াক চুম্বকায়ন লেখৰ পৰা নিশ্চয়কৈ ক'ব পাৰি। লেখৰ নতি (slope) ৰ পৰা এইটো স্পষ্ট যে ক্ষেত্ৰখনৰ প্ৰাবল্য কম হ'লে m ৰ মান বেছি হয়।

(e) এই দৰকাৰী সত্যটোৰ প্ৰমাণ, মাধ্যম দুটাৰ সন্ধিতল (interface)ৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ (B অথবা H) ৰ সীমান্ত চৰ্ত (boundary conditions) ৰ ওপৰত ভিত্তি কৰি দিয়া হয়। সবিশেষ ব্যাখ্যা। এই পাঠ্যপুথিৰ গণ্ডীৰ বাহিৰত)

(f) হয়, দুটা বেলেগ প্ৰকাৰৰ পদাৰ্থৰ প্ৰতিটো আণৱিক দ্বিমেৰুৰ প্ৰাবল্যৰ মাজত অলপমান পাৰ্থক্য থাকিলেও, চুম্বকায়নৰ পৰিপূৰ্তিত অৱস্থাত একে ক্ৰমৰ চুম্বকায়ন লাভ কৰে। অৱশ্যে পৰিপূৰ্তিত অৱস্থা পাবলৈ অবাস্তব এবলৰ উচ্চ চুম্বকায়ন ক্ষেত্ৰৰ প্ৰয়োজন হ'ব।

5.17 (b) কাৰ্বন তাঁখাৰ টুকুৰা, কাৰণ প্ৰতিটো চক্ৰত হেৰুৱা তাপ, বিলম্বন ঘেৰৰ কালিৰ সমানুপাতিক।

(c) লৌহ চুম্বকৰ চুম্বকায়ন, চুম্বকায়ন ক্ষেত্ৰৰ একক মানৰ ফলন নহয়। ইয়াৰ মান এক নিৰ্দিষ্ট ক্ষেত্ৰৰ বাবে, ক্ষেত্ৰৰ মান আৰু চুম্বকায়ন ইতিহাসৰ (অৰ্থাৎ চুম্বকায়নৰ কেইটা চক্ৰ পাৰ হ'ল ইত্যাদি) ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। অন্য কথাত, চুম্বকায়নৰ মানে ইয়াৰ সৃষ্টিৰ বাবে নিয়োজিত চক্ৰৰ স্মৃতি বা সাঁচ সূচায়। যদি তথ্য বিট'বোৰ (information bits) এইবোৰ চক্ৰ অনুসাৰে কৰা হয়, তেতিয়া এই নিকায়টোৱে (system) এনে এটা বিলম্বন ঘেৰ প্ৰদৰ্শন কৰে, যিটো তথ্য সঞ্চয় কৰা এক আহিলা হিচাপে কাম কৰিব পাৰে।

(d) চিৰামিক (Ceramics) (বিশেষভাৱে প্ৰস্তুত বেৰিয়াম আইৰণ অক্সাইড), ফেৰাইট (ferrites) বুলিও কোৱা হয়।

(e) কোমল লোৰ আস্তৰিৰে অঞ্চলটো বেষ্টিত কৰা। চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰ ৰেখাসমূহ আস্তৰিলৈ সোমাই আহিব; আৰু ভিতৰৰ আগুৰি থকা অংশটো চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ পৰা মুক্ত হৈ থাকিব। কিন্তু এই আবৰণ মাত্ৰ এক থূলমূল হিচাপহে (approx); এক বাহ্যিক বিদ্যুত ক্ষেত্ৰত থোৱা পৰিবাহী এটাত থকা বিবৰত হোৱাৰ দৰে নিখুঁতভাৱে নহয়।

5.18 কেৰকাডালৰ অভিমুখে আৰু ওপৰফালে সমান্তৰালভাৱে 1.5 cm দূৰত্বত।

5.19 কেবল বা সংগ্ৰথিত তাঁৰৰ তলত :

$R_h = 0.39 \cos 35° - 0.2$

$= 0.12$ G

$R_v = 0.36 \sin 35° = 0.22$ G

$R = \sqrt{R_h^2 + R_v^2} = 0.25$ G

$\theta = \tan^{-1}\dfrac{R_v}{R_h} = 62°$

তাঁৰৰ ওপৰত :

$R_h = 0.39 \cos 35^0 + 0.2$

$= 0.52$ G

$R_v = 0.224$ G

$R = 0.57$ G, $\theta = 23^0$

5.20 (a) $B_h = (\mu_0 IN/2r)\cos 45° = 0.39$ G

(b) পূবৰ পৰা পশ্চিমলৈ (অৰ্থাৎ চৌম্বিক কাঁটা ইয়াৰ পূৰ্বৰ দিশৰ ওলোটা হয়।)

5.21 আন ক্ষেত্ৰৰ মান :

$$= \frac{1.2\times10^{-2}\times\sin 15°}{\sin 45°}$$

$$= 4.4\times10^{-3} \text{ T}$$

5.22 $R = \dfrac{meV}{eB}$

DAILY ASSAM

$= \frac{\sqrt{2m_e \times \text{গতিশক্তি}}}{eB}$

$= 11.3$ m

ওপৰলৈ বা তললৈ বিচ্যুতি = R (1-cosθ)

য'ত sinθ = 0.3/11.3. আমি পাম, বিচ্যুতি = 4 mm।

5.23 আৰম্ভণিতে, মুঠ দ্বিমেৰু ভ্ৰামক

$= 0.15 \times 1.5 \times 10^{-23} \times 2.0 \times 10^{24}$

$= 4.5 \text{ JT}^{-1}$

কুৰীৰ সূত্ৰ $m \propto B/T$ প্ৰয়োগ কৰি চূড়ান্ত দ্বিমেৰু ভ্ৰামক

$= 4.5 \times (0.98/0.84) \times (4.2/2.8)$

$= 7.9 \text{ JT}^{-1}$

5.24 ফৰ্মুলা $B = \frac{\mu_r \mu_o NI}{2\pi R}$ ব্যৱহাৰ কৰিলে,

য'ত μ_r (আপেক্ষিক প্ৰৱেশ্যতা) $B = 4.48$ T।

5.25 দুয়োটাৰ ভিতৰত, $\mu_l = -(e/2m)l$ সমন্ধটো ধ্ৰূপদীয় পদাৰ্থ বিদ্যাৰ পৰা পোৱা হয়। μ_l আৰু l ৰ সংজ্ঞাৰ পৰা এইটো সহজেই অনুমেয়

$\mu_l = IA = (e/T)\pi r^2$

$l = m\upsilon r = m\frac{2\pi r^2}{T}$

ইয়াত r হ'ল বৃত্তাকাৰ কক্ষৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ, য'ত m ভৰ আৰু $(-e)$ আধান বিশিষ্ট ইলেক্ট্ৰনটোৱে T সময়ত ঘূৰ্ণন সম্পূৰ্ণ কৰে। স্পষ্টকৈ, $\vec{\mu}_1 = -\left(\frac{2}{2m}\right)\vec{l}$

যিহেতু ইলেক্ট্ৰনৰ আধান ঋণাত্মক $(= -e)$, μ আৰু l বিপৰীতমুখী সমান্তৰাল আৰু দুয়োটাই কক্ষতল (plane of the orbit) ৰ লম্ব সেই বাবে, $\vec{\mu}_1 = -\left(\frac{e}{2m}\right)\vec{l}$ । মন কৰা, μ_s/l ৰ সলনি μ_1/S ৰ বাবে মান হ'ল e/m, অৰ্থাৎ ধ্ৰূপদীয় পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ পৰা পোৱা মানৰ দুগুণ। এই পিছৰ মানটো আধুনিক কোৱাণ্টাম তত্বৰ এক ফলাফল (পৰীক্ষামূলকভাৱে প্ৰমাণিত) যি ধ্ৰূপদীয় পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ জৰিয়তে পাব নোৱাৰি।

ষষ্ঠ অধ্যায়

6.1
(a) qrpq ৰ ফালে

(b) prq ৰ ফালে, yzx ৰ ফালে।

(c) yzx ৰ ফালে

(d) zyx ৰ ফালে

(e) xry ৰ ফালে

(f) আবিষ্ট প্ৰবাহ নাই, কিয়নো ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ ঘেৰটোৰ সমতলত অৱস্থান কৰে।

6.2
(a) adcd ৰ ফালে (আকাৰ সলনিৰ সময়ত পৃষ্ঠতলৰ মাজেৰে পাৰ হৈ যোৱা ফ্লাক্সৰ পৰিমাণ বাঢ়ে; সেই বাবে আবিষ্ট প্ৰবাহে বিৰোধী ফ্লাক্স উৎপন্ন কৰে।

(b) a'd'c'b' ৰ ফালে (প্ৰক্ৰিয়াটোত ফ্লাক্স কমে)

6.3 7.5×10^{-6} V

6.4 (1) 2.4×10^{-4} V, 2 s লৈ বৰ্তি থাকে।

(2) 0.6×10^{-4} V, 8 s লৈ বৰ্তি থাকে।

6.5 100 V

6.6 ঘেৰটোৰ প্ৰতিটো পাকৰ মাজেৰে যোৱা ফ্লাক্স $= \pi r^2 B \cos(\omega t)$

$\varepsilon = -N \omega \pi r^2 B \sin(\omega t)$

$\varepsilon_{max} = -N \omega \pi r^2 B$

$= 20 \times 50 \times \pi \times 64 \times 10^{-4} \times 3.0 \times 10^{-2} = 0.603$ V

এটা চক্ৰত $\varepsilon_{গড়}$ শূন্য

$I_{max} = 0.0603$ A

$$P_{গড়} = \frac{1}{2} \varepsilon_{max} I_{max} = 0.018 \text{ W}$$

আবিষ্ট প্ৰবাহে টৰ্কৰ সৃষ্টি কৰে যিয়ে কুণ্ডলীৰ ঘূৰ্ণন গতিত বাধা দিয়ে। এটা বাহ্যিক এজেণ্টে (ৰটৰ) টৰ্কৰ যোগান (আৰু কাৰ্য কৰা) ধৰে আৰু উক্ত টৰ্কটো বিৰোধ কৰি কুণ্ডলীটোৰ সুষম ঘূৰ্ণন গতি বৰ্তাই ৰাখে।

6.7 (a) 1.5×10^{-3} V, (b) পশ্চিমৰ পৰা পুবলৈ, (c) পুৰ্বোত্তৰ দিশত।

6.8 4 H

6.9 30 Wb

6.10 **B** ৰ উলম্ব উপাংশ

$= 5.0 \times 10^{-4} \sin 30^\circ$

$= 2.5 \times 10^{-4}$ T

$\varepsilon = Blv$

$\varepsilon = 2.5 \times 10^{-4} \times 25 \times 500$

$= 3.125$ V

আবিষ্ট বিদ্যুত চালক বল 3.1 V (অৰ্থবহ অংক ব্যবহাৰ কৰি) এইটো উত্তৰৰ বাবে পাখিৰ দিশ গুৰুত্বপূৰ্ণ নহয় (ই আনুভূমিক হৈ থকালৈকে)।

6.11 আবিষ্ট বিদ্যুত চালক বল $= 8 \times 2 \times 10^{-4} \times 0.02 = 3.2 \times 10^{-5}$ V।

আবিষ্ট প্ৰবাহ $= 2 \times 10^{-5}$ A

ক্ষমতাৰ অপচয় $= 6.4 \times 10^{-10}$ W

এই ক্ষমতাৰ উৎস হ'ল বাহ্যিক কাৰকটো (agent) যিয়ে সময়ৰ সৈতে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰখনৰ সলনি কৰে।

6.12 B ৰ সময়ৰ লগত হোৱা সাল সলনিৰ বাবে ফ্লাক্সৰ পৰিবৰ্তনৰ হাৰ

$= 144 \times 10^{-4}$ m$^2 \times 10^{-3}$ T s^{-1}

$= 1.44 \times 10^{-5}$ Wb s^{-1}

অসুষম B ত ঘেৰৰ গতিৰ বাবে হোৱা ফ্লাক্সৰ পৰিবৰ্তনৰ হাৰ

$= 144 \times 10^{-4}$ m$^2 \times 10^{-3}$ Tcm$^{-1} \times 8$ cm s^{1}

$= 11.52 \times 10^{-5}$ Wb s^{-1}

দুয়োটা প্ৰভাৱ যোগ হয়, যিহেতু দুয়ো ধনাত্মক z অক্ষৰ দিশত ফ্লাক্স হ্ৰাস কৰে। সেই বাবে আবিষ্ট বিদ্যুত চালক বল $= 12.96 \times 10^{-5}$ V; আবিষ্ট বিদ্যুত প্ৰবাহ $= 2.88 \times 10^{-2}$ A। আবিষ্ট প্ৰবাহৰ দিশ এনে হয় যে ই ধনাত্মক z দিশত ঘেৰৰ মাজেৰে পাৰ হোৱা ফ্লাক্সৰ পৰিমাণ বৃদ্ধি কৰে। পৰ্যবেক্ষকৰ বাবে ঘেৰটো যদি সোঁফালে গতি কৰে, প্ৰবাহৰ দিশ ঘড়ীৰ কাঁটাৰ বিপৰীত দিশে দেখা

যাব। ওপৰৰ কাৰ্য প্ৰণালীৰ এটা উত্তম প্ৰমাণ তলত দিয়া ধৰণে দিব পাৰি।

$$\Phi(t) = \int_0^a aB(x,t)\,dx$$

$$\frac{d\Phi}{dt} = a\int_0^a dx \frac{dB(x,t)}{dt}$$

ইয়াত ব্যৱহাৰ কৰা হৈছে—

$$\frac{dB}{dt} = \frac{\partial B}{\partial t} + \frac{\partial B}{\partial x}\frac{dx}{dt}$$

$$= \left[\frac{\partial B}{\partial t} + v\frac{\partial B}{\partial x}\right]$$

আমি পাওঁ,

$$\frac{d\Phi}{dt} = a\int_0^a dx\left[\frac{\partial B(x,t)}{\partial t} + v\frac{\partial B(x,t)}{\partial x}\right]$$

$$= A\left[\frac{\partial B}{\partial t} + v\frac{\partial B}{\partial x}\right]$$

ইয়াত $A = a^2$

$\left(\frac{\partial B}{\partial t}\right)$, $\left(\frac{\partial B}{\partial x}\right)$ আৰু v ধ্ৰুৱক হিচাপে সমস্যাটোত ব্যৱহাৰ হোৱা বাবে শেষৰ পদটো পোৱা গৈছে।

এতিয়াও যদি তুমি উপৰোক্ত প্ৰমাণ বুজি পোৱা নাই (য'ত কলন গণিতৰ কিছু ভাল জ্ঞানৰ প্ৰয়োজন হয়), তেতিয়াও তুমি উপলব্ধি কৰিব পাৰা যে যেনে গতি আৰু সময়ৰ লগত পৰিবৰ্তনশীল চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ বাবে ফ্লাক্সৰ পৰিবৰ্তন ঘটিব পাৰে।

6.13 $Q = \int_{t_i}^{t_f} I\,dt$

$$= \frac{1}{R}\int_{t_i}^{t_f} \varepsilon\,dt$$

$$= -\frac{N}{R}\int_{\Phi_i}^{\Phi_f} d\Phi$$

$$= \frac{N}{R}(\Phi_i - \Phi_f)$$

$N = 25$, $R = 0.50\ \Omega$, $Q = 7.5 \times 10^{-3}$ C

$\Phi_f = 0$, $A = 2.0 \times 10^{-4}\ m^2$, $\Phi_i = 1.5 \times 10^{-4}$ Wb

$B = \Phi_i/A = 0.75$ T

6.14 $|\varepsilon| = vBl = 0.12 \times 0.50 \times 0.15 = 9.0$ mV;

P ধনাত্মক মূৰ আৰু Q ঋণাত্মক মূৰ।

(b) হয়, যেতিয়া K বন্ধ কৰা হয়, অতিৰিক্ত আধানৰ পৰিমাণ প্ৰবাহৰ নিৰৱচ্ছিন্ন গতিয়ে নিয়ন্ত্ৰণ কৰে।

(c) চৌম্বিক বলটো বৈদ্যুতিক বলে প্ৰশমিত কৰে, যি বৈদ্যুতিক বল দণ্ডডালৰ দুই মূৰে বিপৰীত প্ৰকৃতিৰ অতিৰিক্ত আধান জমা হোৱাৰ ফলত সৃষ্টি হয়।

(d) মন্থৰণ বল = IBl

$$= \frac{9\,\text{mV}}{9\,\text{m}\Omega} \times 0.5\,\text{T} \times 0.15\,\text{m}$$

$$= 75 \times 10^{-3}\,\text{N}$$

(e) উপৰোক্ত মন্থৰণ বলৰ বিপক্ষে এটা বাহ্যিক কাৰকে ক্ষমতাৰ ব্যয় কৰে, যিয়ে মাৰিডালক 12 cm s^{-1} সুষম বেগেৰে গতি কৰায়।

ক্ষমতাৰ ব্যয় $= 75 \times 10^{-3} \times 12 \times 10^{-2} = 9.0 \times 10^{-3}\,\text{W}$

যেতিয়া, K খোলা থাকে, ক্ষমতাৰ ব্যয় নহয়।

(f) $I^2R = 1 \times 1 \times 9 \times 10^{-3} = 9.0 \times 10^{-3}\,\text{W}$

এই ক্ষমতাৰ উৎস হ'ল উপৰোক্ত গণনাৰ অন্তত পোৱাৰ দৰে বাহ্যিক কাৰকে দিয়া ক্ষমতা।

(g) শূন্য; মাৰিডালৰ গতিয়ে ক্ষেত্ৰ ৰেখা কটাকটি নকৰে। (মন কৰা ঃ PQ ৰ দৈৰ্ঘ্য ৰেল লাইন দুটাৰ মাজৰ দূৰত্ব বুলি ধৰা হৈছে)

6.15 $B = \dfrac{\mu_0 NI}{l}$

(চলেনয়ডৰ ভিতৰত দুই মূৰৰ আঁতৰত)

$$\Phi = \frac{\mu_0 NI}{l} A$$

মুঠ সংযোজিত ফ্লাক্স $= NF$

$$= \frac{\mu_0 N^2 A}{l} I$$

(B ত দুই মূৰৰ পৰিবৰ্তন উপেক্ষা কৰি)

$$|\varepsilon| = \frac{\text{d}}{\text{d}t}(N\Phi)$$

$$|e| = \frac{\text{ফ্লাক্সৰ মুঠ পৰিবৰ্তন}}{\text{মুঠ সময়}}$$

$$|\varepsilon|_{av} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 25 \times 10^{-4}}{0.3 \times 10^{-3}} \times (500)^2 \times 2.5$$

$$= 6.5\,\text{V}$$

6.16 $M = \dfrac{\mu_0 a}{2\pi} \ln\left(1 + \dfrac{a}{x}\right)$

$\varepsilon = 1.7 \times 10^{-5}\,\text{V}$

6.17 $-\dfrac{B\pi a^2 \lambda}{MR}\hat{\mathbf{k}}$

DAILY ASSAM

7.1 (a) 2.20 A

(b) 484 W

7.2 (a) $\frac{300}{\sqrt{2}} = 212.1$ V

(b) $10\sqrt{2} = 14.1$ A

7.3 15.9 A

7.4 2. 9 A

7.5 শূন্য, প্ৰতিটো ক্ষেত্ৰত

7.6 125 s^{-1}; 25

7.7 1.1×10^{3} s

7.8 0.6 J, পিছৰ সময়ত একেই

7.9 2,000 W

7.10 $\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC}}$, i.e., $C = \frac{1}{4\pi^2\nu^2 L}$

$L = 200$ μH, $\nu = 1200$ kHz, $C = 87.9$ pF

$L = 200$ μH, $\nu = 800$ kHz, $C = 197.8$ pF

পৰিবৰ্তনশীল ধাৰক (variable capacitor) ৰ পৰিসৰ 88 pF ৰ পৰা 198 pF ৰ ভিতৰত হোৱা উচিত।

7.11 (a) 50 rad s^{-1}

(b) 40 Ω, 8.1 A

(c) $V_{Lrms} = 1437.5$ V, $V_{Crms} = 1437.5$ V, $V_{Rrms} = 230$ V

$$V_{LCrms} = I_{rms}\left(\omega_0 L - \frac{1}{\omega_0 C}\right) = 0$$

7.12 (a) 1.0 J। হয় L আৰু C ত জমা হোৱা মুঠ শক্তি সংৰক্ষিত হ'ব যদি $R = 0$ হয়।

(b) $\omega = 10^3$ rad s^{-1}, $\nu = 159$ Hz

(c) $q = q_0 \cos \omega t$

(i) $t = 0, \frac{T}{2}, T, \frac{3T}{2}$,....., সময়ত জমা হোৱা শক্তি সম্পূৰ্ণৰূপে বৈদ্যুতিক।

(ii) $t = \frac{T}{4}, \frac{3T}{4}, \frac{5T}{4}$ ...., য'ত $T = \frac{1}{\nu} = 6.3$ ms, জমা হোৱা মুঠ শক্তি সম্পূৰ্ণৰূপে চৌম্বিক (অৰ্থাৎ বৈদ্যুতিক শক্তি শূন্য)।

(d) $t = \frac{T}{8}, \frac{3T}{8}, \frac{5T}{8}$ ...., সময়ত, কাৰণ $q = q_0 \cos\frac{\omega T}{8} = q_0 \cos\frac{\pi}{4} = \frac{q_0}{\sqrt{2}}$

সেইবাবে বৈদ্যুতিক শক্তি $= \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{2}\left(\frac{q_0^2}{2C}\right)$, মুঠ শক্তিৰ অৰ্ধেক।

(e) অৱশেষত R য়ে LC দোলন অৱমন্দিত কৰে। সকলো প্ৰাৰম্ভিক শক্তি (= 1.0 J) শেষত তাপ হিচাপে অপচয় হয়।

7.13 LR বৰ্তনীত যদি $V = V_0 \sin \omega t$ হয়,

তেন্তে $I = \dfrac{V_0}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \sin(\omega t - \phi)$, য'ত $\tan\phi = (\omega L / R)$

(a) $I_0 = 1.82$ A

(b) V সৰ্বোচ্চ $t = 0$ সময়ত, আৰু I সৰ্বোচ্চ $t = (\phi / \omega)$ সময়ত।

এতিয়া $\tan\phi = \dfrac{2\pi \nu L}{R} = 1.571$ বা $\phi = 57.5^0$

সেই বাবে পিছপৰা সময় (time lag) $= \left(\dfrac{57.5\pi}{180}\right) \times \dfrac{1}{2\pi \times 50} = 3.2$ ms

7.14 (a) $I_0 = 1.1 \times 10^{-2}$ A

(b) $\tan\phi = 100\,\pi$, ϕ কোণ to $\pi/2$ ৰ সমীপত

কম কম্পনাংকৰ অৱস্থাতকৈ (অনুশীলনী 7.13) I_0 বহু পৰিমাণে সৰু; সেয়েহে উচ্চ কম্পনাংকে বিলাকত L প্ৰায় খোলা বৰ্তনীৰ দৰে হয়। এটা dc বৰ্তনীত (সুস্থিৰ অৱস্থালৈ অহাৰ পাছত) = 0, সেই বাবে ইয়াত L টোৱে বিশুদ্ধ পৰিবাহীৰ দৰে কাম কৰে।

7.15 RC বৰ্তনীৰ বাবে যদি $V = V_0 \sin\omega t$ হয়, তেন্তে

$I = \dfrac{V_0}{\sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2}} \sin(\omega t + \phi)$ য'ত $\tan\phi = \dfrac{1}{\omega C R}$

(a) $I_0 = 3.23$ A

(b) $\phi = 33.5^\circ$

পিছপৰা সময় $= \dfrac{\phi}{\omega} = 1.55$ ms

7.16 (a) $I_0 = 3.88$ A

(b) $\phi = 0.2$ আৰু ই উচ্চ কম্পনাংকেত প্ৰায় শূন্য। সেই বাবে উচ্চ কম্পনাংকত C এটা পৰিবাহী হিচাপে কাম কৰে। সুস্থিৰ অৱস্থাৰ পিছত এটা dc বৰ্তনীত $\omega = 0$ আৰু C খোলা বৰ্তনীৰ দৰে হয়।

7.17 সমান্তৰাল LCR বৰ্তনীৰ প্ৰয়োজনীয় প্ৰতিবাধা (effective impedence)

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}$$

$\omega = \omega_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$ হ'লে উপৰোক্ত প্ৰতিবাধা সৰ্বনিম্ন হয়।

সেই বাবে $\omega = \omega_0$ হ'লে $|Z|$ সৰ্বোচ্চ হয় আৰু মুঠ প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ সৰ্বনিম্ন হয়।

R সংযোজী বাহুত $I_{Lrms} = 5.75$ A

L সংযোজী বাহুত $I_{Lrms} = 0.92$ A

C সংযোজী বাহুত $I_{Crms} = 0.92$ A

মন কৰা : মুঠ প্ৰবাহৰ পৰিমাণ $I_{rms} = 5.75$ A; যিহেতু L আৰু C শাখাৰ প্ৰবাহ 180° দশা পাৰ্থক্যত থাকে, সেয়েহে প্ৰতিটো চক্ৰৰ বাবে প্ৰবাহ যোগ হৈ শূন্য মানৰ হয়।

7.18 (a) $V = V_0 \sin \omega t$ হ'লে

$$I = \frac{V_0}{\left|\omega L - \frac{1}{\omega C}\right|} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right); \text{ যদি } R = 0$$

ইয়াত যদি $\omega L > 1/\omega C$ হয়, তেন্তে – চিহ্ন আৰু $\omega L < 1/\omega C$ ৰ বাবে + চিহ্ন আহিব।

$I_0 = 11.6$ A, $I_{rms} = 8.24$ A

(b) $V_{Lrms} = 207$ V, $V_{Crms} = 437$ V

(মন কৰা ঃ 437 – 207 = 230 V, এই ক্ষেত্ৰত প্ৰয়োগ হোৱা গড় বৰ্গমূলৰ ভল্টেজৰ সমান। L আৰু C ৰ দুয়ো মূৰে বিভৱভেদ বিয়োগ হয়, কাৰণ এইবোৰ পৰস্পৰ 180° বিপৰীত দশাত থাকে।)

(c) প্ৰবাহৰ পৰিমাণ I, L ত যিয়েই নহওক কিয়, প্ৰকৃত বিভৱভেদে প্ৰবাহতকৈ $\pi/2$ পৰিমাণ আগবাঢ়ি থাকে। সেই বাবে L য়ে ব্যয় কৰা গড় ক্ষমতা শূন্য।

(d) C ৰ বাবে বিভৱভেদ $\pi/2$ পৰিমাণে পিছপৰি থাকে। পুনৰ C য়ে ব্যয় কৰা গড় ক্ষমতা শূন্য।

(e) মুঠ শোষিত গড় ক্ষমতা শূন্য।

7.19 $I_{rms} = 7.26$ A

R ৰ'লৈ গড় ক্ষমতা = $I_{rms}^2 R = 791$ W

L লৈ গড় ক্ষমতা = C লৈ গড় ক্ষমতা = 0

মুঠ শোষিত ক্ষমতা = 791 W

7.20 (a) $\omega_0 = 4167$ rad s^{-1}, $\nu_0 = 663$ Hz

$I_0^{max} = 14.1$ A

(b) $\bar{P} = (1/2) I_0^2 R$ কম্পনাংক 663 হাৰ্টজত ইয়াৰ মান সৰ্বোচ্চ হয়, যাৰ বাবে I_0 সৰ্বোচ্চ হয়,

$\bar{P}_{max} = (1/2)(I_{max})^2 R = 2300$ W

(c) $\omega = \omega_0 \pm \Delta\omega$ হ'লে, [মোটামুটিভাবে শুদ্ধ, যদি $(R/2L) << \omega_0$]।

$\Delta\omega = R/2L = 95.8$ rad s^{-1}, $\Delta\nu = \Delta\omega/2\pi = 15.2$ Hz

কম্পনাংক $\nu = 648$ হাৰ্টজ আৰু 678 হাৰ্টজ শীৰ্ষ ক্ষমতাৰ অৰ্ধেক অংশ শোষিত হয়। এই কম্পনাংকবোৰত প্ৰবাহ বিস্তাৰ হয় I_0^{max} ৰ $(1/\sqrt{2})$ গুণ, অৰ্থাৎ প্ৰবাহ বিস্তাৰ (শীৰ্ষ ক্ষমতাৰ অৰ্ধেক) 10 A।

(d) $Q = 21.7$

7.21 $\omega_0 = 111$ rad s^{-1}; $Q = 45$

ω_0 সলনি নকৰাকৈ Q দুগুণ কৰিবলৈ R ৰ মান 3.7 Ω লৈ হ্ৰাস কৰিব লাগিব।

7.22 (a) হয়, সেইটো গড় বৰ্গমূল বিভৱভেদৰ বাবে সত্য নহয়, কাৰণ বিভিন্ন উপাদান (elements) বোৰৰ দুয়োমূৰে পোৱা বিভৱভেদবোৰ একে দশাত নাথাকিবও পাৰে। উদাহৰণ স্বৰূপে অনুশীলন 7.18 ৰ উত্তৰ চোৱা।

(b) যেতিয়া বৰ্তনীটো খোলা হয়, এক উচ্চ আৱিষ্ট বিভৱভেদৰ সৃষ্টি হয়, যি ধাৰকটোক আহিতকৰণৰ বাবে ব্যৱহাৰ কৰা হয়, ফলত স্ফুলিংগ ইত্যাদিৰ পৰা হাত সাৰিব পাৰি।

(c) প্ৰত্যক্ষ (dc) প্ৰবাহৰ বাবে, L ৰ প্ৰতিবাধা উপেক্ষণীয় আৰু C অতি উচ্চ (অসীম), সেই বাবে প্ৰত্যক্ষ চিগনেল C ৰ মাজেৰে আহে। উচ্চ কম্পনাংকৰ পৰিবৰ্তী প্ৰবাহ (ac) ৰ বাবে L ৰ প্ৰতিবাধা উচ্চ আৰু C ৰ নিম্ন। সেয়ে পৰিবৰ্তী চিগনেল L ৰ মাজেৰে পাৰ হ'ব পাৰে।

(d) সুস্থিৰ প্ৰত্যক্ষ প্ৰবাহৰ বাবে L ৰ কোনো প্ৰভাৱ নাথাকে, লাগে ইয়াক লোৰ মজ্জাৰে বৰ্দ্ধিত

নকৰাওক কিয়। পৰিবৰ্তী প্ৰবাহৰ বাবে চাকি বা লেম্পটোৱে ক্ষীণকৈ পোহৰ দিব কাৰণ চ'ক (choke) ৰ অতিৰিক্ত প্ৰতিবাধা থাকে। লোৰ মজ্জা সুমুৱালে ই পুনৰ ক্ষীণ পোহৰ দিয়ে; কিয়নো লোৰ মজ্জাই চ'কৰ প্ৰতিবাধা বৃদ্ধি কৰে।

(e) এটা চ'ক কুণ্ডলীয়ে ক্ষমতাৰ অপচয় নোহোৱাকৈ টিউবটোৰ দুয়োকাষে বিভৱভেদ হ্ৰাস কৰে। এটা ৰোধে (resistor) তাপ হিচাপে ক্ষমতাৰ অপচয় কৰে।

7.23 400

7.24 হাইড্ৰইলেক্টিক ক্ষমতা $= h\rho g \times A \times v = h\rho g\beta$

ইয়াত $\beta = Av$, (প্ৰতি ছেকেণ্ডত এক প্ৰচ্ছেদৰ মাজেৰে প্ৰবাহিত পানীৰ আয়তন)

বৈদ্যুতিক ক্ষমতা $= 0.6 \times 300 \times 10^3 \times 9.8 \times 100$ W

$= 176$ MW

7.25 লাইনত ৰোধ (line resistance) $= 30 \times 0.5 = 15\ \Omega$.

লাইন গড় বৰ্গমূলৰ প্ৰবাহ $= \dfrac{800 \times 1000\ \text{W}}{4000\ \text{V}} = 200\ \text{A}$

(a) লাইন ক্ষমতা অপচয় $= (200\ \text{A})^2 \times 15\ \Omega = 600$ kW

(b) প্লেণ্টটোৰ পৰা ক্ষমতাৰ যোগান = 800 kW + 600 kW = 1400 kW.

(c) লাইনত বিভৱভেদ $= 200\ \text{A} \times 15\ \Omega = 3000$ V

প্লেণ্টটোত থকা পৰিবৰ্ধক ট্ৰেন্সফৰমাৰটো হ'ল 440 – 7000 V

7.26 প্ৰবাহ $= \dfrac{800 \times 1000\ \text{W}}{40{,}000\ \text{V}} = 20\ \text{A}$

(a) লাইন পাৱাৰ অপচয় $= (200\ \text{A})^2 \times (15\ \Omega) = 600$ kW.

(b) প্লেণ্টটোৱে যোগান ধৰা ক্ষমতা = 800 kW + 6 kW = 806 kW.

(c) লাইনত বিভৱভেদ $= 20\ \text{A} \times 15\ \Omega = 300$ V।

পৰিবৰ্ধক ট্ৰেন্সফৰ্মাৰটো 440 V – 40, 300 V। উচ্চ ভল্টেজ সৰবৰাহ কৰি এই ক্ষমতা অপচয়ৰ পৰিমাণ বহু শতাংশ কমাব পাৰি। অনুশীলনী 7.25 ত ক্ষমতা অপচয়ৰ শতাংশৰ পৰিমাণ (600/1400) ×100 = 43%।

এইটো অনুশীলনীত ইয়াৰ পৰিমাণ (6/806) ×100 = 0.74%।

অষ্টম অধ্যায়

8.1 (a) $C = \varepsilon_0 A/d = 80.1$ pF

$$\frac{dQ}{dt} = C\frac{dV}{dt}$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{0.15}{80.1 \times 10^{-12}} = 1.87 \times 10^9\ \text{V s}^{-1}$$

(b) $i_d = \varepsilon_0 \dfrac{d}{dt}\Phi_E$ । এতিয়া ধাৰকৰ দুয়োকাষে $\Phi_E = EA$, দুয়োটা মূৰৰ প্ৰান্তীয় সংশোধন উপেক্ষা কৰি।

সেইবাবে, $i_d = \varepsilon_0 A \frac{d\Phi_E}{dt}$

এতিয়া, $E = \frac{Q}{\varepsilon_0 A}$. সেই বাবে, $\frac{dE}{dt} = \frac{i}{\varepsilon_0 A}$,

ইয়াৰ পৰা দেখা যায় $i_d = i = 0.15$ A।

(c) হয়, যদিহে 'প্ৰবাহ' বোলোতে পৰিবহন আৰু সৰণ প্ৰবাহৰ যোগফলৰ মান বুজোৱা হয়।

8.2 (a) $I_{rms} = V_{rms}\, \omega C = 6.9\mu A$

(b) হয়, প্ৰবাহ 1 সময়ৰ সৈতে দোলন কৰিলেও অনুশীলনী 8.1(b) ত নিৰ্ণয় কৰা প্ৰকাশ ৰাশি শুদ্ধ।

(c) ফৰ্মূলা $B = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{r}{R^2} i_d$

ইয়াত i_d সময়ৰ সতে দোলন (আৰু ফলত B) কৰিলেও ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰি। উপৰোক্ত ফৰ্মূলাটোৱে দেখুৱায় যে সিহঁত দশাত থাকি দোলন কৰে। যিহেতু $i_d = i$, আমি পাম,

$B_0 = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{r}{R^2} i_0$, য'ত B_0 আৰু i_0 ক্ৰমান্বয়ে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ আৰু প্ৰবাহৰ বিস্তাৰ।

$i_0 = \sqrt{2} I_{rms} = 9.76\ \mu A$. For $r = 3$ cm, $R = 6$ cm আৰু $B_0 = 1.63 \times 10^{-11}$ T।

8.3 বায়ু শূন্য ঠাইত বেগৰ মান সকলোৰে বাবে সমান $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}

8.4 **E** আৰু **B** পৰস্পৰ লম্ব আৰু ইহঁত xy সমতলত থাকে।

8.5 তৰংগ দৈৰ্ঘ্য পটি : 40 m – 25 m।

8.6 10^9 Hz

8.7 153 NC^{-1}

8.8 (a) 400 nT, 3.14×10^8 rad s^{-1}, 1.05 rad s^{-1}, 6.00 m

(b) $\mathbf{E} = \{(120\ \text{N/C}) \sin[(1.05\ \text{rad/m})]x - (3.14 \times 10^8\ \text{rad/s})t]\}\, \hat{\mathbf{j}}$

$\mathbf{B} = \{(400\ \text{nT}) \sin[(1.05\ \text{rad/m})]x - (3.14 \times 10^8\ \text{rad/s})t]\}\, \hat{\mathbf{k}}$

8.9 ফটন শক্তি ($\lambda = 1$ m ৰ বাবে)

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1.6 \times 10^{-19}} \text{eV} = 1.24 \times 10^{-6}\ \text{eV}$$

চিত্ৰত দেখুৱা বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ আন আন তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ সৈতে জড়িত ফটন শক্তি উপৰোক্ত সংখ্যাৰ লগত দহৰ যথোচিত ঘাতৰ সৈতে পূৰণ কৰি পাব পাৰি। এটা উৎসই উৎপন্ন কৰা ফটন শক্তিয়ে উৎসটোৰ শক্তি স্তৰৰ মাজৰ ব্যৱধান নিৰ্দেশ কৰে। উদাহৰণ স্বৰূপে $\lambda = 10^{-12}$m তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ বাবে ফটন শক্তি $= 1.24 \times 10^6$ eV = 1.24 MeV, এই কথাৰ পৰা বুজিব পাৰি যে নিউক্লিয়াৰ শক্তি স্তৰৰ মাজৰ ব্যৱধান (স্তৰৰ মাজত হোৱা সংক্ৰমনে য'ত γ ৰশ্মি নিৰ্গত কৰে) প্ৰায় 1 MeV বা ইয়াৰ তেনে ওচৰৰ মান। একেদৰে দৃশ্যমান পোহৰৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্য $\lambda = 5 \times 10^{-7}$ মিটাৰৰ ফটন শক্তি = 2.5 eV। এই গণনাৰ পৰাও দেখা যায় যে শক্তিৰ স্তৰবোৰ (স্তৰৰ সংক্ৰমনত য'ত দৃশ্যমান বিকিৰণৰ উৎপন্ন হয়) কিছু eV ৰ ব্যৱধানত থাকে।

8.10 (a) $\lambda = (c/\nu) = 1.5 \times 10^{-2}$ m

(b) $B_0 = (E_0/c) = 1.6 \times 10^{-7}$ T

(c) বিদ্যুত ক্ষেত্ৰ **E** ত শক্তিৰ ঘনত্ব $u_E = (1/2)\varepsilon_0 E^2$

চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ **B** ত শক্তিৰ ঘনত্ব $u_B = (1/2\mu_0)B^2$

$E = cB$ আৰু $c = \dfrac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$, ব্যৱহাৰ কৰিলে $u_E = u_B$

8.11 (a) $-\hat{\mathbf{j}}$, (b) 3.5 m, (c) 86 MHz, (d) 100 nT,

(e) $\{(100 \text{ nT}) \cos[(1.8 \text{ rad/m})y + (5.4 \times 10^8 \text{ rad/s})t]\}\hat{\mathbf{k}}$

8.12 (a) 0.4 W/m^2, (b) 0.004 W/m^2

8.13 এটা বস্তুৱে T উষ্ণতাত তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ নিৰৱচ্ছিন্ন (continuous) বৰ্ণালী উৎপন্ন কৰে। কৃষ্ণ বস্তুৰ বাবে বিকিৰণৰ সৰ্বোচ্চ প্ৰাবল্যৰ বাবে তৰংগ দৈৰ্ঘ্য প্লাংকৰ সূত্ৰ অনুসৰি : $[\lambda_m = 0.29 \text{ cm K}/T]$ হয়। ইয়াত $\lambda_m = 10^{-6}$ m হ'লে, $T = 2900$ K হ'ব। আন তৰংগ দৈৰ্ঘ্যবোৰৰ বাবে উষ্ণতা উলিয়াব পাৰি। এই সংখ্যাবোৰে কিছুমান উষ্ণতা পৰিসৰৰ কথা প্ৰকাশ কৰে যিবোৰ বিদ্যুত চুম্বকীয় বৰ্ণালীৰ বিভিন্ন অংশৰ বিকিৰণ নিৰ্গত কৰিবলৈ প্ৰয়োজন হয়। সেয়েহে দৃশ্যমান বিকিৰণ পাবলৈ, ধৰা তৰংগ দৈৰ্ঘ্য $\lambda = 5 \times 10^{-7}$ m, উৎসটো প্ৰায় 6000 K উষ্ণতাত থাকিব লাগিব।

8.14 (a) ৰেডিঅ' (চুটি তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ ফালে)

(b) ৰেডিঅ' (চুটি তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ ফালে)

(c) মাইক্ৰ'ৱেভ

(d) দৃশ্যমান (হালধীয়া)

(e) ৰঞ্জন ৰশ্মিৰ (বা কোমল (soft) γ ৰশ্মি) অংশ

DAILY ASSAM

8.15 (a) আয়নস্ফিয়াৰে এই পটিবোৰৰ তৰংগবোৰ প্ৰতিফলিত কৰে।

(b) টেলিভিচন চিগনেলবোৰ আয়নস্ফিয়াৰে ভালদৰে প্ৰতিফলিত নকৰে (মূল পাঠ চোৱা)। সেই বাবে কৃত্ৰিম উপগ্ৰহই প্ৰতিফলন কাৰ্য সম্পাদন কৰে।

(c) বায়ুমণ্ডলে ৰঞ্জন ৰশ্মি শোষণ কৰে, আনহাতে দৃশ্যমান আৰু ৰেডিঅ' তৰংগবোৰ ইয়াৰ মাজেৰে পাৰ হৈ যায়।

(d) ই সূৰ্যৰ পৰা অহা অতি বেঙুনীয়া ৰশ্মি শোষণ কৰে আৰু এইদৰে ই ভূ-পৃষ্ঠৰ সমস্ত জীৱজগতখনক ক্ষতিৰ পৰা ৰক্ষা কৰে।

(e) পৃথিৱীৰ উষ্ণতা নিম্ন হ'ব, কাৰণ বায়ুমণ্ডলত গ্ৰীণ হাউচ্ এফেক্ট নাথাকিব।

(f) পাৰমাণবিক বিশ্বযুদ্ধৰ ধোঁৱাই বিশাল ডাৱৰৰ সৃষ্টি কৰিব আৰু এই ডাৱৰবোৰ আকাশৰ এক গৰিষ্ঠ সংখ্যক ঠাই অধিকাৰ কৰিব। এই ডাৱৰৰ আৱৰণৰ বাবে সূৰ্যৰ পোহৰ পৃথিৱীৰ প্ৰায়বোৰ অংশতে নপৰিব। ফলত এক অস্বাভাৱিক শীতকালৰ আৰম্ভ হ'ব।