তৃতীয় অধ্যায়-৩

প্ৰৱাহী বিদ্যুত

(Current Electricity)

3.1 আৰম্ভণি (Introduction)

১ম অধ্যায়ত মুক্তই হওক অথবা আবদ্ধই হওক সকলোবোৰ আধানকে স্থিতিশীল অৱস্থাত থকা বুলি ধৰি লোৱা হৈছিল। আনহাতে গতিশীল অৱস্থাৰ আধানে বিদ্যুত প্ৰৱাহৰ জন্ম দিয়ে। বিভিন্ন পৰিস্থিতিত স্বাভাৱিকভাৱেই এনে প্ৰৱাহৰ সৃষ্টি হয়। ইয়াৰ এটা উদাহৰণ হ'ল বজ্ৰপাত। এই পৰিঘটনাত বায়ুৰ মাজেৰে মেঘৰ পৰা পৃথিৱীলৈ আধানৰ সোঁত বয়। কেতিয়াবা আকৌ ইয়াৰ পৰিণতি বিষমো হয়। বজ্ৰপাতত আধানৰ প্ৰৱাহ অনিয়মিত; কিন্তু দৈনন্দিন জীৱনত দেখি থকা ভালেমান সঁজুলিত আধান নদীৰ শান্ত বোৱতী পানীৰ দৰে নিয়মিতভাৱে প্ৰৱাহিত হয়। টৰ্চ লাইট আৰু বিদ্যুতকোষ চালিত ঘড়ী এনেবোৰ সঁজুলিৰ উদাহৰণ। এই অধ্যায়ত আমি নিয়মিত বিদ্যুত প্ৰৱাহৰ কিছুমান মূল সূত্ৰ অধ্যয়ন কৰিম।

3.2 বিদ্যুত প্ৰৱাহ (Electric Current)

আধানৰ প্ৰৱাহৰ লম্বভাৱে এক ক্ষুদ্ৰ ক্ষেত্ৰ এখন কল্পনা কৰা। ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক দুয়োবিধ আধানেই ক্ষেত্ৰখনৰ মাজেৰে সন্মুখলৈ অথবা পিছলৈ প্ৰৱাহিত হ'ব পাৰে। ধৰা হওক t সময়ৰ অন্তৰালত ক্ষেত্ৰখনৰ মাজেৰে সন্মুখলৈ প্ৰৱাহিত হোৱা মুঠ (অৰ্থাৎ সন্মুখলৈ বিয়োগ পিছফাললৈ) ধনাত্মক আধান q_+। একে ধৰণে, ক্ষেত্ৰখনৰ মাজেৰে সন্মুখলৈ প্ৰৱাহিত মুঠ ঋণাত্মক আধান q_-। গতিকে t সময়ৰ অন্তৰালত ক্ষেত্ৰখনৰ মাজেৰে সন্মুখলৈ প্ৰৱাহিত মুঠ আধান হ'লগৈ $q = q_+ - q_-$। নিয়মিত প্ৰৱাহৰ ক্ষেত্ৰত এই আধন t ৰ সমানুপাতিক।

$$I = \frac{q}{t} \text{ ভাগফল} \qquad (3.1)$$

ক্ষেত্ৰখনৰ মাজেৰে সন্মুখলৈ হোৱা বিদ্যুত প্ৰৱাহ বুলি সংজ্ঞা দিয়া হয়। (ভাগফলৰ ঋণাত্মক মানে পিছফালে হোৱা প্ৰৱাহ।)

প্ৰৱাহ সদায় সুস্থিৰ নহয় আৰু সেইবাবে অধিক সাৰ্বজনীনভাৱে প্ৰৱাহৰ সূত্ৰ নিম্নোক্ত ধৰণে দিয়া হয়। ধৰা হওক, Δt সময়ৰ অন্তৰালত [অৰ্থাৎ t আৰু $(t + \Delta t)$ সময়ৰ অন্তৰালত] কোনো পৰিবাহীৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ মাজেৰে প্ৰৱাহিত মুঠ আধান ΔQ। তেনে অৱস্থাত, পৰিবাহীৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ মাজেৰে t সময়ত প্ৰৱাহৰ সংজ্ঞা হ'ল Δt শূন্যৰ ওচৰলৈ যোৱাৰ মুহূৰ্তত ΔQ আৰু Δt ৰ অনুপাত। অৰ্থাৎ

$$I(t) \equiv \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} \tag{3.2}$$

এচ আই (SI) পদ্ধতিত প্ৰৱাহৰ একক এম্পিয়াৰ (Ampere)। পৰৱৰ্তী অধ্যায়ত পঢ়িবলগীয়া প্ৰৱাহৰ চুম্বকীয় প্ৰভাৱৰ আধাৰত এক এম্পিয়াৰৰ সংজ্ঞা দিয়া হয়। ঘৰুৱা সঁজুলিবোৰত প্ৰৱাহিত প্ৰৱাহৰ মান এক এম্পিয়াৰৰ ওচৰা-উচৰি হয়। সাধাৰণ বজ্ৰপাতত প্ৰৱাহৰ মান দহ সহস্ৰাধিক এম্পিয়াৰ হয়গৈ আৰু আনটো চৰম সীমাত আমাৰ স্নায়ুৰ মাজেৰে প্ৰৱাহিত প্ৰৱাহৰ মান এক এম্পিয়াৰৰ দহ লক্ষভাগৰ এভাগৰ সমান হয়।

3.3 পৰিবাহীত বিদ্যুত প্ৰৱাহ(Electric Currents in Conductors)

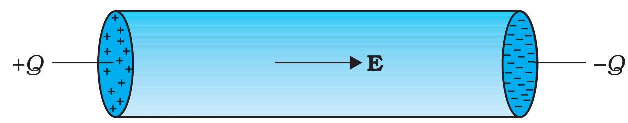
বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ প্ৰয়োগ কৰিলে তাত অৱস্থিত বৈদ্যুতিক আধান এটা বলৰ কবলত পৰিব। ই যদি লৰ্‌চৰ্‌ কৰিবলৈ সক্ষম তেন্তে ই গতিপ্ৰাপ্ত হৈ প্ৰৱাহলৈ অৰিহণা যোগাব। প্ৰকৃতিত মুক্ত আধানৰ উপস্থিতি প্ৰত্যক্ষ কৰা হৈছে। আয়নমণ্ডল (Ionosphere) হ'ল বায়ুমণ্ডলৰ ওপৰৰ স্তৰ এটা; তাত মুক্ত আহিত কণা পোৱা যায়। সি যি নহওক, পৰমাণু আৰু অণুত ঋণাত্মকভাৱে আহিত ইলেক্ট্ৰনবোৰ আৰু ধনাত্মকভাৱে আহিত নিউক্লিয়াচবোৰ পৰস্পৰে বান্ধ খাই থাকে আৰু সেইবাবে সিহঁত মুক্তভাৱে লৰ্‌চৰ কৰিবলৈ সক্ষম নহয়। বিস্তৃত পদাৰ্থ অলেখ অণুৰে গঠিত; উদাহৰণ স্বৰূপে 1 গ্ৰাম পানীত প্ৰায় 10^{22} টা অণু থাকে। এই অণুবোৰ ইমান ঘনকৈ ঠাহ খাই থাকে যে ইলেক্ট্ৰনবোৰ আৰু নিজৰ নিজৰ নিউক্লিয়াছৰ লগত বান্ধ খাই নাথাকে। কিছুমান পদাৰ্থত আকৌ ইলেক্ট্ৰনবোৰ বান্ধোনমুক্ত নোহোৱাকৈয়ে থাকে, অৰ্থাৎ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰয়োগ হ'লেও সিহঁত ত্বৰিত নহয়। আন কিছুমান পদাৰ্থত, বিশেষকৈ ধাতুবোৰত কিছুমান ইলেক্ট্ৰন প্ৰায় মুক্তভাৱে পদাৰ্থৰ ভিতৰত ঘূৰি ফুৰে। এনেবোৰ পদাৰ্থক পৰিবাহী বুলি কোৱা হয় আৰু বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ প্ৰয়োগ কৰি তাত প্ৰৱাহৰ জন্ম দিব পাৰি।

গোটা পৰিবাহীৰ ক্ষেত্ৰত অণুবোৰ পৰস্পৰে দৃঢ়ভাৱে বান্ধ খাই থাকে আৰু সেয়েহে ঋণাত্মকভাৱে আহিত ইলেক্ট্ৰনবোৰেহে পৰিবাহীৰ মাজেৰে যোৱা প্ৰৱাহলৈ অৰিহণা যোগায়। অৱশ্যে বিদ্যুতবিশ্লেষ্য দ্ৰৱৰ (Electrolytic solutions) দৰে আন কিছুমান পদাৰ্থত ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক দুয়োবিধ আধানেই গতি লয়। আমাৰ আলোচনা গোটা পৰিবাহীতহে সীমাবদ্ধ হ'ব; গতিকে প্ৰৱাহ বুলিলে স্থিতিশীল ধনাত্মক আয়নৰ উপস্থিতিত ঋণাত্মক ইলেক্ট্ৰনৰ গতিহে বুজিম।

পোনতে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ নথকা অৱস্থা বিবেচনা কৰা। তাপীয় গতিৰ বাবে ইলেক্ট্ৰনবোৰ ইফালে-সিফালে ঘূৰি ফুৰে আৰু আবদ্ধ আয়নৰে সৈতে খুন্দা খায়। আয়নৰ লগত ইলেক্ট্ৰনৰ সংঘাতৰ বাবে দ্ৰুতিৰ পৰিবৰ্তন নহয়; কিন্তু সংঘাতৰ পিছত বেগৰ দিশ যিকোনো হ'ব পাৰে। যিকোনো প্ৰদত্ত কালত ইলেক্ট্ৰনৰ বেগৰ কোনো নিৰ্দিষ্ট দিশ নাথাকে। গতিকে গড় হিচাবত কোনো এক দিশলৈ গতি কৰা ইলেক্ট্ৰনৰ সংখ্যা তাৰ বিপৰীত দিশলৈ গতি কৰা ইলেক্ট্ৰনৰ সংখ্যাৰ সমান হ'ব। ইয়াৰ ফলত মুঠ প্ৰৱাহ শূন্য হ'ব।

এনে পৰিবাহীত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ প্ৰয়োগ কৰিলে কি ঘটে বিচাৰ কৰি চাও আঁহা।

নিজৰ সুবিধাৰ বাবে পৰিবাহীটো R ব্যাসাৰ্দ্ধৰ চুঙা এটাৰ আকৃতিৰ (চিত্ৰ 3.1) বুলি ধৰি লোৱা। একে ব্যাসাৰ্দ্ধৰ আৰু পৰাবৈদ্যুতিক (Dielectric) পদাৰ্থেৰে তৈয়াৰ দুখন মিহি বৃত্তাকাৰ থাল যোগাৰ কৰা। থাল দুখনৰ এখনত ধনাত্মক আধান + Q আৰু আনখনত ঋণাত্মক আধান – Q বিস্তাৰিত কৰা হ'ল। এতিয়া থাল দুখন চুঙাটোৰ দুই মূৰৰ সমতল পৃষ্ঠত লগাই দিয়া। ইয়াৰ ফলত ধনাত্মক আধানৰ দিশৰ পৰা ঋণাত্মক আধানৰ দিশলৈ এখন বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ জন্ম হ'ব। ক্ষেত্ৰৰ প্ৰভাৱত ইলেক্ট্ৰনবোৰ + Q ৰ ফাললৈ আকৰ্ষিত হ'ব। গতিকে সিহঁতৰ গতিয়ে আধানবোৰ প্ৰশমিত কৰিব লগতে ইলেক্ট্ৰনৰ গতিশীল অৱস্থা বৰ্তি থকা কালছোৱাত প্ৰৱাহৰো সৃষ্টি কৰিব। এনে পৰিস্থিতিত ক্ষণিকৰ বাবে প্ৰৱাহৰ সৃষ্টি হ'ব আৰু তাৰ পিছত সি বিলুপ্ত হ'ব।



চিত্ৰ **3.1** এটা ধাতুৰ চুঙাৰ প্ৰান্তত $+Q$ আৰু $-Q$ আধান ৰখা হৈছে। আধানবোৰ প্ৰশমিত কৰিবলৈ সৃষ্টি হোৱা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰভাৱত ইলেক্ট্ৰনবোৰে গতি লাভ কৰিব। কিন্তু $+Q$ আৰু $-Q$ আধানৰ হৰণ-ভগন অবিৰতভাৱে পূৰণ নকৰিলে কিছুসময়ৰ পিছত প্ৰৱাহ বন্ধ হ'ব।

পৰিবাহীৰ অন্তৰ্ভাগত গতিশীল ইলেক্ট্ৰনৰ বাবে চুঙাৰ দুই প্ৰান্তত প্ৰশমিত হোৱা আধান নতুন আধানেৰে পূৰণৰ ব্যৱস্থা কৰিব পৰা যায়। তেনে ক্ষেত্ৰত পৰিবাহীত এখন স্থিৰ বা অপৰিবৰ্তিত বিদ্যুত ক্ষেত্ৰ প্ৰতিস্থাপিত হ'ব। ইয়াৰ ফলত ক্ষন্তেকীয়া প্ৰৱাহৰ সলনি এক অবিৰত প্ৰৱাহ পোৱা যাব। স্থিৰ ক্ষেত্ৰ এখনত বৰ্তাই ৰখা পদ্ধতিবোৰ হ'ল বিদ্যুত কোষ বা বেটেৰী। এই বিষয়ে এই অধ্যায়ৰ পিছৰ অংশত অধ্যয়ন কৰিম।

3.4 ওমৰ সূত্ৰ (Ohm's Law)

প্ৰৱাহৰ জন্ম দিয়া ভৌতিক পদ্ধতিটো বোধগম্য হোৱাৰ পূৰ্বেই 1828 চনত জি. এচ. ওমে (G.S. Ohm) প্ৰৱাহৰ মূল সূত্ৰ এটা উদ্ভাৱন কৰিছিল। এডাল পৰিবাহীয়েদি I প্ৰৱাহ চালিত হৈছে বুলি কল্পনা কৰা আৰু লগতে ধৰি লোৱা যে পৰিবাহীৰ দুই মূৰৰ বিভৱান্তৰ V। ওমৰ সূত্ৰ অনুসৰি

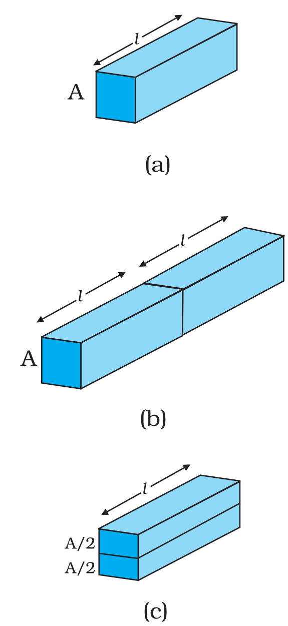
$$V \propto I$$

বা $$V = R\,I \qquad (3.3)$$

ইয়াত সমানুপাতী ধ্ৰুৱক R ক **পৰিবাহী ৰোধ (Resistance)** বুলি কোৱা হয়। এচ আই পদ্ধতিত **ৰোধৰ একক ওম** আৰু ইয়াক Ω চিহ্নেৰে সূচোৱা হয়। ৰোধ R ৰ মান কেৱল যে পৰিবাহীৰ পদাৰ্থৰ ধৰ্মৰ ওপৰতহে নিৰ্ভৰ কৰে এনে নহয়, ই পৰিবাহীৰ আকৃতিৰ ওপৰতো নিৰ্ভৰ কৰে। পৰিবাহীৰ আকৃতিৰ ওপৰত R ৰ নিৰ্ভৰশীলতা তলত দিয়া ধৰণে সহজতে নিৰূপণ কৰিব পাৰি।

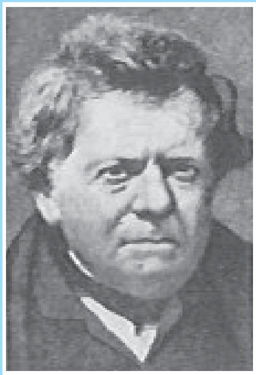
3.3 সমীকৰণক মানি চলা – l দৈৰ্ঘ্যৰ আৰু A প্ৰস্থচ্ছেদৰ পৰিবাহীৰ টুকুৰা এটা বিবেচনা কৰা [চিত্ৰ 3.2(a)]। এনে ধৰণৰ দুটা টুকুৰা এটাৰ পিছত আনটোকৈ থোৱা আছে বুলি কল্পনা কৰা [চিত্ৰ 3.2 (b)]। এতিয়াৰ টুকুৰাৰ সমাহাৰৰ মুঠ দৈৰ্ঘ্য $2l$। সমাহাৰটোৰ মাজেৰে যোৱা প্ৰৱাহ যিকোনো এটা টুকুৰাৰ মাজেৰে যোৱা প্ৰৱাহৰ সমান। যদি প্ৰথম টুকুৰাৰ দুই প্ৰান্তৰ বিভৱান্তৰ V তেওঁ দ্বিতীয় টুকুৰাৰ দুই প্ৰান্তৰ বিভৱান্তৰো V হ'ব যিহেতু দ্বিতীয় টুকুৰাটো প্ৰথমটোৰ লেখীয়া আৰু দুয়োৰে মাজেৰে একে প্ৰৱাহ I বৈ গৈছে। সমাহাৰটোৰ দুই প্ৰান্তৰ বিভৱান্তৰ দেখা দেখিকৈ টুকুৰা দুটাৰ প্ৰান্ত দুটাৰ বিভৱান্তৰৰ যোগফল আৰু গতিকে ইয়াৰ মান 2V। সমাহাৰৰ মাজেৰে প্ৰৱাহ হ'ল I সমাহাৰৰ ৰোধ R_C হ'ল—

$$R_C = \frac{2V}{I} = 2R \qquad (3.4)$$



চিত্ৰ **3.2** l দৈৰ্ঘ্যৰ আৰু A প্ৰস্থচ্ছেদৰ আয়তাকাৰ টুকুৰা এটাৰ বাবে $R = \rho l/A$ সম্পৰ্কৰ প্ৰদৰ্শন

GEORG SIMON OHM (1787–1854)



জৰ্জ চাইমন ওম **(Georg Simon Ohm, 1787–1854)** ঃ জাৰ্মান পদাৰ্থবিদ আৰু মিউনিখৰ (Munich) অধ্যাপক ওমে তাপ আৰু বিদ্যুত পৰিবহণৰ সাদৃশ্যৰ আধাৰত তেওঁৰ সূত্ৰ উদ্ভাৱন কৰিছিল। বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ উষ্ণতাৰ নতি বা গ্ৰেডিয়েণ্টৰ (gradient) অনুৰূপ আৰু বিদ্যুত প্ৰৱাহ তাপ প্ৰৱাহৰ অনুৰূপ।

যিহেতু V/I = R হ'ল যিকোনো এটাৰ ৰোধ। গতিকে দৈৰ্ঘ্যৰ দুগুণ বৃদ্ধিত ৰোধ দুগুণ বাঢ়ে। গতিকে, সাধাৰণতে ৰোধ দৈৰ্ঘ্যৰ সমানুপাতিক বুলি ক'ব পাৰি—

$$R \propto l \tag{3.5}$$

এতিয়া টুকুৰাটো দীঘলে দীঘলে দ্বিখণ্ড কৰা হ'ল বুলি কল্পনা কৰা। খণ্ড দুটা ওপৰা-উপৰিকৈ থ'লে সমাহাৰটো দুটা l দৈৰ্ঘ্যৰ আৰু A/2 প্ৰস্থচ্ছেদৰ টুকুৰাৰ সমষ্টি হ'ব [চিত্ৰ ঃ 3.2(c)]।

সমাহাৰটোৰ দুই প্ৰান্তৰ এক প্ৰদত্ত বিভৱান্তৰ V ৰ বাবে তাত I প্ৰৱাহৰ সৃষ্টি হ'লে দুই অৰ্ধখণ্ডত দেখাদেখিকৈ প্ৰৱাহ হ'ব I/2। যিহেতু অৰ্ধখণ্ড দুটাৰ দুই প্ৰান্তৰ বিভৱান্তৰ V, অৰ্থাৎ পূৰ্ণখণ্ডৰ সমান গতিকে প্ৰত্যেক অৰ্ধখণ্ডৰ ৰোধ R_1 হ'বগৈ

$$R_1 = \frac{V}{(I/2)} = 2\frac{V}{I} = 2R. \tag{3.6}$$

গতিকে পৰিবাহীৰ প্ৰস্থচ্ছেদ আধালৈ হ্ৰাস হ'লে পৰিবাহীৰ ৰোধ দুগুণলৈ বৃদ্ধি হ'ব। গতিকে, সাধাৰণতে R প্ৰস্থচ্ছেদৰ ব্যস্তানুপাতিক।

$$R \propto \frac{1}{A} \tag{3.7}$$

(3.5) আৰু (3.7) সমীকৰণ লগ লগালে আমি পাম

$$R \propto \frac{l}{A} \tag{3.8}$$

আৰু সেয়েহে এডাল প্ৰদত্ত পৰিবাহীৰ বাবে

$$R = \rho\,\frac{l}{A} \tag{3.9}$$

ইয়াত সমানুপাতিক ধ্ৰুৱক ρ কেৱল পৰিবাহীৰ পদাৰ্থৰ ধৰ্মৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে, কিন্তু ই পৰিবাহীৰ আকৃতিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। ρ ক **ৰোধকতা (resistivity)** বা আপেক্ষিক ৰোধ বোলে।

শেষৰ সমীকৰণটো ব্যৱহাৰ কৰিলে ওমৰ সূত্ৰৰ ৰূপ হ'ব

$$V = I \times R = \frac{I\rho l}{A} \tag{3.10}$$

প্ৰতি একক ক্ষেত্ৰফলৰ (প্ৰৱাহৰ লম্ব দিশত) প্ৰৱাহ I/A ক **প্ৰৱাহ ঘনত্ব (Current density)** বোলে আৰু ইয়াক j চিহ্নেৰে বুজোৱা হয়। প্ৰৱাহ ঘনত্বৰ এচ আই একক A/m^2। l দৈৰ্ঘ্যৰ পৰিবাহীত সুষম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান E হ'লে তাৰ দুই প্ৰান্ত বিভৱান্তৰ V হ'ব El। এই তথ্য বহুৱালে শেষ সমীকৰণটো হ'ব

$$E\,l = j\,\rho\,l$$

বা $$E = j\,\rho \tag{3.11}$$

E আৰু j ৰ মানৰ ওপৰোক্ত সম্বন্ধ ভেক্টৰ ৰূপলৈ পৰিৱৰ্তিত কৰিব পাৰি। প্ৰৱাহ ঘনত্বও (যাক প্ৰৱাহৰ লম্বভাৱে থকা একক ক্ষেত্ৰফলৰ মাজেৰে বৈ যোৱা প্ৰৱাহ বুলি কোৱা হৈছে) $\vec{E}$ ৰ লগত একমুখী আৰু ইও এটা ভেক্টৰ $\vec{j}$ $(\equiv j\vec{E}/E)$। গতিকে শেষ সমীকৰণটো হ'বগৈ

$$\mathbf{E} = \mathbf{j}\rho \tag{3.12}$$

অথবা $$\mathbf{j} = \sigma\,\mathbf{E} \tag{3.13}$$

ইয়াত $\sigma \equiv 1/\rho$ ক **পৰিবাহীতা (conductivity)** বোলে। (3.3) সমীকৰণৰ বাহিৰেও সমতুল্য (3.13) সমীকৰণৰ জৰিয়তেও ওমৰ সূত্ৰ প্ৰকাশ কৰা হয়। পৰৱৰ্তী অনুচ্ছেদত ইলেক্ট্ৰনৰ অপৰাহ গতিৰ (drift velocity) আধাৰত ওমৰ সূত্ৰৰ মূলতত্ত্ব বুজিবলৈ চেষ্ঠা কৰিম।

3.5 ইলেক্ট্ৰনৰ অপৰাহ গতি আৰু ৰোধকতাৰ মূলতত্ত্ব (Drift of Electrons and the Origin of Resistivity)

পূৰ্বতে উল্লেখ কৰা অনুসৰি ইলেক্ট্ৰনবোৰে গধুৰ আৰু আবদ্ধ আয়নৰে সৈতে খুন্দা খায় কিন্তু সংঘাতৰ পিছত সিহঁতৰ গতি একে দ্ৰুতিৰ কিন্তু যাদৃচ্ছিক (Random) দিশৰ হয়। আটাইবোৰ ইলেক্ট্ৰন সাঙুৰিলে সিহঁতৰ গড় বেগ শূন্য হ'ব কিয়নো সিহঁতৰ দিশ যাদৃচ্ছিক। গতিকে এক প্ৰদত্ত সময়ত N সংখ্যক ইলেক্ট্ৰনৰ থূপ এটাৰ i তম (i = 1, 2, 3, ... N) ইলেক্ট্ৰনটোৰ বেগ $\vec{v}_i$ হ'লে

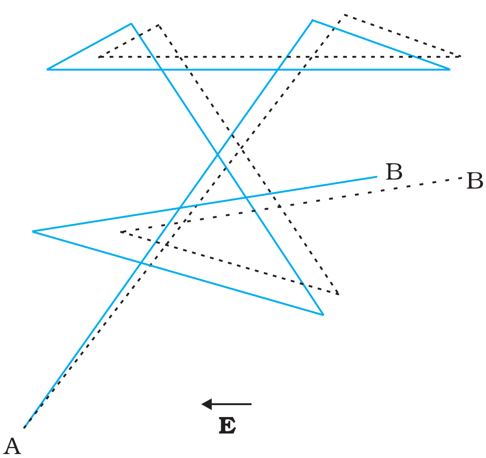
$$\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\vec{v}_i = 0 \qquad (3.14)$$

এতিয়া এখন বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ প্ৰয়োগ হোৱা বুলি ধৰি লোৱা। ক্ষেত্ৰখনৰ প্ৰভাৱত ইলেক্ট্ৰনৰ ত্বৰণ হ'ব

$$\vec{a} = \frac{-e\vec{E}}{m} \qquad (3.15)$$

ইয়াত –e আৰু m যথাক্ৰমে ইলেক্ট্ৰনৰ আধান আৰু ভৰ। প্ৰদত্ত সময় t ত i ইলেক্ট্ৰনৰ অৱস্থা পুনৰ বিবেচনা কৰা। *t* সময়ৰ কিছু পূৰ্বে এই ইলেক্ট্ৰনটো সংঘাতত লিপ্ত হৈছিল। ধৰি লোৱা শেষ সংঘাতৰ পৰা t_i সময় অতিবাহিত হৈছে। শেষ সংঘাতৰ পিছ মুহূৰ্তত ইয়াৰ বেগ $\vec{v}_i$ হ'লে t সময়ত ইয়াৰ বেগ হ'বগৈ $\vec{V}_i$

$$\vec{V}_i = \vec{v}_i - \frac{e\vec{E}}{m}t_i \qquad (3.16)$$



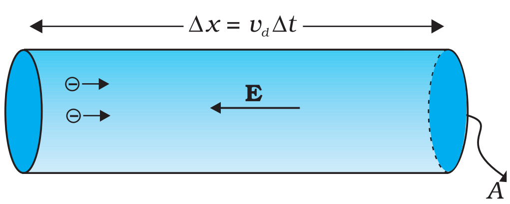
চিত্ৰ 3.3 বাৰম্বাৰ সংঘাতত লিপ্ত হৈ আৰু সংঘাতৰ মাজৰ সময়ত সৰল ৰৈখিক (গোটা ৰেখা) ভাৱে গতিশীল এটা ইলেক্ট্ৰনৰ A বিন্দুৰ পৰা আন এটা বিন্দু B যাত্ৰাৰ এক চিত্ৰীয় প্ৰদৰ্শন। দেখুৱা ধৰণে বিদ্যুত ক্ষেত্ৰ এখন প্ৰয়োগ কৰিলে ইলেক্ট্ৰনটো B′ পায়গৈ (ফুট ফুট ৰেখা) বিদ্যুত ক্ষেত্ৰৰ বিপৰীত দিশত কিঞ্চিৎ অপৰাহ পৰিদৃশ্যমান।

যিহেতু শেষ সংঘাত পিছ মুহূৰ্তৰ পৰাই ইলেক্ট্ৰনটো (3.15) সমীকৰণত উল্লেখ কৰা ত্বৰণেৰে ত্বৰিত হৈছিল। t সময়ত সমূহ ইলেক্ট্ৰনৰ গড় বেগ হ'ব সকলো $\vec{V}_i$ ৰ গড়। যিহেতু সংঘাতৰ পিছত ইলেক্ট্ৰনৰ বেগৰ দিশ সম্পূৰ্ণভাৱে যাদৃচ্ছিক, $\vec{v}_i$ বোৰৰ গড় মান শূন্য [চিত্ৰ-(3.3)]। ইলেক্ট্ৰনৰ সংঘাতবোৰ সময়ৰ সমান অন্তৰালত নঘটি যাদৃচ্ছিক অন্তৰালতহে ঘটে। দুটা উপৰ্যুপৰি সংঘাতৰ মাজৰ গড় সময় τ ৰে বুজোৱা হওক। তেন্তে এক প্ৰদত্ত সময়ত কিছুমান ইলেক্ট্ৰনে τ তকৈ বেছি আৰু আন কিছুমান ইলেক্ট্ৰনে τ তকৈ কম সময় অতিবাহিত কৰিব। অন্য ধৰণেৰে ক'বলৈ গ'লে, সমীকৰণ (3.16) ত i = 1, 2 ..... N মানবোৰৰ বাবে t_i সময় কিছুমানৰ বাবে τ তকৈ কম আৰু কিছুমানৰ বাবে τ তকৈ বেছি হ'ব। গতিকে t_i বোৰৰ গড় হ'ল τ। ইয়াক বিশ্ৰান্তি সময় (Relaxation time) বুলি কোৱা হয়)। গতিকে যিকোনো সময় t ত N টা ইলেক্ট্ৰনৰ সাপেক্ষে (3.16) সমীকৰণৰ গড় নিৰ্ণয় কৰিলে গড় বেগ $\vec{V}_d$ পোৱা যাব

$$\vec{V}_d \equiv (\vec{V}_i)_{\text{গড়}} = (\vec{v}_i)_{\text{গড়}} - \frac{e\vec{E}}{m}(t_i)_{\text{গড়}}$$

$$= 0 - \frac{e\vec{E}}{m}\tau = -\frac{e\vec{E}}{m}\tau \qquad (3.17)$$

শেষ ফলাফলটো বিস্ময়কৰ। ইয়াৰ পৰা আমি জানিব পাৰো যে ইলেক্ট্ৰনবোৰ ত্বৰান্বিত হোৱা সত্বেও এক সময় নিৰপেক্ষ গড় বেগেৰে গতিশীল হয়। এইটোৰেই অপৰাহ পৰিঘটনা আৰু (3.17) সমীকৰণৰ $\vec{V}_d$ বেগক **অপৰাহ বেগ (drift velocity)** বোলে। অপৰাহৰ বাবে $\vec{E}$ লম্বভাৱে থকা যিকোনো ক্ষেত্ৰৰ মাজেৰে আধানৰ মুঠ পৰিবহণ ঘটিব। পৰিবাহীৰ অন্তৰ্ভাগত A ক্ষেত্ৰফলৰ এখন সমতলীয় ক্ষেত্ৰফল কল্পনা কৰা; ক্ষেত্ৰৰ ওপৰত টনা লম্ব, $\vec{E}$ ৰ সমান্তৰাল হ'ব লাগিব (চিত্ৰ 3.4)। অতি ক্ষুদ্ৰাতিক্ষুদ্ৰ (Infinitesimal) সময়ৰ ব্যৱধান Δt ত ক্ষেত্ৰৰ বাওঁফালে $|\vec{v}_d|\Delta t$ পৰ্যন্ত দূৰত্বলৈ থকা আটাইবোৰ ইলেক্ট্ৰনে ক্ষেত্ৰখন পাৰ হৈ যাব। ধাতুত প্ৰতি একক আয়তনত মুক্ত ইলেক্ট্ৰনৰ সংখ্যা n হ'লে তেনেবোৰ ইলেক্ট্ৰনৰ সংখ্যা হ'ব



চিত্ৰ- 3.4 ধাতৱ পৰিবাহীত প্ৰৱাহ। ধাতুত প্ৰৱাহ ঘনত্বৰ মান একক ক্ষেত্ৰফলৰ আৰু V_d দৈৰ্ঘ্যৰ চুঙা এটাত থকা আধানৰ মানৰ সমান।

$n\,\Delta t\,|\vec{v}_d|A$

যিহেতু প্ৰত্যেক ইলেক্ট্ৰনৰ আধান –e, গতিকে এই ক্ষেত্ৰৰ মাজেৰে Δt সময়ত সোঁফাললৈ পৰিবাহিত আধান হ'ব $-ne\,A|\vec{v}_d|\Delta t$। I $\vec{E}$ ৰ দিশ বাওঁফাললৈ, গতিকে ক্ষেত্ৰখনৰ মাজেৰে $\vec{E}$ ৰ দিশত পৰিবাহিত মুঠ আধান এই মানৰ ঋণাত্মক মানৰ সমান। সংজ্ঞা অনুসৰি [সমীকৰণ (3.2)] Δt সময়ত A ক্ষেত্ৰফলৰ মাজেৰে পাৰ হোৱা আধানৰ পৰিমাণ I Δt, ইয়াত I হ'ল প্ৰৱাহৰ মান। গতিকে,

$$I\Delta t = +neA|\vec{v}_d|\Delta t \qquad (3.18)$$

(3.17) সমীকৰণৰ পৰা $|\vec{v}_d|$ ৰ মান বহুৱালে

$$I\Delta t = \frac{e^2 A}{m}\tau n\Delta t|\vec{E}| \qquad (3.19)$$

সংজ্ঞা অনুসৰি প্ৰৱাহ ঘনত্বৰ মান $|\vec{j}|$ ৰ সৈতে I ৰ সম্পৰ্ক হ'ল

$$I = |\vec{j}|A \qquad (3.20)$$

গতিকে (3.19) আৰু (3.20) সমীকৰণৰ পৰা

$$|\vec{j}| = \frac{ne^2}{m}\tau|\vec{E}| \qquad (3.21)$$

$\vec{j}$ ভেক্টৰ $\vec{E}$ ৰ সমান্তৰাল আৰু সদৃশমুখী; গতিকে (3.21) সমীকৰণ ভেক্টৰ ৰূপত নিম্নোক্ত ধৰণেৰে লিখিব পাৰি।

$$\vec{j} = \frac{ne^2}{m}\tau\vec{E} \qquad (3.22)$$

পৰিবাহিতা σ ৰ মান

$$\sigma = \frac{ne^2}{m}\tau \qquad (3.23)$$

বুলি গণ্য কৰিলে, (3.13) সমীকৰণৰ লগত তুলনা কৰি (3.23) সমীকৰণক ওমৰ সূত্ৰৰ ভিন্নৰূপ বুলি বুজিব পাৰি।

গতিকে আমি দেখিলো যে বৈদ্যুতিক পৰিবাহিতাৰ সৰল বৰ্ণনা এটাৰ পৰাই ওমৰ সূত্ৰত উপনীত হ'ব পাৰি। অৱশ্যে আমি τ আৰু n ধ্ৰুৱক আৰু E ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল নহয় বুলি ধৰি লৈছোঁ। পৰৱৰ্তী অনুচ্ছেদত ওমৰ সূত্ৰৰ সীমাবদ্ধতাৰ ওপৰত আলোচনা কৰা হ'ব।

উদাহৰণ 3.1 (a) 1.0×10^{-7} m^2 প্ৰস্থচ্ছেদৰ তামৰ তাঁৰ এডালেদি 1.5 A. প্ৰৱাহ চালিত হৈ থকা অৱস্থাত পৰিবহন ইলেক্ট্ৰনবোৰৰ গড় অপৱাহ নিৰ্ণয় কৰা। ধৰি লোৱা যে তামৰ প্ৰত্যেকটো পৰমাণুৱে মোটা-মুটিভাৱে এটাকৈ পৰিবহন ইলেক্ট্ৰনৰ যোগান ধৰে। তামৰ ঘনত্ব 9.0×10^3 kg/m^3 আৰু ইয়াৰ পাৰমাণৱিক ভৰ 63.5 u। (b) নিৰ্ণয় কৰা অপৱাহ দ্ৰুতি (i) সাধাৰণ উষ্ণতাত তামৰ পৰমাণুৰ তাপীয় দ্ৰুতি আৰু (ii) অপৱাহৰ জন্ম দিয়া বিদ্যুত ক্ষেত্ৰৰ পৰিবাহীয়েদি হোৱা সঞ্চালনৰ দ্ৰুতিৰে সৈতে তুলনা কৰা।

সমাধান ঃ

(a) পৰিবহন ইলেক্ট্ৰনৰ অপৱাহ বেগ বিদ্যুত ক্ষেত্ৰৰ দিশৰ বিপৰীত, অৰ্থাৎ ইলেক্ট্ৰনবোৰ বিভৱৰ বৃদ্ধিৰ দিশত অগ্ৰসৰ হয়। (3.18) সমীকৰণৰ পৰা অপৱাহ দ্ৰুতি পাব পাৰি

$v_d = (I/neA)$

এতিয়া, $e = 1.6\times10^{-19}$ C, $A = 1.0\times10^{-7}$m^2, I = 1.5 A। পৰিবহন ইলেক্ট্ৰনৰ ঘনত্ব হ'ল n (তামৰ যোজ্যতা ইলেক্ট্ৰনৰ সংখ্যা।, গতিকে তামৰ পৰমাণুৱে প্ৰতি এটাকৈ পৰিবহন ইলেক্ট্ৰনৰ যোগান ধৰা ধাৰণাটো যুক্তিসঙ্গত।) এক ঘন মিটাৰ তামৰ ভৰ 9.0×10^3 kg। যিহেতু 6.0×10^{23} টা তামৰ পৰমাণুৰ ভৰ 63.5 g, গতিকে

$$n = \frac{6.0\times10^{23}}{63.5}\times9.0\times10^{6}$$

$$= 8.5 \times 10^{28}\ \text{m}^{-3}$$

ইয়াৰ পৰা

$$v_d = \frac{1.5}{8.5\times10^{28}\times1.6\times10^{-19}\times1.0\times10^{-7}}$$

$$= 1.1 \times 10^{-3}\ \text{m s}^{-1} = 1.1\ \text{mm s}^{-1}$$

(b) (i) T উষ্ণতাত তামৰ M ভৰৰ পৰমাণু এটাৰ তাপীয় দ্ৰুতি * $[\langle(1/2)Mv^2\rangle = (3/2)\,k_BT]$ ৰ পৰা নিৰ্ণয় কৰা হয় আৰু ইয়াৰ গতানুগতিক মান $\sqrt{k_BT/M}$ ৰ সমকক্ষ, ইয়াত k_B হ'ল বল্টজমানৰ (Boltzmann) ধ্ৰুৱক। 300 K ত থকা তামৰ ক্ষেত্ৰত ই প্ৰায় 2×10^2m/s। এই সংখ্যাই পৰিবাহীত তামৰ পৰমাণুৰ যাদৃচ্ছিক স্পন্দনৰ দ্ৰুতিৰ মান বুজায়। মন কৰা যে ইলেক্ট্ৰনৰ অপৱাহ দ্ৰুতি ইয়াৰ তুলনাত বহুত সৰু, সাধাৰণ উষ্ণতাত গতানুগতিক তাপীয় দ্ৰুতিৰ 10^{-5} গুণ।

(ii) পৰিবাহীয়েদি সঞ্চালিত হোৱা বিদ্যুত ক্ষেত্ৰ এখন বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ দ্ৰুতিৰে অগ্ৰসৰ হয় আৰু ইয়াৰ মান 3.0×10^8 m s^{-1}। (এই বিষয়ে অষ্টম অধ্যায়ত পঢ়িবা) তুলনামূলকভাৱে অপৱাহ দ্ৰুতি অতিশয় সৰু; 10^{-11} গুণে সৰু।

উদাহৰণ 3.1

* একাদশ শ্ৰেণীৰ পাঠ্যপুথিৰ ত্ৰয়োদশ অধ্যায়ৰ (13.23) সমীকৰণ চোৱা।

উদাহৰণ 3.2 ঃ

(a) 3.1 উদাহৰণত 1.5 এম্পিয়েৰ প্ৰৱাহৰ বাবে ইলেক্ট্ৰনৰ অপৱাহ দ্ৰুতি মাত্ৰ কেই mm s^{-1} বুলি নিৰ্ণয় কৰা হৈছিল। তেন্তে বৰ্তনী বন্ধ কৰাৰ তৎমুহূৰ্ততে প্ৰৱাহৰ কেনেকৈ সুপ্ৰতিষ্ঠিত হয়?

(b) পৰিবাহীৰ অন্তৰ্ভাগৰ বিদ্যুত ক্ষেত্ৰৰ দ্বাৰা প্ৰযুক্ত বলৰ প্ৰভাৱত ইলেক্ট্ৰনে অপৱাহ গতি লাভ কৰে। কিন্তু বলে ত্বৰণ ঘটাবই। তেনে অৱস্থাতে ইলেক্ট্ৰনবোৰে কিয় এক স্থিৰ গড় অপৱাহ দ্ৰুতি লাভ কৰে?

(c) ইলেক্ট্ৰনৰ অপৱাহ দ্ৰুতি অতি কম আৰু ইলেক্ট্ৰনৰ আধানৰ মানো সৰু, তৎস্বত্বেও আমি কেনেকৈ পৰিবাহীত ডাঙৰ মানৰ প্ৰৱাহ পাও?

(d) ধাতুত নিম্ন বিভৱৰ পৰা উচ্চ বিভৱলৈ ইলেক্ট্ৰনৰ অপৱাহ ঘটাৰ অৰ্থ এইটোৱেই নেকি যে আটাইবোৰ 'মুক্ত' ইলেক্ট্ৰন একে দিশেৰে ধাৱমান হৈছে।

(e) (i) বিদ্যুত ক্ষেত্ৰৰ অবৰ্তমানত আৰু (ii) বিদ্যুত ক্ষেত্ৰৰ বৰ্তমানত দুটা ক্ৰমিক সংঘাতৰ (ধাতুৰ ধনাত্মক আয়নৰ লগত) মাজৰ কালছোৱাত ইলেক্ট্ৰনৰ গতিপথ সৰল ৰেখানে?

সমাধান ঃ

(a) প্ৰায় তাৎক্ষণীকভাৱে (পোহৰৰ দ্ৰুতিৰে) সমুদায় বৰ্তনীতে বিদ্যুৎ ক্ষেত্ৰখন প্ৰতিষ্ঠিত হয় আৰু তাৰ ফলত সকলো বিন্দুতে স্থানিক ইলেক্ট্ৰন অপৱাহ আৰম্ভ হয়। প্ৰৱাহৰ প্ৰতিষ্ঠা হ'বলৈ ইলেক্ট্ৰনবোৰ পৰিবাহীৰ এটা প্ৰান্তৰ পৰা আনটো প্ৰান্তত উপনীত হোৱালৈ অপেক্ষা কৰিব নালাগে। অৱশ্যে সুস্থিৰ মান প্ৰাপ্ত হ'বলৈ প্ৰৱাহক কিছু সময়ৰ প্ৰয়োজন হয়।

(b) প্ৰত্যেক ইলেক্ট্ৰনৰে ত্বৰণ হয়, ধাতুৰ ধনাত্মক আয়নৰ লগত সংঘাত নোহোৱা পৰ্যন্ত ইয়াৰ অপৱাহ দ্ৰুতি বাঢ়ি থাকে। সংঘাতত ইয়াৰ অপবাহ দ্ৰুতি ক্ষয় হৈ নাইকিয়া হয়; কিন্তু পুনৰাই ত্বৰিত হৈ অপৱাহ দ্ৰুতি আকৌ বাঢ়িবলৈ ধৰে আৰু সংঘাতত এই দ্ৰুতি বিলুপ্ত হয় আৰু এনেকৈ প্ৰক্ৰিয়াটো চলি থাকে। গতিকে ইলেক্ট্ৰনবোৰে এটা গড় অপৱাহ দ্ৰুতিহে লাভ কৰে।

(c) কিয়নো ইলেক্ট্ৰনৰ সংখ্যা ঘনত্ব অতিশয় বিশাল, $\sim 10^{29}\ m^{-3}$।

(d) কোনো পধ্যে নহয়। ডাঙৰ মানৰ যাদৃচ্ছিক বেগৰ ওপৰত অপৱাহ বেগ আৰোপিত হয়।

(e) বিদ্যুত ক্ষেত্ৰত অবৰ্তমানত গতিপথৰ প্ৰকৃতি সৰল ৰেখা। বিদ্যুত ক্ষেত্ৰৰ বৰ্তমানত গতিপথ সাধাৰণতে বক্ৰ ৰৈখিক হয়

উদাহৰণ 3.2

3.5.1 সচলতা (Mobility)

আমি দেখিলো যে সচল আধান বাহকৰ (Charge carrier) পৰা পৰিবাহীতাৰ উদ্ভৱ হয়। ধাতুত সচল আধান বাহকবোৰ হ'ল ইলেক্ট্ৰন; আয়নিত গেছত ইলেক্ট্ৰন আৰু ধনাত্মকভাৱে আহিত আয়নে আধানৰ পৰিবহন কৰে। বিদ্যুত বিশ্লেষ্যত ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক দুয়োবিধ আয়নেই এই কাৰ্য সমাধা কৰে।

প্ৰতি একক বিদ্যুত ক্ষেত্ৰত অপৱাহ বেগৰ মানেই হ'ল **সচলতা, μ (mobility)** ঃ

$$\mu = \frac{|\vec{v}_d|}{E} \tag{3.24}$$

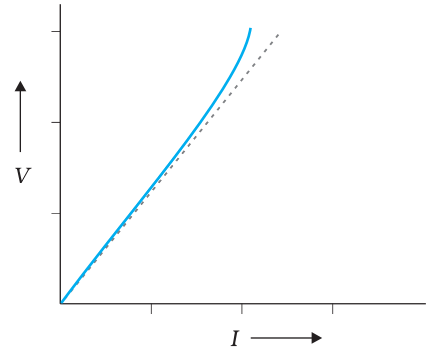
সচলতাৰ এচ আই একক হ'ল m^2/Vs আৰু ই সচলতাৰ ব্যৱহাৰিক একক (cm^2/Vs) তকৈ 10^4 গুণে ডাঙৰ। সচলতা ধনাত্মক ৰাশি। (3.17) সমীকৰণৰ পৰা

$$v_d = \frac{e\,\tau\,E}{m}$$

গতিকে

$$\mu = \frac{v_d}{E} = \frac{e\tau}{m} \qquad (3.25)$$

ইয়াত τ হ'ল ইলেক্ট্ৰনৰ গড় সংঘাতকাল (Collision time)।



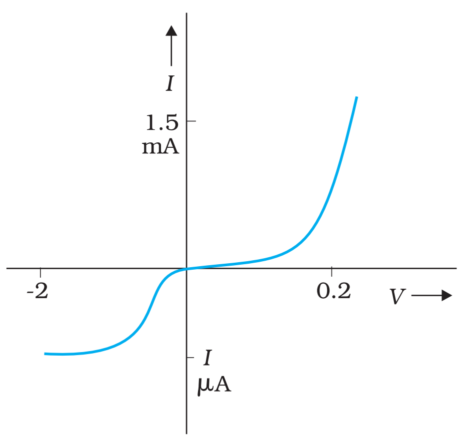
চিত্ৰ- 3.5 ফুট ফুট ৰেখাই ৰৈখিক ওমৰ সূত্ৰৰ বৰ্ণনা দিছে। গোটা ৰেখাই সুপৰিবাহীত V বিভৱৰ সাপেক্ষে I প্ৰৱাহৰ লেখ বুজাইছে।

3.6 ওমৰ সূত্ৰৰ সীমাবদ্ধতা (Limitations of Ohm's Law)

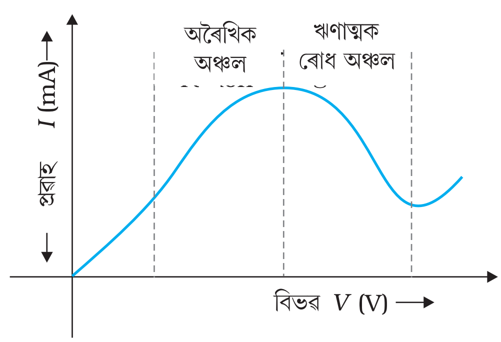
বহুতো প্ৰকাৰৰ পদাৰ্থত ওমৰ সূত্ৰ প্ৰযোজ্য হয় যদিও আন ভালেমান পদাৰ্থ আৰু বৈদ্যুতিক বৰ্তনীত সংযোজিত হোৱা আহিলাত V আৰু I ৰ সমানুপাতিক সম্পৰ্ক নৰজে। এনে ব্যতিক্ৰমবোৰ নিম্নোক্ত এটা ততোধিক প্ৰকাৰৰ হ'ব পাৰে।

(a) V, I ৰ সমানুপাতিক হৈ নাথাকে (চিত্ৰ 3.5)।

(b) V আৰু I ৰ সম্পৰ্ক V ৰ প্ৰকৃতিৰ (ধনাত্মক নে ঋণাত্মক) ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। আন ধৰণেৰে ক'বলৈ হ'লে, মান স্থিৰে ৰাখি V ৰ দিশ ওলোটালে পূৰ্বতে V ৰ বাবে উদ্ভৱ হোৱা প্ৰৱাহ I আৰু সদ্যহতে বিপৰীত দিশত বোৱা প্ৰৱাহ একে মানৰ নহয় (চিত্ৰ 3.6)। উদাহৰণ স্বৰূপে চতুৰ্দশ অধ্যায়ত পঢ়িবলগীয়া ডায়'ডত (Diode) এনে অৱস্থাৰ সৃষ্টি হয়।



চিত্ৰ- 3.6 ডায়'ডৰ বৈশিষ্ট্য লেখ। বিভৱ আৰু প্ৰৱাহৰ ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক মানৰ বাবে ব্যৱহাৰ হোৱা জোখৰ পাৰ্থক্য মন কৰা।



চিত্ৰ- 3.7 GaAs ৰ ক্ষেত্ৰত বিভৱৰ সাপেক্ষে প্ৰৱাহৰ পৰিৱৰ্তন

(c) V আৰু I ৰ সম্পৰ্ক অনন্য নহয়, অৰ্থাৎ একে I প্ৰৱাহৰ বাবে V ৰ একাধিক মান সম্ভৱ (চিত্ৰ 3.7)। এনে প্ৰকৃতি প্ৰদৰ্শন কৰা এবিধ পদাৰ্থ হ'ল GaAs।

(3.3) সমীকৰণত বৰ্ণিত ওমৰ সূত্ৰ মানি নচলা পদাৰ্থ আৰু আহিলাবোৰ প্ৰকৃততে বৈদ্যুতিক (electronic) বৰ্তনীত বহুলভাৱে ব্যৱহৃত হয়। বৰ্তমানৰ এইটো আৰু পৰৱৰ্তী কেইটামান অধ্যায়ত আমি অৱশ্যে যিবোৰ পদাৰ্থত ওমৰ সূত্ৰ প্ৰযোজ্য হয় তেনেবোৰতহে প্ৰতিষ্ঠিত হোৱা প্ৰৱাহৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিম।

3.7 বিভিন্ন পদাৰ্থৰ ৰোধকতা (Resistivity of Various Materials)

3.1 তালিকাত সাধাৰণতে উপলব্ধ হোৱা বিভিন্ন পদাৰ্থৰ ৰোধকতা উল্লেখ কৰা হৈছে। ৰোধকতা অনুযায়ী আৰু তাৰ মানৰ ঊধঃক্ৰমত পদাৰ্থবোৰক পৰিবাহী (conductor), অৰ্ধ পৰিবাহী (semi

conductor) আৰু অপৰিবাহী বা অন্তৰক (insulator) হিচাপে শ্ৰেণী বিভক্ত কৰা হৈছে। ধাতুৰ ৰোধকতা কম আৰু ইয়াৰ পৰিসৰ 10^{-8} Ωm ৰ পৰা 10^{-6} Ωm ৰ ভিতৰত। ইটোফালে চীনামাটি, ৰবৰ আৰু প্লাষ্টিকৰ লেখীয়া অন্তৰকৰ ৰোধকতা ধাতুতকৈ 10^{18} গুণ বা ততোধিক হয়। এই দুবিধ পদাৰ্থৰ মাজত পৰে অৰ্ধ পৰিবাহীবোৰ। অৱশ্যে ইহঁতৰ ৰোধকতা উষ্ণতা বৃদ্ধিৰ লগে লগে কমিবলৈ ধৰে। তুচ্ছ পৰিমাণৰ অশুদ্ধিৰ উপস্থিতিয়েও অৰ্ধ পৰিবাহীৰ ৰোধকতাৰ পৰিৱৰ্তন ঘায়। বৈদ্যুতিক আহিলা সাজিবলৈ অৰ্ধ পৰিবাহীৰ প্ৰয়োগত শেষত উল্লেখ কৰা বৈশিষ্ট্যটোৰ সুবিধা লোৱা হয়।

তালিকা 3.1 কিছুমান পদাৰ্থৰ ৰোধকতা

পদাৰ্থ	0^0 C ত ৰোধকতা, ρ (Ω m)	ৰোধকতাৰ উষ্ণতা গুণাংক, α (°C)$^{-1}$ 0^0 C ত $\frac{1}{\rho}\left(\frac{d\rho}{dT}\right)$
পৰিবাহী		
চিলভাৰ	1.6×10^{-8}	0.0041
তাম	1.7×10^{-8}	0.0068
এলুমিনিয়াম	2.7×10^{-8}	0.0043
টাংষ্টেন	5.6×10^{-8}	0.0045
আইৰণ	10×10^{-8}	0.0065
প্লেটিনাম	11×10^{-8}	0.0039
মাৰ্কাৰী	98×10^{-8}	0.0009
নাইক্ৰ'ম (Ni, Fe আৰু Cr ৰ সংকৰ)	$\sim 100 \times 10^{-8}$	0.0004
মেংগানিন (সংকৰ)	48×10^{-8}	0.002×10^{-3}
অৰ্ধ পৰিবাহী		
কাৰ্বন (গ্ৰেফাইট)	3.5×10^{-5}	– 0.0005
জাৰ্মেনিয়াম	0.46	– 0.05
চিলিক'ন	2300	– 0.07
অন্তৰক		
বিশুদ্ধ পানী	2.5×10^{5}	
কাঁচ	$10^{10} - 10^{14}$	
কঠিন ৰবৰ	$10^{13} - 10^{16}$	
NaCl	$\sim 10^{14}$	
গুৰি কোৱাৰ্টজ (Fused Quartz)	$\sim 10^{16}$	

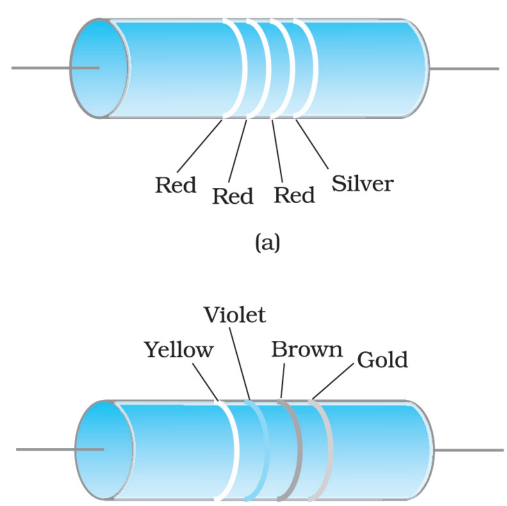
ঘৰুৱা কামত অথবা পৰীক্ষাগাৰত ব্যৱহাৰৰ বাবে বাণিজ্যিক ৰূপত উৎপাদিত ৰোধবোৰ দুটা প্ৰধান ভাগত শ্ৰেণী বিভক্ত ঃ তাঁৰেৰে বন্ধা ৰোধ (wire bound resistors) আৰু কাৰ্বন ৰোধ (carbon resistors)। তাঁৰেৰে বন্ধা ৰোধবোৰ মেঙ্গনিন, কন্টেনটান, নাইক্ৰ'ম আৰু তৎসদৃশ সংকৰ ধাতুৰ তাঁৰ পকাই তৈয়াৰ কৰা হয়।এইবোৰ পদাৰ্থৰ ৰোধকতা আপেক্ষিকভাৱে উষ্ণতাৰ প্ৰতি উদাসীন হোৱা বাবে সিহঁতৰ ব্যৱহাৰ বেছি। এনেবোৰ ৰোধৰ মান এক ওমৰ ভগ্নাংশৰ পৰা শতাধিক ওমৰ ভিতৰত থাকে।

উচ্চ মানৰ ৰোধ প্ৰধানকৈ কাৰ্বনৰ পৰা বনোৱা হয়। কাৰ্বন ৰোধবোৰ সংহত (compact) আৰু সুলভ মূল্যৰ হোৱা হেতুকে বৈদ্যুতিক বৰ্তনীত সিহঁতৰ ব্যাপকভাৱে ব্যৱহৃত হয়। কাৰ্বন ৰোধৰ আকৃতি সৰু আৰু সেইবাবে সিহঁতৰ মান ৰঙীন সাংকেতিক চিহ্নেৰে বুজোৱা হয়।

তালিকা 3.2 ৰোধৰ ৰঙীন সাংকেতিক চিহ্ন

ৰং	সংখ্যা	গুণনীয়ক	সহ্যসীমা (%)
ক'লা (Black)	0	1	
বাদামী (Brown)	1	10^1	
ৰঙা (Red)	2	10^2	
কমলা (Orange)	3	10^3	
হালধীয়া (Yellow)	4	10^4	
সেউজীয়া (Green)	5	10^5	
নীলা (Blue)	6	10^6	
বেঙুনীয়া (Violet)	7	10^7	
ছাই ৰং (Gray)	8	10^8	
বগা (White)	9	10^9	
সোণালী (Gold)		10^{-1}	5
ৰূপালী (Silver)		10^{-2}	10
বৰ্ণহীন (Nocolour)			20

ৰোধবোৰত কেইটামান ৰঙীন আৰু সমাক্ষীয় আঙঠি অঁকা থাকে; ৰংকেইটাৰ বৈশিষ্ট্য 3.2 তালিকাত উল্লেখ কৰা হৈছে। একাষৰ পৰা প্ৰথম দুটা পটিয়ে ওম এককত ৰোধৰ প্ৰথম দুটা বৈশিষ্ট্য সূচক (significant) সংখ্যা বুজায়। তৃতীয় পটিয়ে দশমিক গুণনীয়ক (3.2 তালিকাত দিয়া মতে) বুজায়। সৰ্বশেষ পটিয়ে সহ্যসীমা অথবা নিৰ্দেশিত মানৰ পৰা হ'ব পৰা সম্ভাব্য তাৰতম্যৰ শতকৰা হাৰ বুজায়। কেতিয়াবা শেষৰ পটিটো নাথাকে; তেতিয়া আমি বুজিব লাগিব যে ৰোধটোৰ সহ্যসীমা 20% (চিত্ৰ 3.8)। উদাহৰণ স্বৰূপে, চাৰিটা ৰং কমলা, নীলা, হালধীয়া আৰু সোণালী হ'লে ৰোধৰ মান হ'ব $36 \times 10^4\ \Omega$ আৰু সহ্য সীমা হ'ব 5%।



(b)

চিত্ৰ 3.8 ৰঙৰ সংকেতৰে সৈতে ৰোধ (a) $(22 \times 10^2$ W) ± 10%, (b) (47 × 10 W) ± 5%.

3.8 উষ্ণতাৰ ওপৰত ৰোধকতাৰ নিৰ্ভৰশীলতা (Temperature Dependence of Resistivity)

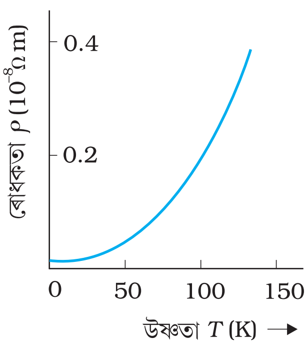
পদাৰ্থৰ ৰোধকতা উষ্ণতাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল। কিন্তু সকলো পদাৰ্থৰ ৰোধকতা একে ধৰণে উষ্ণতাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। নাতি উচ্চ উষ্ণতাৰ এক সীমাবদ্ধ পৰিসৰৰ ভিতৰত ধাতৰ পৰিবাহীৰ ৰোধকতাৰ মোটামুটিভাৱে সম্পৰ্কটো হ'ল—

$$\rho_T = \rho_0 \left[1 + \alpha (T - T_0)\right] \qquad (3.26)$$

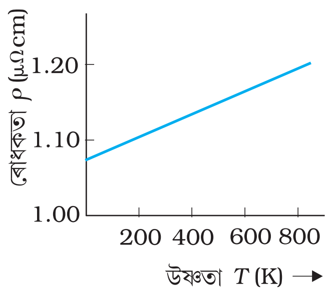
ইয়াত T উষ্ণতাত ৰোধকতা ρ_T আৰু ρ_0 হ'ল এক প্ৰাসংগিক উষ্ণতাৰ (T_0) ৰোধকতা। α ক ৰোধকতাৰ উষ্ণতা গুণাংক (temperature Co-efficient of resistivity) বুলি কোৱা হয়। (3.26) সমীকৰণৰ পৰা নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি যে α ৰ মাত্ৰা (উষ্ণতা)$^{-1}$। ধাতুৰ ক্ষেত্ৰত α ধনাত্মক আৰু $T_0 = 0°C$ ত কিছুমান ধাতুৰ α ৰ মান 3.1 তালিকাত উল্লেখ কৰা হৈছে।

(3.26) সমীকৰণৰে নিৰ্দেশিত সম্পৰ্কই সূচাইছে যে T ৰ বিপৰীতে ρ_T ৰ লেখ আঁকিলে সৰল ৰেখা হ'ব। 0°C তকৈ বহু কম উষ্ণতাত অৱশ্যে লেখ আকৃতি সৰল ৰেখাৰ আকৃতিৰ পৰা বহুখিনি আঁতৰি যায়, (চিত্ৰ 3.9)।

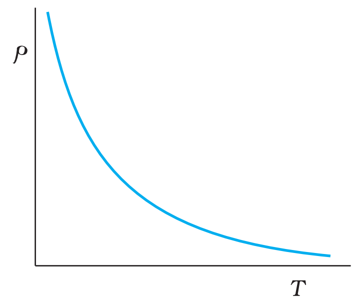
গতিকে, কোনো এক প্ৰাসংগিক উষ্ণতা T_0 ৰ সাপেক্ষে T ৰ এক সীমিত পৰিসৰৰ ভিতৰত হ'ল লেখ মোটামুটিভাৱে সৰল ৰেখা, (3.28) সমীকৰণ ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰি।



চিত্ৰ 3.9 উষ্ণতা T ৰ ফলন হিচাপে কপাৰ ৰোধকতা ρ_T।



চিত্ৰ 3.10 পৰম উষ্ণতা T ৰ ফলন হিচাপে নাইক্ৰ'মৰ ৰোধকতা ρ_T।



চিত্ৰ 3.11 গতানুগতিক অৰ্ধ পৰিবাহীৰ ৰোধকতাৰ উষ্ণতা নিৰ্ভৰশীলতা।

নাইক্ৰ'ম (নিকেল, লো আৰু ক্ৰ'মিয়ামৰ সংকৰ) জাতীয় কিছুমান পদাৰ্থৰ ৰোধকতা উষ্ণতাৰ ওপৰত বেছিকৈ নিৰ্ভৰশীল নহয়। মেংগানিন আৰু কষ্টেনটানৰো একে লেখীয়া ধৰ্ম আছে। গতিকে তঁাৰেৰে পকাই মান ৰোধ (standard resistor) সাজিবলৈ এনেবোৰ পদাৰ্থ বহুলভাৱে ব্যৱহৃত হয়, কাৰণ উষ্ণতাৰ সৈতে সিহঁতৰ ৰোধকৰ পৰিৱৰ্তন অতি কম।

বিপৰীতক্ৰমে অৰ্ধ পৰিবাহীৰ ৰোধকতা উষ্ণতা বাঢ়িলে কমেহে। 3.11 চিত্ৰত তেনে গতানুগতিক সম্পৰ্ক এটা লেখৰ যোগেদি প্ৰদৰ্শন কৰা হৈছে।

(3.23) সমীকৰণটো প্ৰতিপন্ন কৰিবলৈ আগবঢ়োৱা যুক্তি-তৰ্কৰ আধাৰত উষ্ণতাৰ ওপৰত ৰোধকতাৰ নিৰ্ভৰশীলতাৰ তত্ত্ব বুজিব পাৰি। এই সমীকৰণ অনুসৰি কোনো পদাৰ্থৰ ৰোধকতা হ'ল—

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{m}{n e^2 \tau} \qquad (3.27)$$

গতিকে ρ, প্ৰতি একক আয়তনত মুক্ত ইলেক্ট্ৰনৰ সংখ্যা n আৰু দুটা সংঘাতৰ মাজৰ গড় সময় τ উভয়ৰে ব্যস্তানুপাতিক। উষ্ণতা বঢ়ালে প্ৰৱাহৰ বাহক ইলেক্ট্ৰনবোৰৰ গড় দ্ৰুতি বাঢ়ে আৰু ফলত সংঘাত সঘনে হৈ থাকে। গতিকে সংঘাতৰ মাজৰ গড় সময় τ উষ্ণতা বাঢ়িলে কমি যায়।

ধাতুৰ ক্ষেত্ৰত n যিকোনো বাস্তৱ পৰিস্থিতিতে উষ্ণতা নিৰ্ভৰশীল নহয় আৰু সেয়েহে উষ্ণতা বৃদ্ধিৰ লগে লগে τ ৰ মান কমিলে আমি পূৰ্বতে মন কৰা মতে ρ বাঢ়িব।

অন্তৰক আৰু অৰ্ধ পৰিবাহীৰ ক্ষেত্ৰত অৱশ্যে উষ্ণতা বাঢ়িলে n বাঢ়ে। τ ৰ যিকোনো হ্ৰাসৰ ক্ষতি পূৰাবলৈ প্ৰয়োজন হোৱা মানতকৈ n ৰ বৃদ্ধি বেছি হয় আৰু সেয়েহে এনেবোৰ পদাৰ্থত উষ্ণতা বাঢ়িলে ρ কমে।

উদাহৰণ 3.3 এটা বৈদ্যুতিক ট'ষ্টাৰত (toaster) ব্যৱহাৰ হোৱা তাপ উৎপাদক উপাদানটো নাইক্ৰ'মেৰে তৈয়াৰী। ইয়াৰ মাজেৰে নগণ্য পৰিমাণৰ প্ৰৱাহ পাৰ হৈ যাওঁতে কোঠালীৰ উষ্ণতাত (27.0 °C) ইয়াৰ ৰোধ হ'ল 75.3 Ω। যেতিয়া ট'ষ্টাৰটো 330 V যোগানৰ সৈতে সংযোগ কৰা হয়, তেতিয়া কেই মুহূৰ্তমানৰ পিছত প্ৰৱাহ 2.68 A ত সুস্থিৰ হয়। নাইক্ৰ'ম উপাদানৰ সুস্থিৰ উষ্ণতা নিৰ্ণয় কৰা। সংশ্লিষ্ট উষ্ণতাৰ পৰিসৰত নাইক্ৰ'মৰ ৰোধৰ উষ্ণতা গুণাংকৰ গড় মান 1.70×10^{-4} $°C^{-1}$।

সমাধান ঃ উপাদানৰ মাজেৰে যোৱা প্ৰৱাহৰ মান অতি কম হ'লে তাপীয় ক্ৰিয়াক উপেক্ষা কৰিব পাৰি আৰু তেনে ক্ষেত্ৰত উপাদানৰ উষ্ণতা T_1 হ'ব কোঠালীৰ উষ্ণতা। ট'ষ্টাৰটো যোগানৰ লগত সংযোজিত কৰিলে তাৰ প্ৰাৰম্ভিক প্ৰৱাহ সুস্থিৰ মান 2.68 A তকৈ কিছু বেছি হ'ব। কিন্তু প্ৰৱাহৰ তাপীয় ক্ৰিয়াৰ বাবে উষ্ণতাৰ বৃদ্ধি ঘটিব। ফলত ৰোধৰ বৃদ্ধি হৈ প্ৰৱাহ কিছু পৰিমাণে কমিব। অৱশ্যে কেই ছেকেণ্ডমানৰ পিছত এটা সুস্থিৰ অৱস্থা আহিব আৰু উষ্ণতাৰ বৃদ্ধি বন্ধ হ'ব। তেতিয়া উপাদানৰ ৰোধ আৰু প্ৰৱাহ উভয়ে সুস্থিৰ মানপ্ৰাপ্ত হ'ব। সুস্থিৰ উষ্ণতা T_2 ত R_2 ৰোধৰ মান—

$$R_2 = \frac{230\,V}{2.68\,A} = 85.8\ \Omega$$

$$R_2 = R_1\,[1 + \alpha\,(T_2 - T_1)]$$

সম্পৰ্ক ব্যৱহাৰ কৰিলে আমি পাম

$$T_2 - T_1 = \frac{(85.8 - 75.3)}{(75.3)\times 1.70\times 10^{-4}} = 820\ °C$$

অৰ্থাৎ $T_2 = (820 + 27.0)\ °C = 847\ °C$

গতিকে, তাপ উৎপাদক উপাদানৰ সুস্থিৰ উষ্ণতা হ'ব (যি অৱস্থাত প্ৰৱাহৰ তাপীয় প্ৰভাৱ চাৰিওফাললৈ হোৱা তাপৰ ক্ষতিৰ সমান) 847 °C।

উদাহৰণ 3.3

উদাহৰণ 3.4 এটা প্লেটিনাম ৰোধ থাৰ্মমিটাৰৰ প্লেটিনামৰ তাঁৰডালৰ ৰোধ হিমাংকত 5 Ω আৰু বাষ্পাংকত 5.23 Ω। থাৰ্মমিটাৰটো এটা উষ্ণ প্ৰকোষ্ঠত সোমুৱাই দিলে প্লেটিনামৰ তাঁৰৰ ৰোধ হয়গৈ 5.795 Ω। প্ৰকোষ্ঠৰ উষ্ণতা নিৰূপণ কৰা।

সমাধান ঃ $R_0 = 5\ \Omega$, $R_{100} = 5.23\ \Omega$ আৰু $R_t = 5.795\ \Omega$

এতিয়া $$t = \frac{R_t - R_0}{R_{100} - R_0}\times 100, \qquad R_t = R_0\,(1 + \alpha t)$$

$$= \frac{5.795 - 5}{5.23 - 5}\times 100$$

$$= \frac{0.795}{0.23}\times 100 = 345.65\ °C$$

উদাহৰণ 3.4

3.9 বৈদ্যুতিক শক্তি, ক্ষমতা (Electrical Energy, Power)

ধৰি লোৱা, পৰিবাহী এডালৰ এটা প্ৰান্তবিন্দু A ৰ পৰা আনটো প্ৰান্তবিন্দু B লৈ প্ৰৱাহ চালিত হৈছে। A আৰু B ৰ বিভৱ যথাক্ৰমে V (A) আৰু V (B) ৰে বুজোৱা হৈছে। যিহেতু প্ৰৱাহ A ৰ পৰা B লৈ,

গতিকে $V(A) > V(B)$ আৰু AB ৰ বিভৱান্তৰ $V = V(A) - V(B) > 0$।

Δt সময়ৰ অন্তৰালত $\Delta Q = I\,\Delta t$ পৰিমাণৰ আধান A ৰ পৰা B লৈ যায়। সংজ্ঞা অনুসৰি A ত আধানৰ স্থিতি শক্তি $Q\,V(A)$ আৰু একেদৰে B ত $Q\,V(B)$। গতিকে স্থিতি শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন ΔU_{pot} হ'ল

$$\Delta U_{pot} = \text{অন্তিম স্থিতি শক্তি- প্ৰাৰম্ভিক স্থিতি শক্তি}$$
$$= \Delta Q[(V(B) - V(A)] = -\Delta Q\,V$$
$$= -I\,V\Delta t < 0 \tag{3.28}$$

আধানবোৰ সংঘাতত লিপ্ত নোহোৱাকৈ পৰিবাহীয়েদি যোৱা হ'লে সিহঁতৰ গতিশক্তিও পৰিৱৰ্তিত হ'লহেঁতেন যাতে মুঠ শক্তি স্থিৰে থাকিব পাৰে। মুঠ শক্তিৰ সংৰক্ষণ নীতিৰ আধাৰত আমি ক'ব পাৰো যে

$$\Delta K = -\Delta U_{pot} \tag{3.29}$$

অৰ্থাৎ

$$\Delta K = I\,V\Delta t > 0 \tag{3.30}$$

গতিকে, বিদ্যুত ক্ষেত্ৰৰ ক্ৰিয়াত আধানবোৰে পৰিবাহীত বাধাহীনভাৱে গতি কৰিব পৰা হ'লে গতিশীল আধানৰ গতিশক্তি বৃদ্ধি হ'লহেঁতেন। কিন্তু আমি আগতেই পঢ়ি আহিছোঁ যে গড় হিচাপত আধানবোৰ ত্বৰিত হোৱাৰ সলনি সুস্থিৰ অপৱাহ বেগহে প্ৰাপ্ত হয়। ইয়াৰ কাৰণ হ'ল ভ্ৰমণ কালত আয়ন আৰু পৰমাণুৰ সৈতে হোৱা সংঘাত। সংঘাতত আধানে লাভ কৰা শক্তি এটা ভাগ পৰমাণুলৈ হস্তান্তৰ হয়। ফলত পৰমাণুৰ কম্পন তীব্ৰতৰ হয় অৰ্থাৎ পৰিবাহী উত্তপ্ত হৈ উঠে। গতিকে এডাল প্ৰকৃত পৰিবাহীত Δt সময়ৰ অন্তৰালত তাপৰূপে অৱক্ষয় হোৱা শক্তিৰ পৰিমাণ

$$\Delta W = I\,V\Delta t \tag{3.31}$$

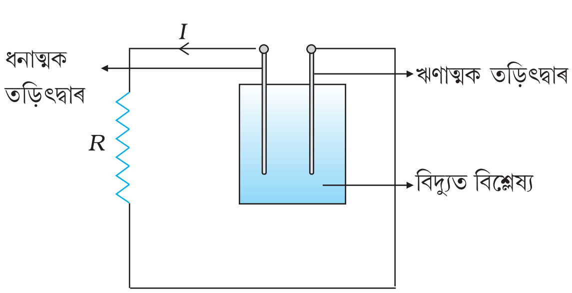
প্ৰতি একক সময়ত অপব্যয় হোৱা শক্তিৰ পৰিমাণক অপব্যয় হোৱা ক্ষমতা $P = \Delta W/\Delta t$ বুলি কোৱা হয় আৰু সেয়ে আমি লিখিব পাৰোঁ

$$P = I\,V \tag{3.32}$$

ওমৰ সূত্ৰ $V = IR$ ব্যৱহাৰ কৰিলে

$$P = I^2 R = V^2/R \tag{3.33}$$

P হ'ল I প্ৰৱাহ চালিত R ৰোধৰ পৰিবাহী এডালত হোৱা ক্ষমতাৰ অপচয় (ওমীয় অপচয় Ohmic loss)। উদাহৰণ স্বৰূপে, এইখিনি ক্ষমতাই বিজুলী চাকিৰ কুণ্ডলীক উত্তাপিত কৰি তাক ভাস্কৰ অৱস্থাত উপনীত কৰায় আৰু পোহৰ আৰু তাপ বিকিৰণৰ কাৰণ হৈ পৰে।



চিত্ৰ 3.12 এটা কোষৰ দুই মেৰুৰে সংযোজিত *R* ৰোধত তাপ উৎপন্ন হয়। *R* ৰোধত অপচয় হোৱা শক্তি বিদ্যুত বিশ্লেষ্যৰ ৰাসায়নিক শক্তিৰ পৰা আহে।

এই ক্ষমতাৰ উৎস কি? পূৰ্বতে উনুকিওৱা হৈছে যে পৰিবাহীত সুস্থিৰ প্ৰৱাহ পাবলৈ হ'লে বাহিৰা উৎসৰ প্ৰয়োজন হয়। স্পষ্টতঃ এনেবোৰ উৎসই আৱশ্যকীয় ক্ষমতাৰ যোগান ধৰে। এটা কোষৰ সৈতে দেখুওৱা সৰল বৰ্তনীটোত (চিত্ৰ 3.12) কোষৰ ৰাসায়নিক শক্তিয়ে এই ক্ষমতাৰ যোগান ধৰে।

ক্ষমতা বুজোৱা (3.32) আৰু (3.33) সমীকৰণত নিৰ্দেশিত হৈছে যে R ৰোধত অপচয় হোৱা ক্ষমতা তাৰ মাজেৰে চালিত প্ৰৱাহ আৰু দুই মূৰৰ বিভৱান্তৰৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে।

শক্তিৰ পৰিবহণত (3.33) সমীকৰণৰ এক গুৰুত্বপূৰ্ণ প্ৰয়োগ আছে। বহু আঁতৰত অৱস্থিত শক্তি উৎপাদন কেন্দ্ৰৰ পৰা বাসস্থান আৰু কল-কাৰখানালৈ পৰিবাহক তাঁৰেদি

(transmission cable) শক্তিৰ যোগান ধৰা হয়। স্বাভাৱিকতে শক্তি উপাদান কেন্দ্ৰ আৰু বাসস্থান আৰু কলকাৰখানা সংযোগী পৰিবহন তাঁৰত শক্তিৰ অপচয় ন্যূনতম হোৱাটো আটায়ে বিচাৰে। এতিয়া এই উদ্দেশ্য সাধন কেনেকৈ কৰা যায় চোৱা যাওক। ধৰি লোৱা হওঁক, R নামৰ আহিলাত অৱক্ষয় হ'বলগীয়া P পৰিমাণৰ ক্ষমতা R_c ৰোধবিশিষ্ট পৰিবহন তাঁৰেদি R লৈ যোগান ধৰা হ'ব। R ত বিভৱান্তৰ V আৰু প্ৰৱাহ I হ'লে

$$P = VI \qquad (3.34)$$

শক্তি উৎপাদন কেন্দ্ৰৰ লগত আহিলাপাতি সংযুক্ত কৰা তাঁৰৰ নিৰ্দিষ্ট মানৰ ৰোধ থাকিব। ধৰি লওঁ, ইয়াৰ মান R_c। (3.32) সমীকৰণ ব্যৱহাৰ কৰিলে তাঁৰত অপচয় হোৱা ক্ষমতা হ'ব

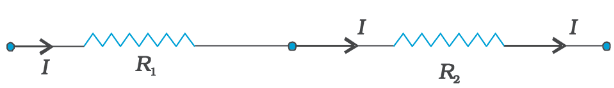
$$P_c = I^2 R_c$$

$$= \frac{P^2 R_c}{V^2} \qquad (3.35)$$

গতিকে, P ক্ষমতাবিশিষ্ট আহিলা এটা চলাবলৈ সংযোজী তাঁৰত অপচয় হোৱা ক্ষমতা V^2ৰ ব্যস্তানুপাতিক। শক্তি উৎপাদন কেন্দ্ৰৰ পৰা অহা পৰিবহণ তাঁৰবোৰ শতাধিক মাইল দীঘল আৰু সিহঁতৰ ৰোধ R_c ও যথেষ্ট মানৰ হয়। P_c ৰ মান কমাবলৈ এইবোৰ তাঁৰে অতি উচ্চ বিভৱত প্ৰৱাহ বহন কৰে আৰু এইবাবেই পৰিবহন লাইনত (transmission lines) বিপদ-সংকেত লগোৱা দেখো। এনে ধৰণৰ সংকেত জনবসতিৰ পৰা দূৰৰ স্থানত সততে চকুত পৰে। ইমান উচ্চ বিভৱত বিদ্যুতৰ ব্যৱহাৰ নিৰাপদ নহয় আৰু সেয়েহে, আনটো মূৰত ট্ৰেন্সফৰ্মাৰ (transformer) বা ৰূপান্তৰক নামৰ যন্ত্ৰৰ যোগেদি উচ্চ বিভৱক ব্যৱহাৰৰ উপযোগী উপযুক্ত মানলৈ অৱনমিত কৰা হয়।

3.10 ৰোধ সজ্জা-শ্ৰেণীৱদ্ধ আৰু সমান্তৰাল (Combination of Resistors – Series and Parallel)

ওমৰ সূত্ৰ অনুসৰি V বিভৱান্তৰত অকলে থকা R ৰোধ এটাত প্ৰৱাহ হ'ব I = V/R। কেতিয়াবা কেবাটাও ৰোধ একেলগে সংযোগ কৰা হয় আৰু এনে সজ্জাৰ সমতুল্য ৰোধ নিৰ্ণয়ৰ সহজ নিয়ম কিছুমানো আছে।

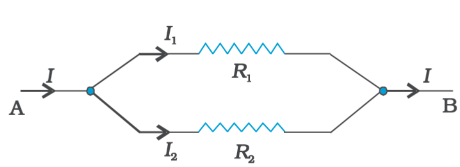


চিত্ৰ 3.13 R_1 আৰু R_2 ৰোধৰ শ্ৰেণীবদ্ধ সজ্জা।

যদি দুটা ৰোধৰ এটাহে প্ৰান্তবিন্দু সংযোগ হৈ থাকে তেতিয়া ৰোধ দুটা শ্ৰেণীৱদ্ধ বুলি কোৱা হয় (চিত্ৰ 3.13)। যদি তৃতীয় এটা ৰোধ শ্ৰেণীৱদ্ধ সজ্জাটোৰ লগত একে ধৰণে সংযোজিত হয় (চিত্ৰ 3.14), তেতিয়া তিনিওটাকৈ শ্ৰেণীৱদ্ধ বুলি কোৱা হ'ব। গতিকে দেখদেখকৈ যিকোনো সংখ্যক ৰোধৰ বাবে শ্ৰেণীৱদ্ধ সজ্জাৰ সংজ্ঞা সম্প্ৰসাৰিত কৰিব পাৰি।

চিত্ৰ 3.14 তিনিটা ৰোধ R_1, R_2, R_3 শ্ৰেণীবদ্ধ সজ্জা।

দুই বা ততোধিক ৰোধৰ এফালৰ প্ৰান্তবিন্দু সংযোগ একেলগে কৰিলে আৰু একে ধৰণে ইফালৰ প্ৰান্তবিন্দুবোৰো সংযোগ কৰিলে, ৰোধক কেইটা সমান্তৰাল বুলি কোৱা হয় (চিত্ৰ 3.15)।



চিত্ৰ 3.15 দুটা ৰোধ R_1 আৰু R_2 সমান্তৰাল সজ্জাত সংযোজিত হৈছে।

শ্ৰেণীৱদ্ধভাৱে সংযোজিত R_1 আৰু R_2 ৰোধ বিবেচনাধীন কৰা। R_1 ৰ পৰা প্ৰস্থান কৰা আধানবোৰ R_2 ত সোমাবই লাগিব। যিহেতু আধান পৰিবহণৰ হাৰেই প্ৰৱাহ, গতিকে ইয়াৰ অৰ্থ এয়েই যে R_1 আৰু R_2 ৰ মাজেৰে একেই প্ৰৱাহ চালিত হ'ব। ওমৰ সূত্ৰ অনুসৰি

R_1 ত বিভৱান্তৰ $= V_1 = I R_1$, আৰু

R_2 ত বিভৱান্তৰ $= V_2 = I R_2$।

সজ্জাটোত হোৱা V বিভৱান্তৰ হ'ব V_1+V_2। গতিকে

$$V = V_1 + V_2 = I(R_1 + R_2) \quad (3.36)$$

ওপৰৰ সমীকৰণৰ পৰা সজ্জাটোৰ সমতুল্য ৰোধ R_{eq} নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি। ওমৰ সূত্ৰ অনুসৰি

$$R_{eq} \equiv \frac{V}{I} = (R_1 + R_2) \quad (3.37)$$

শ্ৰেণীৱদ্ধভাৱে তিনিটা ৰোধ থাকিলে একে ধৰণে

$$V = I R_1 + I R_2 + I R_3 = I(R_1 + R_2 + R_3) \quad (3.38)$$

n টা ৰোধ $R_1, R_2 ....., R_n$ ৰ শ্ৰেণীবদ্ধ সজ্জাত n ৰ যিকোনো মানৰ বাবে এই সম্পৰ্ক সম্প্ৰসাৰিত কৰিব পাৰি। সমতুল্য ৰোধ R_{eq} হ'ব

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \ldots + R_n \quad (3.39)$$

এতিয়া দুটা ৰোধৰ সমান্তৰাল সজ্জা আলোচ্য বিষয় হিচাপে লোৱা (চিত্ৰ 3.15)। বাওঁফালৰপৰা প্ৰৱেশ কৰা আধানৰ এটা ভাগ R_1 ৰ মাজেৰে আৰু আনটো ভাগ R_2ৰ মাজেৰে বৈ যায়। চিত্ৰত দেখুৱা I, I_1, I_2 প্ৰৱাহ চিহ্নিত কৰা বিন্দুত আধানৰ পৰিবহণৰ হাৰ। গতিকে,

$$I = I_1 + I_2 \quad (3.40)$$

R_1 ত ওমৰ সূত্ৰ প্ৰয়োগ কৰিলে A আৰু B ৰ বিভৱান্তৰ

$$V = I_1 R_1 \quad (3.41)$$

আকৌ, R_2 ত ওমৰ সূত্ৰ প্ৰয়োগ কৰিলে

$$V = I_2 R_2 \quad (3.42)$$

$$\therefore I = I_1 + I_2 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \quad (3.43)$$

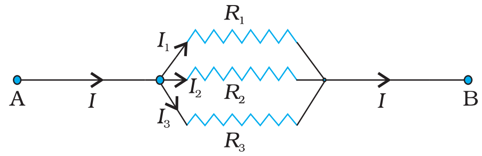
যদি সজ্জাটো সমতুল্য ৰোধ R_{eq} ৰে কৰিলে ওমৰ সূত্ৰৰপৰা আমি পাম

$$I = \frac{V}{R_{eq}} \quad (3.44)$$

গতিকে,

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (3.45)$$

ইয়াক কেনেকৈ তিনিটা সমান্তৰাল ৰোধলৈ সম্প্ৰসাৰিত কৰিব পাৰি তাক সহজতে বুজিব পাৰি।



চিত্ৰ 3.16 R_1, R_2 আৰু R_3 ৰ তিনিটা ৰোধৰ সমান্তৰাল সজ্জা।

পূৰ্বতে কৰি অহা আলোচনাৰ দৰে

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \tag{3.46}$$

আৰু R_1, R_2 আৰু R_3 ত ওমৰ সূত্ৰ প্ৰয়োগ কৰিলে

$$V = I_1 R_1, V = I_2 R_2, V = I_3 R_3 \tag{3.47}$$

গতিকে,

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) \tag{3.48}$$

সজ্জাটোৰ সলনি ব্যৱহাৰ হ'বলগীয়া ৰোধ R_{eq} ৰ মান হ'ব

$$I = \frac{V}{R_{eq}} \tag{3.49}$$

আৰু গতিকে,

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \tag{3.50}$$

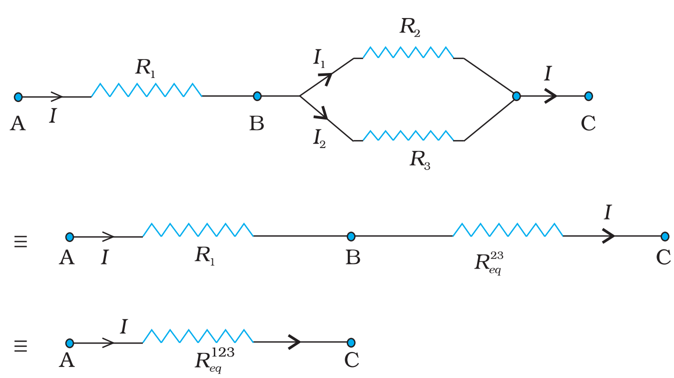
একে ধৰণৰ যুক্তি সমান্তৰাল সজ্জাত থকা যিকোনো সংখ্যাৰেই ৰোধৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰযোজ্য হ'ব। n সংখ্যক ৰোধ $R_1, R_2 \ldots, R_n$ ৰ সমান্তৰাল সজ্জাৰ সমতুল্য ৰোধ হ'ব

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_n} \tag{3.51}$$

যথেষ্ট জটিল বৰ্তনীত প্ৰৱাহ আৰু বিভৱ নিৰ্ণয়ৰ বাবে এই বিধিবোৰ প্ৰয়োগ কৰিব পাৰি। উদাহৰণ স্বৰূপে, R_1, R_2 আৰু R_3 ৰোধেৰে সৈতে (3.17) চিত্ৰৰ বৰ্তনীলৈ মন কৰা। R_2 আৰু R_3 সমান্তৰাল বাবে B আৰু C ৰ মাজত R_{eq}^{23} ৰে সিহঁতক সলনি কৰিব পাৰি, য'ত

$$\frac{1}{R_{eq}^{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

অথবা $$R_{eq}^{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \tag{3.52}$$



চিত্ৰ 3.17 তিনিটা ৰোধ R_1, R_2 আৰু R_3 ৰ সজ্জা। সমান্তৰালভাৱে R_2 আৰু R_3 ৰ সমতুল্য ৰোধ R_{eq}^{23} । R_{eq}^{23} হ'ল শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে থকা R_1 আৰু R_{eq}^{123} ৰ সমতুল্য।

বৰ্তনীত বৰ্তমানে R_1 আৰু R_{eq}^{23} শ্ৰেণীবদ্ধ আৰু সেইবাবে সিহঁতৰ সমতুল্য ৰোধ হ'ল

$$R_{eq}^{123} = R_{eq}^{23} + R_1 \tag{3.53}$$

A আৰু C ৰ বিভৱান্তৰ V হ'লে প্ৰৱাহ I হ'ব

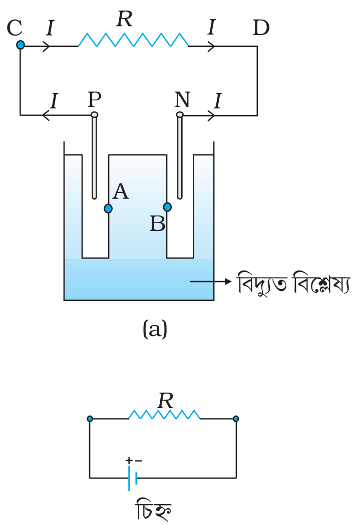
$$I = \frac{V}{R_{eq}^{123}} = \frac{V}{R_1 + \left[R_2 R_3 / (R_2 + R_3)\right]}$$

$$= \frac{V(R_2 + R_3)}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} \tag{3.54}$$

3.11 কোষ, বিদ্যুত চালক বল, অন্তঃৰোধ (Cells, emf, Internal Resistance)

আমি পূৰ্বতে উল্লেখ কৰিছোঁ যে বৰ্তনীত সুস্থিৰ প্ৰৱাহ বাহাল ৰাখিবলৈ এবিধ সৰল আহিলা হ'ল বিদ্যুত বিশ্লেষণ কোষ। 3.18 চিত্ৰত দেখুৱাৰ দৰে এনে কোষত ধনাত্মক (P) আৰু ঋণাত্মক (N) প্ৰকৃতিৰ মূলতঃ দুটা তড়িতদ্বাৰ থাকে। তড়িৎদ্বাৰ দুটা এবিধ বিদ্যুত বিশ্লেষ্য দ্ৰৱত নিমজ্জিত অৱস্থাত ৰখা হয়, দ্ৰৱত ডুবালে তড়িতদ্বাৰ দুটাই বিদ্যুত বিশ্লেষ্যৰ লগত আধানৰ আদান-প্ৰদান কৰে। তাৰ একেবাৰে সমীপৰ বিদ্যুত বিশ্লেষ্য দ্ৰৱৰ সাপেক্ষে ধনাত্মক তড়িতদ্বাৰৰ মাজত এটা বিভৱান্তৰ V_+ ($V_+ > 0$) গঢ়ি উঠে। সমীপৱৰ্তী দ্ৰৱক A বুলি চিত্ৰত চিহ্নিত কৰা হৈছে। তদানুৰূপভাৱে ঋণাত্মক তড়িতদ্বাৰৰ সমীপৱৰ্তী বিদ্যুত বিশ্লেষ্যৰ সাপেক্ষে এটা ঋণাত্মক বিভৱ $-(V_-)$ ($V_- \geq 0$) গঢ়ি উঠে। এই সমীপৱৰ্তী বিদ্যুত বিশ্লেষ্যক B বুলি চিহ্নিত কৰা হৈছে। প্ৰৱাহৰ অবৰ্তমানত বিদ্যুত বিশ্লেষ্যৰ সকলোতে একেই বিভৱ বৰ্তি থাকে, তেনে স্থলত P আৰু N ৰ বিভৱান্তৰ হ'ব $V_+ - (-V_-) = V_+ + V_-$। এই বিভৱান্তৰক **কোষৰ বিদ্যুত চালক বল (electromotive force)** বুলি কোৱা হয় আৰু ইয়াক ε বৰ্ণৰে বুজোৱা হয়। গতিকে,

$$\varepsilon = V_+ + V_- > 0 \tag{3.55}$$



চিত্ৰ 3.18 (a) ধনাত্মক তড়িতদ্বাৰ P আৰু ঋণাত্মক তড়িতদ্বাৰ N ৰ সৈতে এটা বিদ্যুত বিশ্লেষ্য কোষৰ চিত্ৰ। বুজাৰ সুবিধাৰ বাবে তড়িতদ্বাৰ দুডালৰ অন্তৰাল মাত্ৰাধিক কৰা হৈছে। P আৰু N ৰ সমীপত A আৰু B হ'ল বিদ্যুত বিশ্লেষ্যৰ দৃষ্টান্তমূলক বিন্দু। (b) কোষৰ প্ৰতীক, + চিহ্নই P আৰু − চিহ্নই N বুজায়। P আৰু N ত বিদ্যুত বৰ্তনীৰ সংযোগ হয়।

মন কৰা যে প্ৰকৃততে ε এটা বিভৱান্তৰ; ই বল নহয়। কিন্তু ঐতিহাসিক কাৰণত 'বিদ্যুত চালক বল' নামটো ব্যৱহাৰ হৈ থাকে। বিদ্যুতৰ পৰিঘটনাবোৰ সম্পূৰ্ণকৈ হৃদয়ংগম কৰাৰ পূৰ্বেই এই নামকৰণ সম্পন্ন হৈছিল।

ε ৰ তাৎপৰ্য বুজিবলৈ কোষৰ লগত সংযোজিত ৰোধ R ৰ প্ৰতি মনোনিৱেশ কৰা (চিত্ৰ 3.18)। C ৰ পৰা D লৈ R ৰ মাজেৰে I প্ৰৱাহ চালিত হয়। পূৰ্বতে ব্যাখ্যা কৰামতে বিদ্যুত বিশ্লেষ্যৰ মাজেৰে N ৰ পৰা P লৈ প্ৰৱাহ চালিত হয় বাবে এক সুস্থিৰ প্ৰৱাহ বৰ্তি থাকে। ই স্পষ্ট যে বিদ্যুত বিশ্লেষ্যৰ মাজেৰে একেই প্ৰৱাহ চালিত হয়, কিন্তু ইয়াৰ দিশ N ৰ পৰা P লৈ কিন্তু R ৰোধত ইয়াৰ দিশ হ'ব P ৰ পৰা N লৈ।

যিটো বিদ্যুত বিশ্লেষ্যৰ মাজেৰে প্ৰৱাহ চালিত হৈছে তাৰ এটা r মানৰ সসীম ৰোধ আছে, ইয়াক **অন্তঃৰোধ (internal resistance)** বোলে। প্ৰথমতে R ৰ মান অসীম বুলি গণ্য কৰা। গতিকে $I = V/R = 0$, ইয়াত V হ'ল P আৰু N ৰ মাজৰ বিভৱান্তৰ। এতিয়া

V = P আৰু A ৰ মাজৰ বিভৱান্তৰ
+ A আৰু B ৰ মাজৰ বিভৱান্তৰ
+ B আৰু N ৰ মাজৰ বিভৱান্তৰ
= ε (3.56)

গতিকে, বিদ্যুত চালক বল ε হ'ল মুক্ত বৰ্তনীত অৰ্থাৎ কোষৰ মাজেৰে প্ৰৱাহৰ অবৰ্তমানত ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক তড়িতদ্বাৰৰ মাজৰ বিভৱান্তৰ।

R সসীম হ'লে I ৰ মান শূন্য নহ'ব। তেনে ক্ষেত্ৰত P আৰু N ৰ মাজৰ বিভৱান্তৰ

$$V = V_+ + V_- - I\,r$$

$$= \varepsilon - I\,r \tag{3.57}$$

A আৰু B ৰ মাজৰ বিভৱান্তৰৰ প্ৰকাশৰাশি ($I\,r$) ত ঋণাত্মক চিহ্নৰ উপস্থিতিলৈ মন কৰা। ইয়াৰ কাৰণ হ'ল বিদ্যুত বিশ্লেষ্যত প্ৰৱাহ B ৰ পৰা A লৈ চালিত হয়।

যদি প্ৰৱাহৰ মান এনে হয় যে $\varepsilon >> I\,r$ তেন্তে ব্যৱহাৰিক গণনাত বৰ্তনীৰ কোষবোৰৰ অন্তঃৰোধ অগ্ৰাহ্য কৰিব পাৰি। প্ৰকৃততে কোষৰ অন্তঃৰোধ কোষ ভেদে বেলেগ বেলেগ হয়। শুকান কোষৰ অন্তঃৰোধ সাধাৰণ বিদ্যুত বিশ্লেষ্যৰ কোষৰ অন্তঃৰোধতকৈ বহু বেছি হয়।

তদুপৰি আমি লক্ষ্য কৰিছোঁ যে R ত বিভৱান্তৰ V হ'লে ওমৰ সূত্ৰৰ পৰা পোৱা যাব

$$V = I\ R \qquad (3.58)$$

(3.57) আৰু (3.58) সমীকৰণক লগ লগাই আমি পাম

$$I\ R = \varepsilon - I\ r$$

অথবা $$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \qquad (3.59)$$

R = 0 চৰ্ত সাপেক্ষে এটা কোষৰ পৰা প্ৰাপ্ত হোৱা সৰ্বোচ্চ প্ৰৱাহ হ'ল $I_{max} = \varepsilon/r$। অৱশ্যে, কোষৰ চিৰস্থায়ী ক্ষতি ৰোধিবলৈ সৰহভাগ কোষৰ সৰ্বোচ্চ অনুমোদিত প্ৰৱাহ ইয়াতকৈ বহু কম হয়।

মেঘৰ আধান (Charges in clouds)

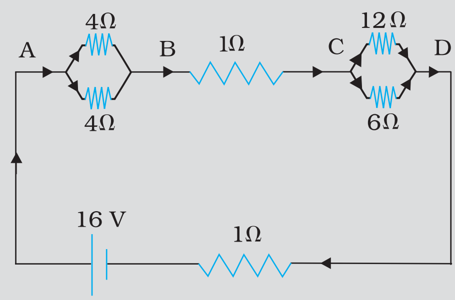
প্ৰাচীন কালত বজ্ৰপাতক অলৌকিক প্ৰভাৱত সৃষ্টি হোৱা বায়ুমণ্ডলীয় চমক (flash) বুলি গণ্য কৰা হৈছিল। ইয়াক দেৱতাসকলৰ দিব্য অস্ত্ৰ বুলি বিশ্বাস কৰা হৈছিল। কিন্তু আজিকালি পদাৰ্থবিজ্ঞানৰ প্ৰাথমিক মূল নীতিবোৰৰ আধাৰত বজ্ৰপাতৰ বিজ্ঞানসন্মত ব্যাখ্যা দিব পাৰি।

আধানৰ পৃথকীকৰণৰ বাবে বায়ুমণ্ডলীয় বিদ্যুতৰ উৎপত্তি হয়। আয়নমণ্ডল (ionosphere) আৰু চুম্বকীয় মণ্ডলত (magnetosphere) সৌৰ-স্থলীয় ক্ৰিয়াৰ (solar-terrestrial interaction) বাবে শক্তিশালী বিদ্যুৎ প্ৰৱাহৰ জন্ম হয়। নিম্ন বায়ুমণ্ডলত প্ৰৱাহ তাৰ তুলনাত নিশকতীয়া আৰু ইয়াক বিজুলী-ঢেৰেকণিৰে সৈতে হোৱা ধুমুহাই বৰ্তাই ৰাখে।

মেঘত থকা বৰফৰ কণাবোৰ ক্ৰমান্বয়ে ডাঙৰ হয়, পৰস্পৰে খুন্দা খায়, বিভংগ হয় আৰু ভাঙিও যায়। সৰু কণাবোৰে ধনাত্মক আধান আৰু ডাঙৰবোৰে ঋণাত্মক আধান আহৰণ কৰে। এই আহিত কণাবোৰ মেঘৰ ঊৰ্ধ্বমুখী গতি আৰু মাধ্যাকৰ্ষণৰ বাবে পৃথক হৈ পৰে। মেঘৰ উৰ্ধ্বাংশ ধনাত্মকভাৱে আৰু মধ্যাংশ ঋণাত্মকভাৱে আহিত হৈ বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰুৰ (dipole) গঠন কৰে। কেতিয়াবা মেঘৰ পাদদেশত কম পৰিমাণৰ ধনাত্মক আধান জমা হোৱা পৰিলক্ষিত হয়। বিজুলী-ঢেৰেকণিৰে সৈতে অহা ধুমুহাৰ জন্মলগ্নত মাটিভাগ ধনাত্মকভাৱে আহিত হয়। তদুপৰি মহাজাগতিক (cosmic) আৰু তেজস্ক্ৰীয় (radioactive) বিকিৰণে বায়ুক ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক আয়নলৈ আয়নিত কৰে আৰু তাৰেই ফলশ্ৰুতিত বায়ু (কমকৈ হ'লেও) বিদ্যুৎ পৰিবাহী হৈ পৰে। আধানৰ পৃথকীকৰণে মেঘৰ অভ্যন্তৰত আৰু মেঘ আৰু মাটিৰ মাজত প্ৰচণ্ড বিভৱৰ সৃষ্টি কৰে। ইয়াৰ মান কেইবা নিযুত ভ'ল্ট (volt) পৰ্যন্ত হ'ব পাৰে। অৱশেষত বায়ুৰ বিদ্যুত প্ৰতিৰোধৰ ক্ষমতা নাইকিয়া হয় আৰু বিজুলীৰ চমক (lightning flash) উৎপন্ন হ'বলৈ ধৰে। লগতে হাজাৰ হাজাৰ এম্পিয়াৰৰ প্ৰৱাহ সঞ্চালিত হয়। বিদ্যুত ক্ষেত্ৰ 10^5 V/m ৰ সমকক্ষ হয়গৈ। বিজুলীৰ এটা চমকত গড় হিচাপে চাৰিটাকৈ উপৰ্যুপৰি হোৱা মাৰ (stroke) থাকে আৰু প্ৰত্যেকটো চমক প্ৰায় 30 ছেকেণ্ডৰ বাবে স্থায়ী হয়। প্ৰতি মাৰৰ সৰ্বোচ্চ (peak power) হয়গৈ প্ৰায় 10^{12} ৱাট।

ফৰকাল বতৰতো বায়ুমণ্ডলত আধান থাকে। ফৰকাল বতৰৰ বিদ্যুত ক্ষেত্ৰৰ উৎপত্তিৰ কাৰণসমূহ হ'ল ক্ৰমে মাটিৰ আধানৰ পৃষ্ঠ ঘনত্ব (surface charge), বায়ুমণ্ডলীয় পৰিবাহিতা (atmospheric conductivity) আৰু আয়নমণ্ডলৰ পৰা ভূ-পৃষ্ঠলৈ সঞ্চালিত প্ৰৱাহ, যাৰ মান পিক'এম্পিয়াৰ/বৰ্গ মিটাৰৰ সমকক্ষ। মাটিৰ আধানৰ পৃষ্ঠ ঘনত্ব ঋণাত্মক; গতিকে বিদ্যুত ক্ষেত্ৰৰ দিশ নিম্নমুখী। মাটিৰ ওপৰত গড় বিদ্যুত ক্ষেত্ৰৰ মান প্ৰায় 120 V/m, এই মানৰ বিদ্যুত ক্ষেত্ৰৰ উৎস হ'ল -1.2×10^{-9} C/m^2 মানৰ আধানৰ পৃষ্ঠ ঘনত্ব। সমগ্ৰ পৃথিৱীৰ পৃষ্ঠত থকা মুঠ ঋণাত্মক আধানৰ পৰিমাণ 600 kC। বায়ুমণ্ডলত সমপৰিমাণৰ ধনাত্মক আধান থাকে। কিন্তু দৈনন্দিন জীৱনত এই বিদ্যুত ক্ষেত্ৰ দৃষ্টিগোচৰ নহয়। ইয়াৰ কাৰণ হ'ল আমাৰ শৰীৰকে ধৰি প্ৰায় আটাইবোৰ বস্তুৱেই বায়ুৰ তুলনাত অধিক পৰিবাহী।

উদাহৰণ 3.5 1Ω অন্তঃৰোধৰ 16 V বেটাৰী এটাৰে ৰোধৰ জালিকা এখন 3.19 চিত্ৰত দেখুৱা অনুসৰি সংযোগ কৰা হৈছে ঃ (a) জালিকাৰ সমতুল্য ৰোধ নিৰ্ণয় কৰা। (b) প্ৰত্যেক ৰোধত প্ৰৱাহ নিৰ্ণয় কৰা। (c) V_{AB}, V_{BC} আৰু V_{CD} বিভৱ পতন (voltage drops) নিৰ্ণয় কৰা।



চিত্ৰ 3.19

সমাধান ঃ

(a) জালিকাখন সৰল শ্ৰেণীবদ্ধ আৰু সমান্তৰাল সজ্জাৰ সমষ্টি। প্ৰথমতে, 4Ω ৰ ৰোধ দুটা সমান্তৰাল আৰু সিহঁতৰ সমতুল্য ৰোধ হ'ল $= [(4 \times 4)/(4 + 4)]\ \Omega = 2\ \Omega$।

একেদৰে 12 Ω আৰু 6 Ω ৰোধ সমান্তৰাল আৰু সিহঁতৰ সমতুল্য ৰোধ হ'ল $[(12 \times 6)/(12 + 6)]\ \Omega = 4\ \Omega$।

এই দুটা ৰোধ (2 Ω আৰু 4 Ω) 1 Ω ৰোধৰ সৈতে শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে লগ লগাই জালিকাৰ সমতুল্য ৰোধ নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি; ই হ'ল $R = 2\ \Omega + 4\ \Omega + 1\ \Omega = 7\ \Omega$।

(b) বৰ্তনীত মুঠ প্ৰৱাহ

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{16\,V}{(7+1)\,\Omega} = 2\text{ A}$$

A আৰু Bৰ মাজৰ ৰোধ দুটা বিবেচনা কৰা। 4 Ω ৰোধ প্ৰৱাহ I_1 আৰু আনটোত প্ৰৱাহ I_2 হ'লে

$I_1 \times 4 = I_2 \times 4$

অৰ্থাৎ $I_1 = I_2$, যি দুটা শাখাৰ সমমিতিৰ পৰা দেখ্‌দেখ্ হৈয়ে আছে।

কিন্তু $I_1 + I_2 = I = 2$ A । গতিকে

$I_1 = I_2 = 1$ A

অৰ্থাৎ. প্ৰত্যেক 4 Ω ৰোধত প্ৰৱাহ 1 A। B আৰু C ৰ মাজৰ 1 Ω ৰোধত প্ৰৱাহ হ'ব 2 A।

এতিয়া C আৰু D ৰ মাজৰ ৰোধ দুটা বিবেচনা কৰা। 12 Ω ৰোধত প্ৰৱাহ I_3 আৰু 6 Ω ৰোধত প্ৰৱাহ I_4 হ'লে, $I_3 \times 12 = I_4 \times 6$, i.e., $I_4 = 2I_3$

কিন্তু, $I_3 + I_4 = I = 2$ A

গতিকে, $I_3 = \left(\frac{2}{3}\right)$ A, $I_4 = \left(\frac{4}{3}\right)$ A

গতিকে, 12 Ω ৰোধত প্ৰৱাহ (2/3) A, আকৌ 6 Ω ৰোধত প্ৰৱাহ (4/3) A।

(c) AB ৰ দুই মূৰৰ বিভৱ পতন

$V_{AB} = I_1 \times 4 = 1\text{ A} \times 4\ \Omega = 4$ V,

A আৰু B ৰ মাজেৰে যোৱা মুঠ প্ৰৱাহক A আৰু B ৰ মাজৰ সমতুল্য ৰোধেৰে পূৰণ কৰিও এই উত্তৰ পাব পাৰি, অৰ্থাৎ

$V_{AB} = 2\text{ A} \times 2\ \Omega = 4$ V

উদাহৰণ 3.5

BC ৰ দুই মূৰৰ বিভৱ পতন

$V_{BC} = 2\ A \times 1\ \Omega = 2\ V$

শেষত CD ৰ দুই মূৰৰ বিভৱ পতন

$V_{CD} = 12\ \Omega \times I_3 = 12\ \Omega \times \left(\frac{2}{3}\right) A = 8\ V$

C আৰু D ৰ মাজৰ মুঠ প্ৰৱাহক C আৰু D ৰ মাজৰ সমতুল্য ৰোধেৰে পূৰণ কৰিও এই উত্তৰত উপনীত হ'ব পাৰি

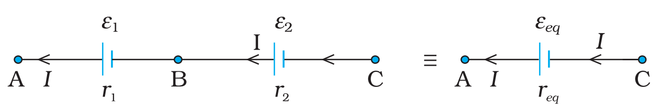
$V_{CD} = 2\ A \times 4\ \Omega = 8\ V$

মন কৰিবা যে AD ৰ দুই মূৰৰ মুঠ বিভৱ পতন হ'ল 4 V + 2 V + 8 V = 14 V। গতিকে, বেটাৰীৰ প্ৰান্তীয় বিভৱ (terminal voltage) 14 V, কিন্তু ইয়াৰ বিদ্যুত চালক বল আছিল 16 V। বিলুপ্ত হোৱা বিভৱান্তৰ (= 2 V) বেটাৰীৰ 1 Ω অন্তঃৰোধত প্ৰকট হয় [2 A × 1 Ω = 2 V]।

উদাহৰণ 3.5

3.12 কোষৰ শ্ৰেণীৱদ্ধ আৰু সমান্তৰাল সজ্জা (Cells in Series and in Parallel)

বৈদ্যুতিক বৰ্তনীত ৰোধৰ নিচিনাকৈ কোষৰো সজ্জা তৈয়াৰ কৰিব পাৰি। প্ৰৱাহ আৰু বিভৱান্তৰ গণনা কৰিবলৈ ৰোধৰ সজ্জাৰ দৰেই কোষৰ সজ্জাৰো সমতুল্য কোষ নিৰূপণ কৰিব পাৰি।



চিত্ৰ **3.20** ε_1 আৰু ε_2 বিদ্যুত চালক বলৰ দুটা কোষৰ শ্ৰেণীৱদ্ধ সজ্জা। r_1 আৰু r_2 সিহঁতৰ অন্তঃৰোধ। A আৰু C ৰ মাজত সংযুক্ত সমাহাৰটো ε_{eq} বিদ্যুত চালক বল আৰু r_{eq} অন্তঃৰোধৰ এটা কোষৰ সমতুল্য বুলি গণ্য কৰিব পাৰি।

পোনতে দুটা কোষৰ শ্ৰেণীৱদ্ধ সজ্জাৰ কথা বিবেচনা কৰা (চিত্ৰ 3.20)। এই সজ্জাত কোষ দুটাৰ এটাকৈ প্ৰান্ত পৰস্পৰে সংযোগ হৈছে আৰু দুয়োটা কোষৰ বাকী থকা প্ৰান্ত মুক্ত অৱস্থাত আছে। কোষ দুটাৰ বিদ্যুত চালক বল ক্ৰমে $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ আৰু অন্তঃৰোধ r_1, r_2 ।

চিত্ৰত প্ৰদৰ্শিত A, B আৰু C বিন্দুত বিভৱ V (A), V (B), V (C) বুলি ধৰি লোৱা হ'ল। গতিকে প্ৰথমটো কোষৰ ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক প্ৰান্তৰ বিভৱান্তৰ V (A) – V (B)। ইয়াৰ মান (3.57) সমীকৰণত ইতিমধ্যে নিৰ্ণয় কৰা হৈছে আৰু তাৰ পৰা

$$V_{AB} \equiv V(A) - V(B) = \varepsilon_1 - I r_1 \qquad (3.60)$$

একেদৰে

$$V_{BC} \equiv V(B) - V(C) = \varepsilon_2 - I r_2 \qquad (3.61)$$

গতিকে, সমাহাৰৰ A আৰু C প্ৰান্তৰ মাজৰ বিভৱান্তৰ হ'ল

$$V_{AC} \equiv V(A) - V(C) = \left[V(A) - V(B)\right] + \left[V(B) - V(C)\right]$$

$$= (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) - I(r_1 + r_2) \qquad (3.62)$$

A আৰু C ৰ মাজৰ সমাহাৰটোক ε_{eq} বিদ্যুত চালক বল আৰু অন্তঃৰোধ r_{eq} ৰ এটা কোষেৰে সলনি কৰিব খুজিলে আমি পাব লাগিব যে,

$$V_{AC} = \varepsilon_{eq} - I\, r_{eq} \tag{3.63}$$

শেষৰ সমীকৰণ দুটা তুলনা কৰিলে পাম

$$\varepsilon_{eq} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \tag{3.64}$$

আৰু $r_{eq} = r_1 + r_2$ (3.65)

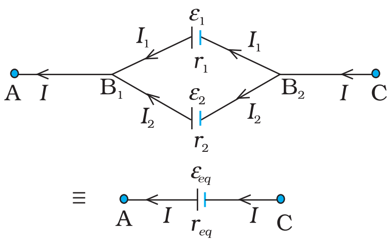
3.20 চিত্ৰত আমি প্ৰথমটোৰ ঋণাত্মক তড়িতদ্বাৰ দ্বিতীয়টোৰ ধনাত্মক তড়িতদ্বাৰৰ লগত সংযোগ কৰিছোঁ। তাকে নকৰি ঋণাত্মক তড়িতদ্বাৰ দুটা সংযোগ কৰাহেঁতেন (3.61) সমীকৰণটো $V_{BC} = -\varepsilon_2 - Ir_2$ লৈ পৰিবৰ্তিত হ'লহেঁতেন আৰু আমি পালোহেঁতেন যে

$$\varepsilon_{eq} = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 \qquad (\varepsilon_1 > \varepsilon_2) \tag{3.66}$$

শ্ৰেণীবদ্ধ সজ্জাৰ বিধি যিকোনো সংখ্যক কোষলৈ সম্প্ৰসাৰিত কৰিব পাৰি ঃ

(i) n টা কোষৰ শ্ৰেণীবদ্ধ সজ্জাৰ সমতুল্য বিদ্যুত চালক বল হ'ব সিহঁতৰ স্বকীয় বিদ্যুত চালক বলবিলাকৰ যোগফল মাত্ৰ।

(ii) n টা কোষৰ শ্ৰেণীবদ্ধ সজ্জাৰ সমতুল্য অন্তঃৰোধ হ'ব সিহঁতৰ স্বকীয় অন্তঃৰোধবোৰৰ যোগফল মাত্ৰ।



চিত্ৰ 3.21 দুটা কোষৰ সমান্তৰাল সজ্জা। A আৰু C ৰ মাজত সংযোগ হোৱা সমাহাৰটো ε_{eq} বিদ্যুত চালক বলৰ আৰু r_{eq} অন্তঃৰোধৰ এটা কোষেৰে বদলি কৰিব পাৰি। (3.73) আৰু 3.74 সমীকৰণত ε_{eq} আৰু r_{eq} ৰ মান প্ৰকাশ কৰা হৈছে।

যদিহে প্ৰতিটো কোষৰ ধনাত্মক তড়িতদ্বাৰেদি প্ৰবাহ ওলাই যায় তেতিয়াহে ওপৰৰ কথাখিনি সত্য হ'ব। সমাহাৰটোৰ কোনোবা এটা কোষৰ ঋণাত্মক তড়িতদ্বাৰেদি প্ৰবাহ ওলাই গ'লে সেই কোষৰ বিদ্যুত চালক বল, (3.66) সমীকৰণত দেখুৱা অনুসৰি ε_{eq} ৰ প্ৰকাশ ৰাশিত ঋণাত্মক চিহ্নৰে সৈতে প্ৰৱেশ কৰিব।

ইয়াৰ পিছত কোষৰ সমান্তৰাল সজ্জাৰ বিষয়ে আলোচনা কৰোঁ (চিত্ৰ 3.21) কোষৰ ধনাত্মক তড়িতদ্বাৰেদি I_1 আৰু I_2 প্ৰবাহ ওলাই গৈছে। B_1 বিন্দুলৈ I_1 আৰু I_2 প্ৰবাহ সোমাই আহিছে; কিন্তু I প্ৰবাহ তাৰ পৰা ওলাই গৈছে। যিহেতু সোমাই অহা আধান ওলাই যোৱা আধানৰ সমান, গতিকে আমি পাওঁ,

$$I = I_1 + I_2 \tag{3.67}$$

B_1 আৰু B_2 ত বিভৱ যথাক্ৰমে $V(B_1)$ আৰু $V(B_2)$ বুলি ধৰা হ'ল। এতিয়া প্ৰথমটো কোষৰ দুই প্ৰান্তৰ মাজত বিভৱান্তৰ হ'ব $V(B_1) - V(B_2)$। গতিকে (3.57) সমীকৰণৰ পৰা

$$V \equiv V(B_1) - V(B_2) = \varepsilon_1 - I_1 r_1 \tag{3.68}$$

B_1 আৰু B_2 বিন্দু হুবহু ৰূপত দ্বিতীয়টো কোষৰ লগত সংযোগত আছে। গতিকে দ্বিতীয় কোষৰ ক্ষেত্ৰতো আমি পাম

$$V \equiv V(B_1) - V(B_2) = \varepsilon_2 - I_2 r_2 \tag{3.69}$$

শেষৰ তিনিটা সমীকৰণ লগ লগালে

$$\begin{aligned} I &= I_1 + I_2 \\ &= \frac{\varepsilon_1 - V}{r_1} + \frac{\varepsilon_2 - V}{r_2} = \left(\frac{\varepsilon_1}{r_1} + \frac{\varepsilon_2}{r_2}\right) - V\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right) \end{aligned} \tag{3.70}$$

গতিকে, V ৰ প্ৰকাশ ৰাশি হ'ব

$$V = \frac{\varepsilon_1 r_2 + \varepsilon_2 r_1}{r_1 + r_2} - I\,\frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} \tag{3.71}$$

B_1 আৰু B_2 বিন্দুৰ মাজৰ সমাহাৰটো ε_{eq} বিদ্যুত চালক বল আৰু r_{eq} অন্তঃৰোধৰ এটা কোষেৰে সলাব খুজিলে, আমি পাম

$$V = e_{eq} - I\,r_{eq} \tag{3.72}$$

শেষৰ দুটা সমীকৰণ একে হোৱা উচিত আৰু সেয়েহে

$$\varepsilon_{eq} = \frac{\varepsilon_1 r_2 + \varepsilon_2 r_1}{r_1 + r_2} \tag{3.73}$$

$$r_{eq} = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} \tag{3.74}$$

এই সমীকৰণ দুটাক সৰল ৰূপত প্ৰকাশ কৰিব পাৰি,

$$\frac{1}{r_{eq}} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \tag{3.75}$$

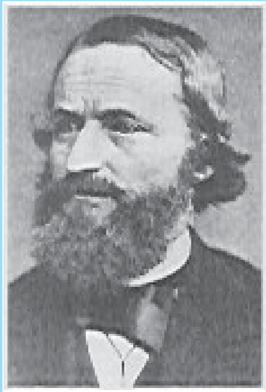
$$\frac{\varepsilon_{eq}}{r_{eq}} = \frac{\varepsilon_1}{r_1} + \frac{\varepsilon_2}{r_2} \tag{3.76}$$

(3.21) চিত্ৰত আমি ধনাত্মক প্ৰান্ত দুটা সংলগ্ন কৰিছোঁ আৰু একেদৰে ঋণাত্মক প্ৰান্ত দুটাও লগ লগোৱা হৈছে যাতে I_1 আৰু I_2 প্ৰৱাহ ধনাত্মক প্ৰান্তেৰে ওলাই যাব পাৰে। যদি দ্বিতীয়টোৰ ঋণাত্মক প্ৰান্ত, প্ৰথমটোৰ ধনাত্মক প্ৰান্তৰ সৈতে সংযোগ কৰা হ'লহেঁতেন তেতিয়াও (3.75) আৰু (3.76) সমীকৰণ বৈধ হৈ থাকিলহেঁতেন; অৱশ্যে ε_2, $-\varepsilon_2$ ৰে সলনি হ'লহেঁতেন।

(3.75) আৰু (3.76) সমীকৰণক সহজে সম্প্ৰসাৰিত কৰিব পাৰি। ক্ৰমে $\varepsilon_1, \ldots \varepsilon_n$ বিদ্যুত চালক বলৰ আৰু $r_1, \ldots r_n$ অন্তঃৰোধৰ n টা কোষ সমান্তৰালভাৱে সংযোগ কৰিলে সমাহাৰটো ε_{eq} বিদ্যুত চালক বলৰ আৰু r_{eq} অন্তঃৰোধৰ এটা কোষৰ সমতুল্য, য'ত

$$\frac{1}{r_{eq}} = \frac{1}{r_1} + \cdots + \frac{1}{r_n} \tag{3.77}$$

$$\frac{\varepsilon_{eq}}{r_{eq}} = \frac{\varepsilon_1}{r_1} + \cdots + \frac{\varepsilon_n}{r_n} \tag{3.78}$$



গুষ্টাভ ৰবাৰ্ট কাৰ্চফ (Gustav Robert Kirchhoff 1824 –1887) হ'ল এগৰাকী জাৰ্মান পদাৰ্থবিজ্ঞানী। বাৰ্লিণ আৰু হাইডেলবাৰ্গত তেওঁ অধ্যাপক আছিল ঘাইকৈ স্পেক্ট্ৰ'স্কপিলৈ অৱদানৰ বাবে বিখ্যাত। গাণিতিক পদাৰ্থ বিজ্ঞানলৈ তেওঁৰ অৱদান আছে। বৰ্তনীৰ প্ৰথম আৰু দ্বিতীয় সূত্ৰ তেওঁৰেই অৱদান।

GUSTAV ROBERT KIRCHHOFF (1824 – 1887)

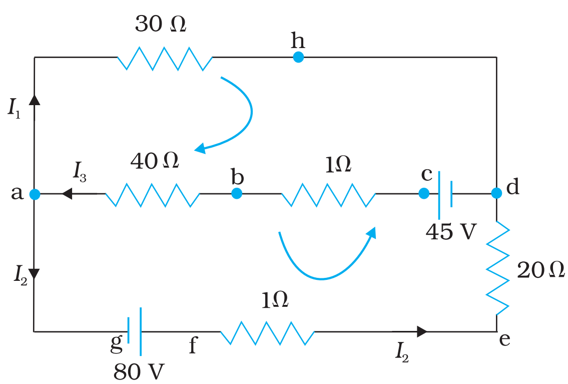
3.13 কাৰ্চফৰ সূত্ৰ (Kirchhoff's Rules)

সাধাৰণতে বৈদ্যুতিক বৰ্তনীবোৰ কিছুসংখ্যক ৰোধ আৰু কোষেৰে গঠিত হয় আৰু কেতিয়াবা এইবোৰ যথেষ্ট জটিলভাৱে পৰস্পৰে সংযোজিত হৈ থাকে। ৰোধৰ শ্ৰেণীবদ্ধ আৰু সমান্তৰাল সজ্জাৰ সন্দৰ্ভত আমি ইতিমধ্যে প্ৰতিপন্ন কৰা নিয়মবোৰ বৰ্তনীত সমুদায় বিভৱান্তৰ আৰু প্ৰৱাহ নিৰ্ণয় কৰিবলৈ প্ৰায়েই পৰ্যাপ্ত নহয়। বৈদ্যুতিক বৰ্তনীৰ বিশ্লেষণৰ বাবে **কাৰ্চফৰ সূত্ৰ** বুলি দুটা সূত্ৰ অত্যন্ত উপযোগী।

বৰ্তনী বিশ্লেষণৰ প্ৰথম প্ৰদক্ষেপ হ'ল প্ৰতিটো ৰোধৰ মাজেৰে চালিত প্ৰৱাহৰ চিহ্নিতকৰণ। তাৰ বাবে সাধাৰণতে I আখৰ ব্যৱহাৰ কৰা হয়। প্ৰৱাহৰ দিশ নিৰ্দেশ কৰিবলৈ কাঁড়চিন অঁকা হয়। প্ৰৱাহ ধনাত্মক বুলি নিৰ্ণিত হ'লে ৰোধৰ মাজেৰে চালিত প্ৰৱাহৰ দিশ কাঁড় চিনৰ দিশতেই বুলি বুজা যাব। যদি I ঋণাত্মক হয় তেন্তে প্ৰৱাহৰ প্ৰকৃত দিশ কাঁড়চিনৰ বিপৰীত দিশত হ'ব। একেধৰণে প্ৰতিটো উৎসৰ (অৰ্থাৎ কোষ বা অন্য কোনো বৈদ্যুতিক শক্তিৰ উৎস) ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক তড়িতদ্বাৰ চিহ্নিত কৰা হয় আৰু লগতে কোষৰ মাজেৰে যোৱা প্ৰৱাহৰ দিশ সূচাবলৈ দিশ নিৰ্দেশিত কাঁড়চিনো অঁকা হয়। ইয়াৰ দ্বাৰা বিভৱান্তৰ $V = V(P) - V(N) = \varepsilon - Ir$ নিৰ্ণয় কৰিব পৰা যায়

[ধনাত্মক প্ৰান্ত P আৰু ঋণাত্মক প্ৰান্ত N ৰ বিভৱান্তৰ, সমীকৰণ (3.57); ইয়াত I হ'ল কোষৰ মাজেৰে N ৰ পৰা P লৈ চালিত হোৱা প্ৰবাহ]। যদি কোষৰ মাজেৰে চালিত প্ৰবাহ P ৰ পৰা N লৈ চিহ্নিত কৰা হয় তেন্তে আমি পাব লাগিব,

$$V = \varepsilon + I\,r \qquad (3.79)$$



চিত্ৰ **3.22** a সংযোগ বিন্দুৰ পৰা ওলাই যোৱা প্ৰবাহ $I_1 + I_2$ আৰু তালৈ সোমাই অহা প্ৰবাহ I_3। সংযোগ বিন্দুৰ সূত্ৰ অনুসৰি $I_3 = I_1 + I_2$। h বিন্দুলৈ সোমাই অহা I_1। h বিন্দুৰ পৰা ওলাই যোৱা এটাহে প্ৰবাহ আছে আৰু সংযোগ বিন্দুৰ সূত্ৰ অনুসৰি এই প্ৰবাহো I_1 হ'ব। 'ahdcba' আৰু 'ahdefga' বন্ধ বৰ্তনীত বন্ধ বৰ্তনীৰ সূত্ৰ অনুসৰি আমি পাওঁ $-30I_1 - 41\,I_3 + 45 = 0$ and $-30I_1 + 21\,I_2 - 80 = 0$.

চিহ্নিতকৰণৰ নিয়মসমূহৰ ব্যাখ্যাৰ অন্তত আমি এতিয়া সূত্ৰ দুটা উপস্থাপন কৰিম আৰু লগতে প্ৰতিপন্নও কৰিম ঃ

(a) **সংযোগ বিন্দুৰ সূত্ৰ (Junction rule) : যিকোনো সংযোগ বিন্দুলৈ সোমাই অহা মুঠ প্ৰৱাহ তাৰপৰা ওলাই যোৱা মুঠ প্ৰৱাহৰ সমান** (চিত্ৰ 3.22)। কেবাডালো ৰেখাৰ সংযোগ বিন্দুৰ সলনি এডাল ৰেখাৰ ওপৰত প্ৰতিষ্ঠিত এটা বিন্দুৰ ক্ষেত্ৰতো ই সমানেই প্ৰযোজ্য।

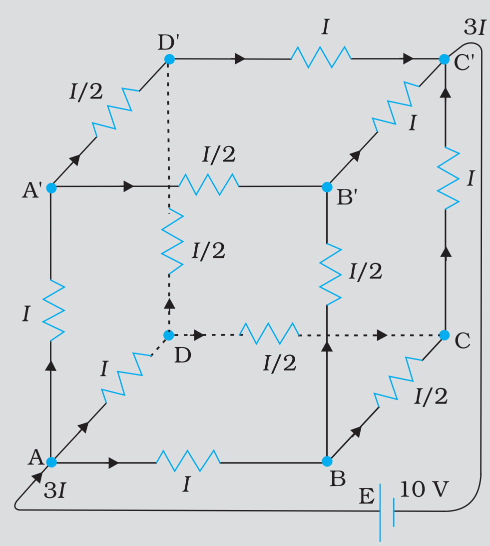
প্ৰৱাহৰ সুস্থিৰ অৱস্থাত কোনো সংযোগ বিন্দুত বা এডাল ৰেখাৰ ওপৰত অৱস্থিত কোনো বিন্দুত আধান জমা নোহোৱাৰ পৰিপ্ৰেক্ষিতত এই সূত্ৰ প্ৰতিপন্ন হয়। গতিকে সোমাই অহা মুঠ প্ৰৱাহ (যি হ'ল সংযোগ বিন্দুলৈ আধান বৈ অহাৰ হাৰ) তাৰ পৰা ওলাই যোৱা মুঠ প্ৰৱাহৰ সমান।

(b) **বন্ধ বৰ্তনীৰ সূত্ৰ (Loop rule) ঃ ৰোধ আৰু কোষ সংযোজিত হৈ থকা যিকোনো বন্ধ বৰ্তনী এটাত বিভৱৰ পৰিৱৰ্তনৰ বীজগণিতীয় যোগফল শূন্য** (চিত্ৰ 3.22)।

এই সূত্ৰও সহজবোধ্য, কিয়নো কোনো বিন্দুত বৈদ্যুতিক বিভৱ, বিন্দুৰ অৱস্থানৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল। গতিকে যিকোনো বিন্দুত যাত্ৰা আৰম্ভ কৰি পুনৰাই সেই বিন্দুলৈ উভতি আহিলে মুঠ পৰিবৰ্তন শূন্য হ'বলৈ বাধ্য। বন্ধ বৰ্তনীত আমি অৱশ্যম্ভাৱীভাৱে প্ৰাৰম্ভিক বিন্দুলৈ উভতি আহোঁ আৰু সেইবাবে এই সূত্ৰ প্ৰযোজ্য।

উদাহৰণ 3.6

উদাহৰণ 3.6 10 V ৰ আৰু নগণ্য অন্তঃৰোধৰ বেটাৰী এটা প্ৰতিটো। Ω কৈ 12 টা ৰোধৰ ঘনকীয় সজ্জা এটাৰ কৰ্ণৰ দুইমূৰে সংযোগ কৰা হৈছে (চিত্ৰ 3.23)। সজ্জাটোৰ সমতুল্য ৰোধ নিৰ্ণয় কৰা আৰু ঘনকৰ প্ৰত্যেক পাৰ্শ্বইদি বা কাষেদি যোৱা প্ৰৱাহ নিৰ্ণয় কৰা।



চিত্ৰ 3.23

সমাধান ঃ সজ্জাটো সৰল শ্ৰেণীবদ্ধ আৰু সমান্তৰাল সজ্জালৈ বিন্যাসযোগ্য নহয়। অৱশ্যে, সমস্যাটোত এটা স্পষ্ট সমমিতি বিৰাজমান যাৰ সুবিধালৈ সজ্জাৰ সমতুল্য ৰোধ নিৰূপণ কৰিব পাৰি।
জালিকাত AA′, AD আৰু AB পথ স্পষ্টভাৱে সমমিতভাৱে প্ৰতিষ্ঠিত। গতিকে, প্ৰত্যেকতে প্ৰৱাহ একেই হ'ব। ধৰা হ'ল এই প্ৰৱাহ I। তদুপৰি, A′, B আৰু D চুকত অন্তৰ্মুখী প্ৰৱাহ I, দুটা বহিৰ্মুখী প্ৰৱাহলৈ সমানভাৱে বিভাজিত হ'ব লাগিব। এনেদৰে, কাৰ্চফৰ প্ৰথম সূত্ৰ আৰু সমস্যাটোৰ সমমিতিৰ আধাৰত ঘনকৰ 12 টা কাযেদি পাৰ হৈ যোৱা প্ৰৱাহ I ৰ ওপৰত ভিত্তি কৰি লিখিব পাৰি।
পৰৱৰ্তী পৰ্যায়ত ABCC′EA ৰ দৰে এটা বন্ধ বৰ্তনীত কাৰ্চফৰ দ্বিতীয় সূত্ৰ প্ৰয়োগ কৰা।

$$-IR - (1/2)IR - IR + \varepsilon = 0$$

ইয়াত R হ'ল প্ৰত্যেকটা কাষৰ ৰোধ আৰু ε হ'ল বেটাৰীৰ বিদ্যুত চালক বল। গতিকে,

$$\varepsilon = \frac{5}{2} I R$$

জালিকাখনৰ সমতুল্য ৰোধ R_{eq} হ'ল

$$R_{eq} = \frac{\varepsilon}{3I} = \frac{5}{6} R$$

$R = 1\ \Omega$ হ'লে $R_{eq} = (5/6)\ \Omega$ আৰু $\varepsilon = 10$ V ৰ বাবে জালিকাৰ মুঠ প্ৰৱাহ (= 3I) হ'ল

$$3I = 10\ \text{V}/(5/6)\ \Omega = 12\ \text{A} \text{ অৰ্থাৎ } I = 4\ \text{A}$$

প্ৰত্যেক কাযেৰে যোৱা প্ৰৱাহ 3.23 চিত্ৰৰ পৰা গম ল'ব পাৰি।

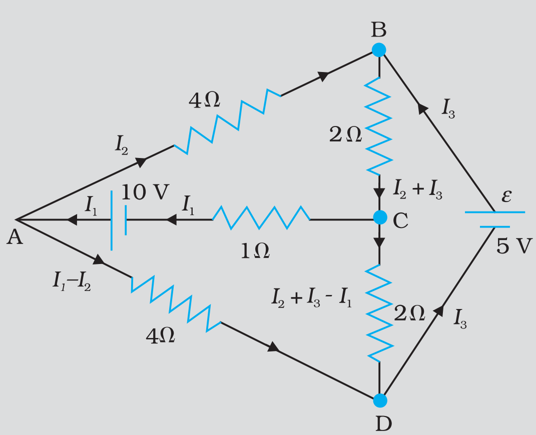
উদাহৰণ 3.6

আমি মন কৰা উচিত যে জালিকাখনৰ সমমিতিৰ বাবে 3.6 সমস্যাত কাৰ্চফৰ সূত্ৰৰ অপাৰ ক্ষমতা ভালদৰে দৃষ্টিগোচৰ নহ'ল। কিন্তু সাধাৰণতে জালিকাবোৰত সমমিতি দেখা পোৱা নাযায় আৰু সংযোগ বিন্দুত আৰু বন্ধ বৰ্তনীত (জালিকাৰ অজ্ঞাত ৰাশিবোৰৰ নিৰ্ণয়ৰ বাবে যিমান প্ৰয়োজন সিমান) কাৰ্চফৰ সূত্ৰৰ প্ৰয়োগৰ দ্বাৰাইহে সমস্যাৰ মোকাবিলা কৰিব পাৰি। 3.7 উদাহৰণত ইয়াৰ দৃষ্টান্ত আগবঢ়োৱা হৈছে।

PHYSICS

Simlation for application of Kirchhoff's rules:
http://www.phys.hawaii.edu/~teb/optics/java/kirch3/

উদাহৰণ **3.7** 3.24 চিত্ৰত দেখুওৱা জালিকাৰ প্ৰত্যেক শাখাত প্ৰৱাহৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।
সমাধান ঃ জালিকাৰ প্ৰত্যেক শাখাতেই অজ্ঞাত প্ৰৱাহ আৰোপ কৰা হৈছে, প্ৰৱাহৰ মান কাৰ্চফৰ সূত্ৰৰ প্ৰয়োগেৰে নিৰ্ণয় কৰা হ'ব। আৰম্ভণিত অজ্ঞাত ৰাশিৰ সংখ্যা কমাবলৈ শাখাবোৰত অজ্ঞাত



চিত্ৰ 3.24

উদাহৰণ 3.7

উদাহৰণ 3.7

প্ৰৱাহ আৰোপিত কৰোঁতে প্ৰতিটো সংযোগ বিন্দুত কাৰ্চফৰ প্ৰথম সূত্ৰ ব্যৱহাৰ কৰা হৈছে। তেনে কৰাৰ পিছত তিনিটা অজ্ঞাত ৰাশি I_1, I_2 আৰু I_3 অৱশিষ্ট থাকিল; তিনিটা পৃথক বন্ধ বৰ্তনীত কাৰ্চফৰ দ্বিতীয় সূত্ৰ প্ৰয়োগ কৰি সিহঁতৰ মান নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি। ADCA বন্ধ বৰ্তনীত কাৰ্চফৰ দ্বিতীয় সূত্ৰই দিব

$$10 - 4(I_1 - I_2) + 2(I_2 + I_3 - I_1) - I_1 = 0 \qquad [3.80(a)]$$

অৰ্থাৎ, $7I_1 - 6I_2 - 2I_3 = 10$

ABCA বন্ধ বৰ্তনীৰ পৰা আমি পাওঁ

$$10 - 4I_2 - 2\,(I_2 + I_3) - I_1 = 0$$

অৰ্থাৎ, $I_1 + 6I_2 + 2I_3 = 10$ [3.80(b)]

BCDEB বন্ধ বৰ্তনীৰ পৰা আমি পাওঁ

$$5 - 2\,(I_2 + I_3) - 2\,(I_2 + I_3 - I_1) = 0$$

অৰ্থাৎ $2I_1 - 4I_2 - 4I_3 = -5$ [3.80(c)]

সমীকৰণ (3.80 a, b, c) হ'ল তিনিটা অজ্ঞাত ৰাশিৰ তিনিটা সমীকৰণ (Simultaneous equations)। প্ৰচলিত নিয়মানুসৰি ইহঁতক সমাধান কৰিলে—

$$I_1 = 2.5\text{A},\quad I_2 = \frac{5}{8}\text{ A},\quad I_3 = 1\frac{7}{8}\text{ A}$$

জালিকাৰ বিভিন্ন শাখাত প্ৰৱাহ হ'ল

$$\text{AB} : \frac{5}{8}\text{ A},\quad \text{CA} : 2\frac{1}{2}\text{ A},\quad \text{DEB} : 1\frac{7}{8}\text{ A}$$

$$\text{AD} : 1\frac{7}{8}\text{ A},\quad \text{CD} : 0\text{ A},\quad \text{BC} : 2\frac{1}{2}\text{ A}$$

অৱশিষ্ট বন্ধ বৰ্তনীবোৰত কাৰ্চফৰ দ্বিতীয় সূত্ৰ প্ৰয়োগ কৰিলে অতিৰিক্তকৈ কোনো স্বতন্ত্ৰ সমীকৰণ নাপায় বুলি সহজেই প্ৰমাণ কৰিব পাৰি, অৰ্থাৎ প্ৰৱাহৰ উপৰি উক্ত মানসমূহে বৰ্তনীৰ প্ৰত্যেক বন্ধনীতে দ্বিতীয় সূত্ৰ সন্তুষ্ট কৰিব। উদাহৰণ স্বৰূপে, BADEB বন্ধ বৰ্তনীত মুঠ বিভৱ পতন

$$5\text{ V} + \left(\frac{5}{8}\times 4\right)\text{V} - \left(\frac{15}{8}\times 4\right)\text{V}$$

কাৰ্চফৰ দ্বিতীয় সূত্ৰ অনুসৰি শূন্য হ'ব।

3.14 হুইটষ্ট'ন ব্ৰীজ (Wheatstone Bridge)

কাৰ্চফৰ সূত্ৰৰ প্ৰয়োগৰ উদাহৰণ হিচাপে 3.25 চিত্ৰত দেখুৱা বৰ্তনীটো বিবেচনা কৰা। বৰ্তনীটোৰ নাম **হুইটষ্ট'ন ব্ৰীজ**। ব্ৰীজখনত R_1, R_2, R_3 আৰু R_4 চাৰিটা ৰোধ আছে। কৰ্ণৰ দুইমূৰে অৱস্থিত এযোৰ বিন্দুৰ (চিত্ৰত A আৰু C) লগত এটা উৎস সংযোগ কৰা হৈছে। ইয়াক (অৰ্থাৎ ACক) বেটাৰী বাহু বুলি কোৱা হয়। আন দুটা শীৰ্ষবিন্দু B আৰু D ৰ মাজত এটা গেলভেন'মিটাৰ (Galvanometer) (প্ৰৱাহৰ উপস্থিতি গম পাবলৈ) সংযোগ কৰা হয়। চিত্ৰত BD বুলি চিহ্নিত এই ৰেখাক গেলভেন'মিটাৰ বাহু বোলে।

সৰলীকৰণৰ স্বাৰ্থত কোষটো অন্তঃৰোধবিহীন বুলি ধৰি লোৱা হ'ল। সাধাৰণ অৱস্থাত প্ৰতিটো ৰোধৰ মাজেৰে প্ৰৱাহ বৈ যাব আৰু লগতে গেলভেন'মিটাৰৰ মাজেৰে I_g প্ৰৱাহ চালিত হ'ব। ব্ৰীজৰ সন্তুলিত অৱস্থা, অৰ্থাৎ যি অৱস্থাত ৰোধবোৰৰ নিৰ্বাচিত মানৰ বাবে $I_g = 0$, কাৰ্যক্ষেত্ৰত বিশেষভাৱে উপযোগী। G ৰ মাজেৰে প্ৰৱাহ নাইকীয়া কৰি আমি সহজেই ব্ৰীজখন সন্তুলিত কৰিব পাৰোঁ। তেনে ক্ষেত্ৰত D আৰু B বিন্দুত (চিত্ৰলৈ চোৱা) কাৰ্চফৰ সংযোগ বিন্দুৰ সূত্ৰ প্ৰয়োগেৰে পোৱা সম্পৰ্ককেইটা

হ'ল $I_1 = I_3$ আৰু $I_2 = I_4$। ইয়াৰ পিছত ADBA আৰু CBDC বন্ধ বৰ্তনীত কাৰ্চফৰ বন্ধ বৰ্তনীৰ সূত্ৰ প্ৰয়োগ কৰা হ'ল। প্ৰথম বন্ধ বৰ্তনীৰ পৰা আমি পাম

$$-I_1 R_1 + 0 + I_2 R_2 = 0 \quad (I_g = 0) \tag{3.81}$$

আৰু দ্বিতীয় বন্ধ বৰ্তনীৰ পৰা ($I_3=1_1$, $I_4=I_2$ ব্যৱহাৰ কৰি) পাম

$$I_2 R_4 + 0 - I_1 R_3 = 0 \tag{3.82}$$

(3.81) সমীকৰণৰ পৰা আমি পাম

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

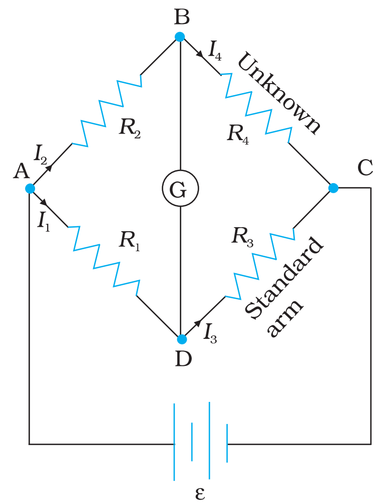
আকৌ (3.82) সমীকৰণে দিব

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_4}{R_3}$$

গতিকে আমি পোৱা চৰ্তটো হ'ল

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3} \tag{3.83(a)}$$

ৰোধ চাৰিটাৰ এই সম্বন্ধটোক **সন্তুলন চৰ্ত (balanced condition)** বুলি কোৱা হয়; এই চৰ্তসাপেক্ষে গেলভেন'মিটাৰে শূন্য বিক্ষেপণ দেখুৱায়।



চিত্ৰ **3.25**

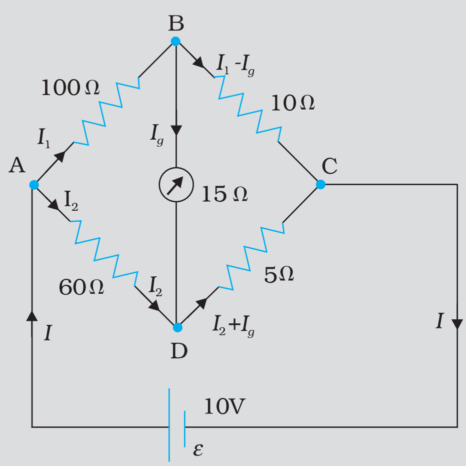
হুইটষ্ট'ন ব্ৰীজ আৰু তাৰ সন্তুলন চৰ্তৰ সহায়ত অজ্ঞাত ৰোধ নিৰ্ণয়ৰ এটা ব্যৱহাৰিক পদ্ধতি পাব পাৰি। ধৰি লওঁ, আমাৰ হাতত এটা অজ্ঞাত ৰোধ আছে; ইয়াক চতুৰ্থ বাহুত সংযোগ কৰা হ'ল। গতিকে বৰ্তমানে R_4 অজ্ঞাত। ব্ৰীজৰ প্ৰথম আৰু দ্বিতীয় বাহুত R_1 আৰু R_2 ৰোধ সংযোগ কৰি গেলভেন'মিটাৰে শূন্য বিক্ষেপণ নেদেখুৱালৈকে R_3 ৰোধৰ সালসলনি কৰি থকা হ'ল। এটা অৱস্থাত ব্ৰীজখন সন্তুলিত হ'ব আৰু সন্তুলনৰ চৰ্ত অনুসৰি অজ্ঞাত ৰোধ R_4 ৰ মান হ'ব

$$R_4 = R_3 \frac{R_2}{R_1} \tag{3.83(b)}$$

এই কাৰ্যনীতি ব্যৱহাৰ কৰা এটা প্ৰয়োগসাধ্য সঁজুলি হ'ল মিটাৰ ব্ৰীজ (Meter bridge)। পৰৱৰ্তী অনুচ্ছেদত ইয়াৰ বিষয়ে আলোচনা কৰা হ'ব।

উদাহৰণ 3.8 হুইটষ্ট'নৰ ব্ৰীজ চাৰিটা বাহুত নিম্ন লিখিত ৰোধকেইটা সংযোগ কৰা হৈছে।

AB = 100Ω, BC = 10Ω, CD = 5Ω, and DA = 60Ω



চিত্ৰ **3.26**

উদাহৰণ 3.8

উদাহৰণ 3.8

BD ৰ দুইমূৰে 15Ω ৰোধৰ গেলভেন'মিটাৰ এটা সংযোগ কৰা হৈছে। AC ৰ দুইমূৰে10 V বিভৱান্তৰ বজায় ৰাখিলে গেলভেন'মিটাৰৰ মাজেৰে যোৱা প্ৰৱাহৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

সমাধান BADB বন্ধ বৰ্তনীৰ ক্ষেত্ৰত

$$100I_1 + 15I_g - 60I_2 = 0$$

অথবা $20I_1 + 3I_g - 12I_2 = 0$ [3.84(a)]

BCDB বন্ধ বৰ্তনীৰ ক্ষেত্ৰত

$$10\,(I_1 - I_g) - 15I_g - 5\,(I_2 + I_g) = 0$$

$$10I_1 - 30I_g - 5I_2 = 0$$

$$2I_1 - 6I_g - I_2 = 0 \qquad [3.84(b)]$$

ADCEA বন্ধ বৰ্তনীৰ ক্ষেত্ৰত

$$60I_2 + 5\,(I_2 + I_g) = 10$$

$$65I_2 + 5I_g = 10$$

$$13I_2 + I_g = 2 \qquad [3.84(c)]$$

(3.84b) সমীকৰণক 10 ৰে পূৰণ কৰি

$$20I_1 - 60I_g - 10I_2 = 0 \qquad [3.84(d)]$$

(3.84d) আৰু (3.84a) সমীকৰণৰ পৰা আমি পাওঁ

$$63I_g - 2I_2 = 0$$

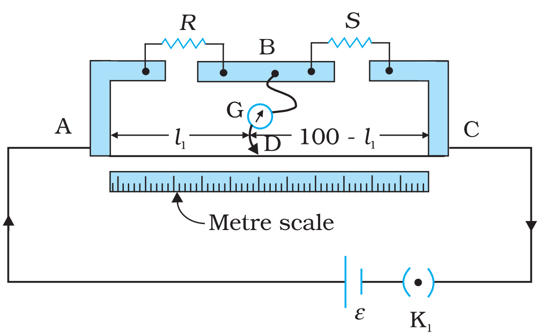
$$I_2 = 31.5I_g \qquad [3.84(e)]$$

[3.84(c)] সমীকৰণত I_2 ৰ মান বহুৱালে

$$13\,(31.5I_g) + I_g = 2$$

$$410.5\,I_g = 2$$

$$I_g = 4.87 \text{ mA.}$$



চিত্ৰ **3.27** এখন মিটাৰ সেতু। AC তাঁৰ 1 m দীঘল। *R* হ'ল জুখিবলগীয়া ৰোধ আৰু *S* হ'ল মান (standard) ৰোধ

3.15 মিটাৰব্ৰীজ (Meter Bridge)

3.27 চিত্ৰ এখন মিটাৰ ব্ৰীজ দেখুৱা হৈছে। ইয়াত এডাল সুষম প্ৰস্থচ্ছেদৰ আৰু 1 m দৈৰ্ঘ্যৰ ৰোধক তাঁৰ থাকে; তাঁৰডাল চিত্ৰত দেখুওৱা ধৰণে সমকোণীয়াকৈ ভাঁজ দিয়া দুছটা শকত ধাতৱ পাতৰ মাজত টানকৈ লগোৱা থাকে। ধাতুৰ পাতৰ মাজত দুটা ফাঁক থাকে; ফাঁক দুটাৰ দুইমূৰে ৰোধ সংযোগ কৰিব পাৰি। তাঁৰডাল সংযোজিত হোৱা প্ৰান্ত বিন্দু দুটাত চাবিৰ মাজেৰে কোষ এটা সংযোগ কৰা হয়। গেলভেন'মিটাৰৰ এটা প্ৰান্ত ফাঁক দুটাৰ মধ্যৱৰ্তী অৱস্থানত ধাতৱ পাতৰ লগত সংযুক্ত কৰা হয়। গেলভেন'মিটাৰৰ ইটো প্ৰান্ত এটা 'জকি' (Jockey) লগত সংযুক্ত কৰা হয়। জকি হ'ল এডাল ধাতুৰ দণ্ড, যাৰ এটা মূৰ কটাৰীৰ দৰে ধাৰ থকা; এই মূৰটো তাঁৰডালৰ ওপৰেৰে চোঁচৰাই বিদ্যুত সংযোগ কৰা হয়।

R এটা অজ্ঞাত ৰোধ, যাৰ মান নিৰ্ণয় কৰিব লাগে। ইয়াক এটা ফাঁকত সংযোজিত কৰি আনটো ফাঁকত এটা জ্ঞাত মানৰ (standard) ৰোধ S সংযোগ কৰা হয়। A প্ৰান্তৰ পৰা l cm দূৰত তাঁৰডালৰ D বিন্দুত জকিটো সংযোগ কৰা হ'ল। জকিটো তাঁৰডালেদি লৰচৰ কৰিব পাৰি। তাঁৰডালৰ AD অংশৰ ৰোধ হ'ব $R_{cm}l$, য'ত R_{cm} হ'ল তাঁৰডালৰ প্ৰতি একক ছেণ্টিমিটাৰৰ ৰোধ। একেদৰে তাঁৰডালৰ DC অংশৰ ৰোধ হ'ব R_{cm} (100-l)।

AB, BC, DA আৰু CD বাহুৰে [R, S, R_{cm} l আৰু $R_{cm}(100-l)$ ৰোধেৰে] দেখ-দেখকৈ এখন হুইটষ্ট'ন ব্ৰীজ গঠন কৰিছে; ইয়াত AC হ'ল বেটাৰী বাহু আৰু BD হ'ল গেলভেন'মিটাৰ বাহু। তাঁৰডালেদি জকিটো লৰচৰ কৰালে এটা স্থানত গেলভেন'মিটাৰে শূন্য বিক্ষেপণ দেখুৱাব। ধৰা হ'ল, সন্তুলন বিন্দুত অৱস্থিত জকিৰ A প্ৰান্তৰ পৰা দূৰত্ব হ'ল $l = l_1$। সন্তুলিত অৱস্থাত ব্ৰীজৰ চাৰিটা ৰোধ হ'লগৈ R, S, $R_{cm}\, l_1$ and $R_{cm}(100–l_1)$। সন্তুলনৰ চৰ্ত, [3.83(a)] সমীকৰণ অনুসৰি

$$\frac{R}{S}=\frac{R_{cm}\,l_1}{R_{cm}\,(100-l_1)}=\frac{l_1}{100-l_1} \tag{3.85}$$

গতিকে, l_1 নিৰ্ণয় কৰাৰ পিছত অজ্ঞাত ৰোধ R ক জ্ঞাত মানৰ ৰোধ S ৰ আধাৰত প্ৰকাশ কৰিব পাৰি

$$R=S\,\frac{l_1}{100-l_1} \tag{3.86}$$

বেলেগ বেলেগ মানৰ S ব্যৱহাৰ কৰিলে l_1 ৰ মানো বেলেগ বেলেগ হ'ব আৰু প্ৰত্যেক বাৰেই R ৰ মান নিৰ্ণয় কৰি ল'ব লাগিব। l_1 ৰ জোখমাখত হোৱা ভুলে R ৰ মানতো প্ৰভাৱ পেলাব। সন্তুলন বিন্দুক ব্ৰীজৰ মাজভাগলৈ অনাৰ ব্যৱস্থা কৰিলে, অৰ্থাৎ l_1 50 cm ৰ ওচৰ-পাজৰৰ হ'লে (ইয়াৰ বাবে Sৰ নিৰ্বাচন যথাযথ হ'ব লাগিব) দেখুৱাব পাৰি যে R নিৰ্ণয়ত সম্ভাব্য ভুলৰ শতাংশ হ্ৰাস কৰিব পাৰি।

উদাহৰণ 3.9 এখন মিটাৰ ব্ৰীজত (চিত্ৰ 3.27) A বিন্দুৰ পৰা 33.7 cm দূৰত্বত সন্তুলন বিন্দুটো পোৱা গ'ল। যদি এতিয়া S ৰ সমান্তৰালভাৱে 12Ω ৰোধ সংযোগ কৰা হয়, তেন্তে সন্তুলন বিন্দু 51.9 cm ত অৱস্থিত হ'ব। R আৰু S ৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

সমাধান ঃ প্ৰথম সন্তুলন বিন্দুৰ পৰা আমি পাওঁ

$$\frac{R}{S}=\frac{33.7}{66.3} \tag{3.87}$$

S ৰ সমান্তৰালভাৱে 12Ω ৰোধ সংযোগ কৰাৰ পিছত, ফাঁকটোৰ ৰোধ S ৰ সলনি S_{eq} হ'ব, য'ত

$$S_{eq}=\frac{12S}{S+12}$$

নতুন সন্তুলন অৱস্থাৰ পৰা আমি পাম

$$\frac{51.9}{48.1}=\frac{R}{S_{eq}}=\frac{R(S+12)}{12S} \tag{3.88}$$

(3.87) সমীকৰণ পৰা R/S ৰ মান প্ৰতিস্থাপন কৰিলে

$$\frac{51.9}{48.1}=\frac{S+12}{12}\cdot\frac{33.7}{66.3}$$

ইয়াৰ পৰা S = 13.5Ω। ওপৰৰ পৰা পোৱা R/Sৰ মান ব্যৱহাৰ কৰি আমি পাওঁ

R = 6.86 Ω।

উদাহৰণ 3.9

3.16 পটেনচিয়'মিটাৰ (Potentiometer)

পটেনচিয়'মিটাৰ হ'ল ভালেমান কামত ব্যৱহৃত হোৱা এবিধ সঁজুলি। আচলতে ই এডাল সুষম প্ৰস্থচ্ছেদৰ দীঘল তাঁৰ, কেতিয়াবা ইয়াৰ দৈৰ্ঘ্য কেবামিটাৰ (10 m) পৰ্যন্ত হয়। তাঁৰডাল এটা মানক কোষৰ (standard cell) লগত সংযোজিত হৈ থাকে। কেতিয়াবা ব্যৱহাৰিক প্ৰয়োগৰ হেতু তাঁৰডাল কেবাটাও টুকুৰালৈ কাটি টুকুৰাবোৰ শাৰী শাৰীকৈ সজোৱা হয় আৰু সিহঁতৰ প্ৰান্তবোৰ ধাতুৰ মোটা পটিৰে সংলগ্ন কৰা হয় (চিত্ৰ 3.28)। চিত্ৰত তাঁৰডাল A ৰ পৰা C লৈ ব্যপ্ত। থিয়কৈ থকা সৰু সৰু অংশবোৰ হ'ল তাঁৰডালৰ টুকুৰাবোৰ সংযোগ কৰা ধাতুৰ মোটা পটিবোৰ।

তাঁৰডালৰ মাজেৰে B বেটাৰীৰ পৰা যোৱা প্ৰবাহ হ'ল I; প্ৰবাহ মান বৰ্তনীত সংযুক্ত এটা পৰিৱৰ্তনশীল ৰোধৰ (ৰিয়ষ্টেট, R) জৰিয়তে সলনি কৰিব পাৰি। তাঁৰডাল সুষম বাবে A আৰু A ৰ পৰা l দূৰত্বত অৱস্থিত কোনো বিন্দুৰ বিভৱান্তৰ

$$\varepsilon(l)=\phi l \qquad (3.89)$$

ইয়াত ϕ হ'ল তাঁৰডালৰ প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যৰ বিভৱান্তৰ।

3.28 (a) চিত্ৰত দুটা কোষৰ বিদ্যুত চালক বল ε_1 আৰু ε_2 ৰ তুলনাৰ বাবে পটেনচিয়'মিটাৰৰ প্ৰয়োগ দেখুৱা হৈছে। 1, 2 আৰু 3 বুলি চিহ্নিত বিন্দুকেইটাই এটা দ্বিমুখীয় চাবি বুজাইছে। প্ৰথমতে, চাবিৰ 1 আৰু 2 সংযোগ কৰা যাতে গেলভেন'মিটাৰটো ε_1 ৰ সৈতে সংযোজিত হয়। এতিয়া জকিটো (Jockey) তাঁৰডালৰ ওপৰেদি লৰচৰ কৰি A ৰ পৰা l_1 দূৰত্বত N_1 বিন্দুত সুস্থিৰ কৰা হ'ল যাতে গেলভেন'মিটাৰ বিক্ষেপণ শূন্য হয়। AN_1G31A বন্ধ জালিকাত কাৰ্চফৰ বন্ধ বৰ্তনীৰ সূত্ৰ প্ৰয়োগ কৰিলে আমি পাম,

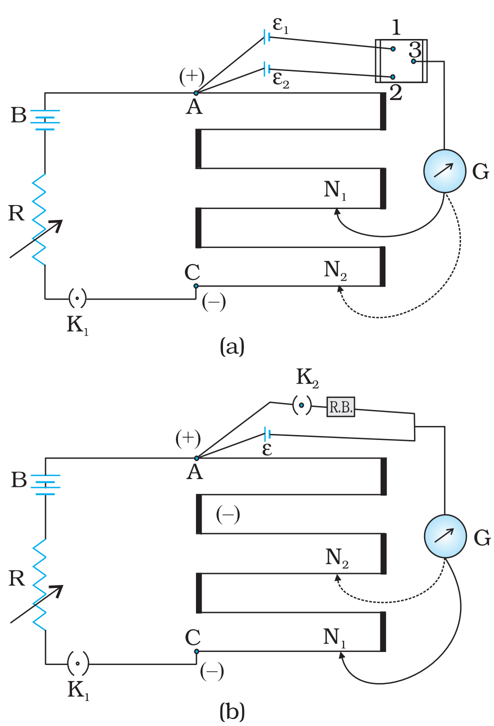
$$\phi\, l_1 + 0 - \varepsilon_1 = 0 \qquad (3.90)$$

একেদৰে, আন এক বিদ্যুৎ চালক বল ε_2 ক l_2 (AN_2) ৰ বিপৰীতে সন্তুলিত কৰিলে,

$$\phi\, l_2 + 0 - \varepsilon_2 = 0 \qquad (3.91)$$

শেষৰ সমীকৰণ দুটাৰ পৰা

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}=\frac{l_1}{l_2} \qquad (3.92)$$



চিত্ৰ 3.28 এটা পটেনচিয়'মিটাৰ। G এটা গেলভেন'মিটাৰ R এটা পৰিৱৰ্তনশীল ৰোধ (ৰিয়ষ্টেট্)। 1, 2, 3 হ'ল এটা দ্বিমুখী চাবিৰ প্ৰান্ত। (a) দুটা কোষৰ বিদ্যুত চালক বলৰ তুলনাৰ বাবে বৰ্তনী; (b) কোষৰ অন্তঃৰোধ নিৰ্ণয়ৰ বাবে বৰ্তনী।

এই সহজ পদ্ধতিটোৰ যোগেদি যিকোনো দুটা উৎসৰ বিদ্যুত চালক বলৰ তুলনা কৰিব পাৰি। ব্যৱহাৰিক ক্ষেত্ৰত এটা কোষ মানক কোষ হিচাপে লোৱা হয়; মানক কোষৰ বিদ্যুত চালক বল অতি শুদ্ধভাৱে জনা থাকে। এতিয়া (3.92) সমীকৰণ ব্যৱহাৰ কৰিলে ইটো কোষৰ বিদ্যুত চালক বল সহজতে গণনা কৰিব পাৰি।

কোষৰ অন্তঃৰোধ জুখিবলৈকো পটেনচিয়'মিটাৰ ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰি [চিত্ৰ 3.28 (b)]। ইয়াৰ বাবে অন্তঃৰোধ (r) জুখিবলগীয়া কোষটো (বিদ্যুত চালক বল ε) চিত্ৰত দেখুৱা ধৰণে K_2 চাবিৰ মুক্ত অৱস্থাত l_1 (AN_1) দূৰত্বত প্ৰশমিত অৱস্থা নিৰূপণ কৰি লোৱা হ'ল। গতিকে,

$$\varepsilon = \phi\, l_1 \qquad [3.93(a)]$$

K_2 চাবি বন্ধ কৰিলে কোষটোৱে ৰোধ বাকচ (R) ৰ মাজেৰে (I) প্ৰবাহ পঠিয়াব। কোষটোৰ প্ৰান্তীয় বিভৱান্তৰ V হ'লে আৰু l_2 (AN_2) দূৰত্বত প্ৰশমিত অৱস্থা প্ৰাপ্ত হ'লে

$$V = \phi\, l_2 \qquad [3.93(b)]$$

গতিকে, আমি পালোঁ $\varepsilon/V = l_1/l_2$ [3.94(a)]

কিন্তু, $\varepsilon = I(r + R)$ আৰু $V = IR$। ইয়াৰ পৰা আমি পাম

$\varepsilon/V = (r + R)/R$ [3.94(b)]

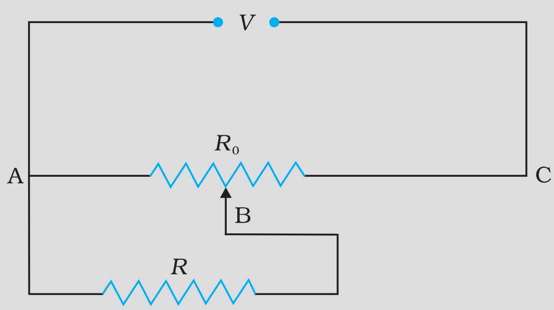
[3.94(a)] আৰু [3.94(b)] সমীকৰণৰ পৰা $(R+ r)/R = l_1/l_2$

$$r = R\left(\frac{l_1}{l_2} - 1\right) \qquad (3.95)$$

(3.95) সমীকৰণ ব্যৱহাৰ কৰি এটা কোষৰ অন্তঃৰোধ নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি। পটেনচিয়’মিটাৰৰ সুবিধাটো

পটনচিয়’মিটাৰৰ সুবিধাটো হ’ল ই জুখিবলগীয়া **বিভৱৰ উৎসৰ পৰা কোনো প্ৰৱাহ নলয়।** গতিকে ই উৎসৰ অন্তঃৰোধৰ দ্বাৰা প্ৰভাৱান্বিত নহয়। অৰ্থাৎ ইয়াৰে আমি কোষটোৰ বিদ্যুৎচালক বল জুখিব পাৰো।

উদাহৰণ 3.10 পটেনচিয়’মিটাৰ এটাৰ পৰা $R\Omega$ ৰোধ এটাই প্ৰৱাহ টানিছে। পটেনচিয়’মিটাৰৰ মুঠ ৰোধ $R_0\,\Omega$ (চিত্ৰ 3.29)। পটেনচিয়’মিটাৰলৈ V বিভৱ যোগান ধৰা হৈছে। পিছলিবলৈ সক্ষম জকিৰ স্পৰ্শ বিন্দুটো পটেনচিয়’মিটাৰৰ সোঁমাজত থকা অৱস্থাত R ত হোৱা বিভৱান্তৰৰ প্ৰকাশৰাশি নিৰ্ণয় কৰা।



চিত্ৰ 3.29

সমাধান যিহেতু পিছলিবলৈ সক্ষম স্পৰ্শবিন্দু পটেনচিয়’মিটাৰৰ সোঁমাজত আছে। গতিকে A আৰু B বিন্দুৰ মাজত ৰোধৰ আধাহে $(R_0/2)$ উপলব্ধ হ’ব। সেয়েহে A আৰু Bৰ মাজত মুঠ ৰোধ R_1 নিম্নোক্ত প্ৰকাশ ৰাশিৰ পৰা পোৱা যাব ঃ

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R} + \frac{1}{(R_0/2)}$$

$$R_1 = \frac{R_0 R}{R_0 + 2R}$$

A আৰু C ৰ মাজৰ মুঠ ৰোধ হ’ব A আৰু B আৰু B আৰু C ৰ মাজৰ ৰোধৰ যোগফল। অৰ্থাৎ, $R_1 + R_0/2$

∴ পটেনচিয়’মিটাৰৰ মাজেৰে যোৱা প্ৰৱাহ হ’ব

$$I = \frac{V}{R_1 + R_0/2} = \frac{2V}{2R_1 + R_0}$$

পটেনচিয়’মিটাৰৰ পৰা প্ৰাপ্ত বিভৱান্তৰ, প্ৰৱাহ I আৰু R_1 ৰ পূৰণফল হ’ব,

$$V_1 = I R_1 = \left(\frac{2V}{2R_1 + R_0}\right) \times R_1$$

উদাহৰণ 3.10

উদাহৰণ 3.10

R_1 ৰ মান বহুৱালে আমি পাম

$$V_1 = \frac{2V}{2\left(\frac{R_0 \times R}{R_0 + 2R}\right) + R_0} \times \frac{R_0 \times R}{R_0 + 2R}$$

$$V_1 = \frac{2VR}{2R + R_0 + 2R}$$

অথবা $V_1 = \frac{2VR}{R_0 + 4R}$.

সাৰাংশ

1. পৰিবাহীৰ প্ৰদত্ত ক্ষেত্ৰফলৰ মাজেৰে বৈ যোৱা প্ৰৱাহ হ'ল সেই ক্ষেত্ৰফলৰ মাজেৰে প্ৰতি একক সময়ত পাৰ হোৱা মুঠ আধান।
2. প্ৰৱাহক সুস্থিৰ অৱস্থাত ৰাখিবলৈ হ'লে এটা বন্ধ বৰ্তনীত বাহ্যিক কাৰক এটাই নিম্নৰ পৰা উচ্চ স্থিতি শক্তিলৈ বৈদ্যুতিক আধানবোৰ কঢ়িয়াই নিব লাগিব। নিম্ন স্থিতিশক্তিৰ পৰা উচ্চ স্থিতিশক্তিলৈ (অৰ্থাৎ উৎসৰ এটা প্ৰান্তৰ পৰা আনটোলৈ) আধান পৰিবহনৰ প্ৰক্ৰিয়াত উৎসৰদ্বাৰা একক আধানে প্ৰতি সম্পাদিত কাৰ্যক উৎসৰ বিদ্যুত চালক বল বোলে। মন কৰা যে বিদ্যুত চালক বল প্ৰকৃততে বল নহয়; ই হ'ল মুক্ত বৰ্তনীত উৎস এটাৰ প্ৰান্ত দুটাৰ মাজৰ বিভৱ।
3. **ওমৰ সূত্ৰ ঃ** কোনো পদাৰ্থৰ মাজেৰে বৈ যোৱা প্ৰৱাহ I, তাৰ দুই মূৰৰ বিভৱান্তৰ V ৰ সমানুপাতিক, অৰ্থাৎ, $V \propto I$ অথবা $V = RI$, ইয়াত R ক পদাৰ্থটোৰ ৰোধ বুলি কোৱা হয়। ৰোধৰ একক হ'ল ওম ঃ $1\Omega = 1\ V\ A^{-1}$.
4. পৰিবাহীৰ ৰোধ R, তাৰ দৈৰ্ঘ্য l আৰু ধ্ৰুৱক প্ৰস্থচ্ছেদীয় ক্ষেত্ৰফল A ৰ ওপৰত নিম্নোক্ত সম্পৰ্ক অনুসৰি নিৰ্ভৰ কৰে।

   $$R = \frac{\rho l}{A}$$

   ইয়াত ρ হ'ল ৰোধকতা। ৰোধকতা পদাৰ্থৰ এবিধ ধৰ্ম আৰু ই উষ্ণতা আৰু চাপৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে।
5. পদাৰ্থৰ বৈদ্যুতিক ৰোধকতা এটা সুবৃহৎ পৰিসৰৰ ভিতৰত ভিন ভিন হয়। $10^{-8}\ \Omega$ m ৰ পৰা $10^{-6}\ \Omega$ m পৰিসৰত থকা ধাতুৰ ৰোধকতা কম। কাঁচ আৰু ৰবৰৰ দৰে অপৰিবাহীৰ ৰোধকতা 10^{22} ৰ পৰা 10^{24} গুণে বেছি। Si আৰু Ge ৰ দৰে অৰ্ধপৰিবাহীবোৰ ৰোধকতাৰ ল'গ স্কেলৰ (logarithmic scale) প্ৰায় মাজভাগত পৰে।
6. বেছিভাগ পদাৰ্থৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰৱাহৰ বাহক হ'ল ইলেক্ট্ৰন; আন কিছুমান ক্ষেত্ৰত, যেনে আয়নীয় স্ফটিক আৰু বিদ্যুত বিশ্লেষ্য তৰলত ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক আয়নে বৈদ্যুতিক প্ৰৱাহ বহন কৰে।
7. প্ৰৱাহ ঘনত্ব j এ প্ৰৱাহৰ লম্ব দিশত প্ৰতি একক সময়ত আৰু প্ৰতি একক ক্ষেত্ৰফলেদি বৈ যোৱা আধানৰ পৰিমাণ বুজায়, $j = nq\,\mathbf{v}_d$

   ইয়াত n হ'ল গাইপতি q আধানযুক্ত আধান বাহকৰ সংখ্যা ঘনত্ব (প্ৰতি একক আয়তনত উপলব্ধ সংখ্যা) আৰু v_d হ'ল আধান বাহকৰ অপৱাহ বেগ। ইলেক্ট্ৰনৰ বাবে $q = -e$। যদি কোনো প্ৰস্থচ্ছেদীয় ক্ষেত্ৰফল, A ৰ লগত j লম্বভাৱে থাকে আৰু যদি এই ক্ষেত্ৰফলৰ সকলোতে ধ্ৰুৱক হয়, তেন্তে সেই ক্ষেত্ৰফলৰ মাজেৰে বোৱা প্ৰৱাহ I ৰ মান হ'ব $nev_d A$।
8. $E = V/l$, $I = nev_d A$ আৰু ওমৰ সূত্ৰ ব্যৱহাৰ কৰিলে আমি পাম,

   $$\frac{eE}{m} = \rho \frac{ne^2}{m} v_d$$

ধাতুৰ ইলেক্ট্ৰনবোৰৰ ওপৰত বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ E ৰ বাবে প্ৰযুক্ত বল eE আৰু অপৱাহ বেগ v_d (ত্বৰণ নহয়)ৰ সমানুপাতিক সম্পৰ্কৰ তাৎপৰ্য ধৰিব পৰা যাব যদিহে ইলেক্ট্ৰনবোৰে ধাতুৰ আয়নসমূহৰ সৈতে সংঘাতত লিপ্ত হৈ যাদৃচ্ছিক দিশলৈ বিচ্যুত হয় বুলি ধৰি লোৱা হয়। গড় হিচাপে τ সময়ৰ অন্তৰালত এটাকৈ সংঘাত ঘটিলে,

$v_d = a\tau = eE\tau/m$

ইয়াত a হ'ল ইলেক্ট্ৰনৰ ত্বৰণ। গতিকে

$$\rho = \frac{m}{ne^2\tau}$$

9. উষ্ণতাৰ যি পৰিসৰত উষ্ণতাৰ সাপেক্ষে ৰোধকতাৰ ৰৈখিকভাৱে বৃদ্ধি ঘটে সেই পৰিসৰত প্ৰতি একক উষ্ণতা বৃদ্ধিত ঘটা ৰোধকতাৰ আংশিক বৃদ্ধিক ৰোধকতাৰ উষ্ণতা গুণাংক α বুলি কোৱা হয়।
10. বহুতো পদাৰ্থই ওমৰ সূত্ৰ মানি চলে যদিও ই প্ৰকৃতিৰ এটা বুনিয়াদী সূত্ৰ নহয়।
    (a) I ৰ ওপৰত V অৰৈখিক হিচাপে নিৰ্ভৰশীল হ'লে
    (b) V ৰ একে পৰম মানত (absolute value) V ৰ চিনৰ ওপৰত V আৰু I ৰ সম্পৰ্ক নিৰ্ভৰশীল হ'লে
    (c) V আৰু I ৰ সম্পৰ্ক অনন্য নহ'লে (non-unique)
    ওমৰ সূত্ৰ বিফল হয়।
    (a) ৰ এটা উদাহৰণ হ'ল যেতিয়া I ৰ সৈতে ρ ৰ বৃদ্ধি ঘটে (উষ্ণতা স্থিৰে থাকিলেও)। (a) আৰু (b) বৈশিষ্ট্যবোৰ সংদিশক (rectifier) এটাত দৃশ্যমান হয়। GaAs ত (c) বৈশিষ্ট্য দৃশ্যমান হয়।
11. ε বিদ্যুত চালক বলৰ উৎস এটা বাহ্যিক ৰোধ R ৰ সৈতে সংযোজিত কৰিলে R ত উৎপন্ন বিভৱান্তৰ V_{ext} হ'ব।

    $$V_{ext} = IR = \frac{\varepsilon}{R+r}R$$

    ইয়াত r হ'ল উৎসৰ অন্তঃৰোধ।
12. (a) শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে সংযোজিত n টা ৰোধৰ মুঠ ৰোধ হ'ল
    $R = R_1 + R_2 + ... + R_n$
    (b) সমান্তৰালভাৱে সংযোজিত n টা ৰোধৰ মুঠ ৰোধ হ'ল
    $$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + ... + \frac{1}{R_n}$$
13. কাৰ্চফৰ সূত্ৰসমূহ
    (a) সংযোগ বিন্দুৰ সূত্ৰ ঃ বৰ্তনী উপাদানৰ যিকোনো সংযোগ বিন্দুত প্ৰৱেশ কৰা প্ৰৱাহৰ যোগফল তাৰ পৰা প্ৰস্থান কৰা প্ৰৱাহৰ যোগফলৰ সমান।
    (b) বন্ধ বৰ্তনীৰ সূত্ৰ ঃ যিকোনো বন্ধ বৰ্তনী এটাত বিভৱৰ পৰিবৰ্তনৰ বীজগণিতীয় যোগফল শূন্য।
14. হুইটষ্ট'ন ব্ৰীজ হ'ল মূল পাঠত দেখুৱা অনুসৰি চাৰিটা ৰোধ – R_1, R_2, R_3 আৰু R_4ৰ এক বিশিষ্ট সজ্জা। শূন্য বিক্ষেপণৰ চৰ্ত হ'ল

    $$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

    তিনিটা ৰোধ জ্ঞাত হ'লে এই সম্পৰ্ক ব্যৱহাৰ কৰি বাকী থকাটোৰ ৰোধ নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি।
15. পটেনচিয়'মিটাৰ হ'ল বিভৱান্তৰ তুলনা কৰা এবিধ সঁজুলি। যিহেতু ইয়াৰ প্ৰয়োগত প্ৰৱাহ শূন্য হোৱাটো আৱশ্যকীয়, গতিকে এই সঁজুলিৰে বিভৱান্তৰ, কোষৰ অন্তঃৰোধ জুখিব পাৰি আৰু দুটা উৎসৰ বিদ্যুত চালক বল জুখিব বা তুলনা কৰিব পাৰি।

বৈদ্যুতিক ৰাশি	চিহ্ন	মাত্ৰা	একক	মন্তব্য
বৈদ্যুতিক প্ৰৱাহ	I	[A]	A	SI আধাৰ একক
আধান	Q, q	[T A]	C	
বিভৱ, বৈদ্যুতিক বিভৱান্তৰ	V	$[M L^2 T^{-3} A^{-1}]$	V	কাৰ্য/আধান
বিদ্যুত চালক বল	ε	$[M L^2 T^{-3} A^{-1}]$	V	কাৰ্য/আধান
ৰোধ	R	$[M L^2 T^{-3} A^{-2}]$	Ω	R = V/I
ৰোধকতা	ρ	$[M L^3 T^{-3} A^{-2}]$	Ω m	$R = \rho l/A$
পৰিবাহীতা	σ	$[M^{-1} L^{-3} T^3 A^2]$	S	σ = 1/ρ
বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ	**E**	$[M L T^{-3} A^{-1}]$	$V m^{-1}$	বৈদ্যুতিক বল/আধান
অপৰাহ দ্ৰুতি	v_d	$[L T^{-1}]$	$m s^{-1}$	$v_d = \frac{e E \tau}{m}$
বিশ্ৰান্তি সময় (relaxation time)	τ	[T]	s	
প্ৰৱাহ ঘনত্ব	j	$[L^{-2} A]$	$A m^{-2}$	প্ৰৱাহ/ক্ষেত্ৰফল
সচলতা (Mobility)	μ	$[M L^3 T^{-4} A^{-1}]$	$m^2 V^{-1} s^{-1}$	v_d / E

মন কৰিবলগীয়া কথা

1. আমি প্ৰৱাহক কাঁড় চিনেৰে উপস্থাপন কৰোঁ যদিও ই প্ৰকৃততে এটা স্কেলাৰহে। প্ৰৱাহে ভেক্টৰৰ যোগৰ নিয়ম নামানে। প্ৰৱাহ যে এটা স্কেলাৰ সি তাৰ সংজ্ঞাৰ পৰাই পৰিস্ফুট হৈ আছে। কোনো প্ৰস্থচ্ছেদৰ মাজেৰে বৈ যোৱা প্ৰৱাহ I, দুটা ভেক্টৰৰ স্কেলাৰ পূৰণফল ঃ

   $I = j \cdot \Delta S$

   ইয়াত j আৰু ΔS হ'ল দুটা ভেক্টৰ।

2. মুঠ পাঠত অংকন কৰা ৰোধ আৰু ডায়'ডৰ V-I লেখলৈ মন কৰা, ৰোধে ওমৰ সূত্ৰ মানে কিন্তু ডায়'ডত এই সূত্ৰ প্ৰয়োগ নহয়। V = IR উক্তিয়ে ওমৰ সূত্ৰৰ উপস্থাপন কৰে বুলি আগবঢ়োৱা যুক্তি শুদ্ধ নহয়। এই সমীকৰণে ৰোধৰ সংজ্ঞা দিয়ে আৰু ইয়াক ওমৰ সূত্ৰ মনা অথবা নমনা যিকোনো পৰিবাহী আহিলাৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰয়োগ কৰিব পাৰি। ওমৰ সূত্ৰই কয় যে V ৰ সাপেক্ষ I ৰ লেখ ৰৈখিক হ'ব অৰ্থাৎ V ৰ ওপৰত R নিৰ্ভৰশীল নহয়।

3. ৰূপৰ দৰে সমসত্ব পৰিবাহী আৰু নিৰ্ভেজাল জাৰ্মেনিয়াম বা অশুদ্ধিযুক্ত জাৰ্মেনিয়ামৰ দৰে অৰ্ধ পৰিবাহীয়ে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মানৰ কেতবোৰ পৰিসৰত ওমৰ সূত্ৰ মানি চলে। ক্ষেত্ৰৰ প্ৰাবল্য বাঢ়িলে সকলো পৰিস্থিতিতে ওমৰ সূত্ৰৰ ব্যতিক্ৰম ঘটা দৃষ্টিগোচৰ হয়।

4. E বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰত পৰিবহন ইলেক্ট্ৰনৰ গতি (i) যাদৃচ্ছিক সংঘাতৰ ফলত উৎপন্ন হোৱা গতি আৰু (ii) E ৰ বাবে হোৱা গতিৰ যোগফল। যাদৃচ্ছিক সংঘাতৰ ফলত উৎপন্ন গতিৰ গড়মান শূন্য আৰু ই v_d লৈ কোনো অৰিহণা নোযোগায় (XI শ্ৰেণীৰ পাঠ্যপুথিৰ অধ্যায় 11)। গতিকে

v_d হ'ল কেৱল ইলেক্ট্ৰনৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ ক্ৰিয়াৰ ফলশ্ৰুতিহে।

5. $j = \rho v$ সম্পৰ্কটো প্ৰত্যেকবিধ আধান বাহকৰ বাবে বেলেগে বেলেগে প্ৰয়োগ কৰাটো আৱশ্যকীয়। এডাল পৰিবাহী তাঁৰত, মুঠ প্ৰৱাহ আৰু আধান ঘনত্বলৈ ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক দুয়োবিধ আধানৰে অৰিহণা থাকে ঃ

$j = \rho_+ v_+ + \rho_- v_-$

$\rho = \rho_+ + \rho_-$

এতিয়া বৈদ্যুতিক প্ৰৱাহৰ বৰ্তমানত এডাল প্ৰশমিত তাঁৰত

$\rho_+ = -\rho_-$

তদুপৰি, $v_+ \sim 0$; ইয়াৰ পৰা

$\rho = 0$

$j = \rho_- v$

গতিকে, $j = \rho\, v$ সম্পৰ্কটো মুঠ প্ৰৱাহ আৰু আধান ঘনত্বৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰযোজ্য হোৱা নাই।

6. কাৰ্চফৰ সংযোগ বিন্দুৰ সূত্ৰ আধান সংৰক্ষণশীলতাৰ ওপৰত প্ৰতিষ্ঠিত। তাঁৰ এডাল বেঁকা কৰিলে বা বেলেগ সজ্জালৈ নিলেও কাৰ্চফৰ এই সূত্ৰ একেই থাকে।

অনুশীলনী

3.1 গাড়ী এখনৰ সঞ্চয়ক বেটাৰীটোৰ (storage cell) বিদ্যুত চালক বল 12 V। বেটাৰীৰ অন্তঃৰোধ 0.4 Ω হ'লে বেটাৰবীৰ পৰা পাব পৰা সৰ্বোচ্চ প্ৰৱাহ নিৰ্ণয় কৰা।

3.2 10 V পৰিমাণৰ বিদ্যুত চালক বলৰ আৰু 3 Ω অন্তঃৰোধৰ এটা বেটাৰী ৰোধক এটাৰ লগত সংযোজিত হৈ আছে। বৰ্তনীত প্ৰৱাহ 0.5 A হ'লে ৰোধকটোৰ ৰোধ কিমান? বৰ্তনীৰ বন্ধ অৱস্থাত বেটাৰীৰ প্ৰান্তীয় বিভৱান্তৰ কিমান?

3.3 (a) 1 Ω, 2 Ω আৰু 3 Ω ৰ তিনিটা ৰোধক শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে সংযোজিত হৈ আছে। সমাহাৰটোৰ মুঠ ৰোধ কিমান?

(b) সমাহাৰটো 12 V বিদ্যুত চালক বলৰ আৰু নগণ্য অন্তঃৰোধৰ বেটাৰী এটাৰ লগত সংযোজিত কৰিলে প্ৰত্যেক ৰোধকত উৎপন্ন হোৱা বিভৱ পতন নিৰ্ণয় কৰা।

3.4 (a) 2 Ω, 4 Ω আৰু 5 Ω ৰ তিনিটা ৰোধক সমান্তৰালভাৱে সংযোজিত হৈ আছে। সমাহাৰটোৰ মুঠ ৰোধ কিমান?

(b) সমাহাৰটো 20 V বিদ্যুত চালক বলৰ আৰু নগণ্য অন্তঃৰোধৰ বেটাৰী এটাৰ লগত সংযোজিত কৰিলে প্ৰত্যেক ৰোধকৰ মাজেৰে যোৱা প্ৰৱাহ আৰু বেটাৰীৰ পৰা টনা মুঠ প্ৰৱাহ নিৰ্ণয় কৰা।

3.5 কোঠালীৰ উষ্ণতাত (27.0 °C) হিটাৰৰ কুণ্ডলী এটাৰ ৰোধ 100 Ω। কুণ্ডলীটোৰ ৰোধ 117 Ω লৈ বৃদ্ধি হ'লে তাৰ উষ্ণতা কিমান হ'ব? দিয়া আছে, ৰোধকটোৰ পদাৰ্থৰ উষ্ণতা গুণাংক 1.70×10^{-4} °C^{-1}।

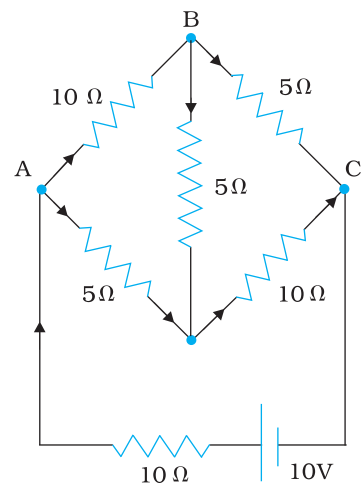
3.6 15 m দীঘল আৰু 6.0×10^{-7} m^2 সুষম প্ৰস্থচ্ছেদৰ তাঁৰ এডালেদি নগণ্যভাৱে ক্ষুদ্ৰ প্ৰৱাহ চালিত হৈছে আৰু জুখিলত ইয়াৰ ৰোধ 5.0 Ω পোৱা গ'ল। পৰীক্ষাৰ উষ্ণতাত তাঁৰডালৰ পদাৰ্থৰ ৰোধকতা কিমান?

3.7 এডাল ৰূপৰ তাঁৰৰ 27.5^0 C উষ্ণতাত ৰোধ 2.1 Ω আৰু 100° C উষ্ণতাত ৰোধ 2.7 Ω। ৰূপৰ ৰোধকতাৰ উষ্ণতা গুণাংক নিৰ্ণয় কৰা।

3.8 নাইক্ৰ'মেৰে বনোৱা তাপোৎপাদক উপাদান (heating element) এটা 230 V উৎসৰ লগত সংযোগ কৰিলত সি পোনতে 3.2 A প্ৰৱাহ টানিলে; কেই ছেকেণ্ডমানৰ পিছত এই প্ৰৱাহ 2.8 A ত

সুস্থিৰ হ'ল। যদিও কোঠালীৰ উষ্ণতা 27.0 °C তেন্তে তাপোৎপাদক উপাদানৰ সুস্থিৰ উষ্ণতা কিমান? সংশ্লিষ্ট উষ্ণতাৰ পৰিসৰত নাইক্ৰ'মৰ গড় উষ্ণতা গুণাংক হ'ল 1.70×10^{-4} °C^{-1}।

3.9 3.30 চিত্ৰত দেখুৱা সজ্জাৰ প্ৰত্যেক শাখাৰ প্ৰৱাহ নিৰ্ণয় কৰা।



চিত্ৰ **3.30**

3.10 (a) এখন মিটাৰ ব্ৰীজত (চিত্ৰ3.27) A প্ৰান্তৰ পৰা 39.5 cm দূৰত্বত সন্তুলন বিন্দুটো পোৱা গ'ল। এই অৱস্থাত Y ৰোধকৰ মান 12.5 Ω আছিল। X ৰ ৰোধ নিৰ্ণয় কৰা। হুইটষ্ট'ন অথবা মিটাৰ ব্ৰীজৰ ৰোধবোৰ সংযোগ কৰিবলৈ কিয় তামৰ মোটাপটি ব্যৱহাৰ কৰা হয়?

(b) X আৰু Y স্থান সাল সলনি কৰিলে সন্তুলন বিন্দুৰ নতুন অৱস্থান নিৰ্ণয় কৰা।

(c) ব্ৰীজৰ সন্তুলিত অৱস্থাত গেলভেন'মিটাৰ আৰু কোষৰ স্থান সাল সলনি কৰিলে কি হ'ব? গেলভেন'মিটাৰে কোনো প্ৰৱাহৰ উপস্থিতি ধৰা পেলাব নেকি?

3.11 8.0 V বিদ্যুত চালক বলৰ আৰু 0.5 Ω অন্তঃৰোধৰ সঞ্চয়ক বেটাৰী এটা 15.5 Ω ৰ শ্ৰেণীবদ্ধ ৰোধক এটাৰ যোগেদি 120 V প্ৰত্যক্ষ প্ৰৱাহৰ উৎস এটাৰে আহিত কৰা হৈছে। আহিতকৰণৰ সময়ত বেটাৰীৰ প্ৰান্তীয় বিভৱান্তৰ কিমান? আহিতকৰণ বৰ্তনীত শ্ৰেণীবদ্ধ ৰোধক কিয় ব্যৱহাৰ কৰাৰ উদ্দেশ্য কি?

3.12 এটা পটেনচিয়'মিটাৰ বৰ্তনীত 1.25 V বিদ্যুত চালক বলৰ কোষ এটাই তাঁৰডালৰ 35.0 cm দৈৰ্ঘ্যত সন্তুলন বিন্দুটো দিয়ে। কোষটো আন এটা কোষেৰে সলনি কৰাত সন্তুলন বিন্দু 63.0 cm লৈ আঁতৰি গ'ল। দ্বিতীয় কোষটোৰ বিদ্যুৎ চালক বল কিমান?

3. 13 3.1 উদাহৰণ তামৰ পৰিবাহীত মুক্ত ইলেক্ট্ৰনৰ সংখ্যা ঘনত্ব হ'ল 8.5×10^{28} m^{-3}। 3.0 m দীঘল তাঁৰ এডালৰ এটা মূৰৰ পৰা আনটো মূৰলৈ যাবলৈ এটা ইলেক্ট্ৰনক কিমান সময়ৰ প্ৰয়োজন হ'ব? তাঁৰডালৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ ক্ষেত্ৰফল 2.0×10^{-6} m^2 আৰু ইয়াৰ মাজেৰে যোৱা প্ৰৱাহ 3.0 A।

অতিৰিক্ত অনুশীলনী

3. 14 ভূ-পৃষ্ঠৰ ঋণাত্মক আধানৰ পৃষ্ঠঘনত্বৰ মান 10^{-9} C m^{-2}। বায়ুমণ্ডলৰ শীৰ্ষ আৰু ভূ-পৃষ্ঠৰ মাজৰ 400 kV বিভৱান্তৰে সমস্ত ভূ-গোলকত মাত্ৰ 1800 A প্ৰৱাহৰ জন্ম দিয়ে (ইয়াৰ কাৰণ হ'ল নিম্ন বায়ুমণ্ডলৰ কম পৰিবাহীতা)। বায়ুমণ্ডলীয় বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন বজায় ৰখাৰ কোনো ব্যৱস্থা নাথাকিলে কিমান সময়ৰ ভিতৰত (মোটা-মুটিভাৱে) ভূ-পৃষ্ঠক প্ৰশমিত কৰিব পৰা যাব? (বাস্তৱ ক্ষেত্ৰত ই অসম্ভৱ, কিয়নো পৃথিৱীৰ বিভিন্ন ঠাইত সংঘটিত বিজুলী ঢেৰেকণিৰে

সৈতে অহা ধুমুহা, বজ্ৰপাত আদিৰ দৰে পৰিঘটনাই ভূ-পৃষ্ঠৰ বৈদ্যুতিক আধানৰ হৰণ-ভগন পূৰণ কৰে।) (পৃথিৱীৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ = 6.37×10^6 m।)

3.15 (a) ছয়টা লেড-এচিড (lead-acid) জাতীয় সঞ্চায়ক কোষ শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে সংযোগ কৰি 8.5 Ω ৰোধ এটালৈ শক্তিৰ যোগান ধৰা হৈছে। প্ৰত্যেকটো কোষৰ বিদ্যুত চালক বল 2.0 V আৰু অন্তঃৰোধ 0.015 Ω । যোগান ব্যৱস্থাৰ পৰা টনা প্ৰৱাহ আৰু তাৰ প্ৰান্তীয় বিভৱ কিমান?

(b) বহু দিন ধৰি ব্যৱহাৰ হৈ থকা সঞ্চায়ক কোষ এটাৰ বিদ্যুত চালক বলৰ মান 1.9 V আৰু তাৰ সুবৃহৎ অন্তঃৰোধ হ'ল 380 Ω। কোষটোৰ পৰা টানিব পৰা সৰ্বোচ্চ প্ৰৱাহ কিমান? কোষটোৱে গাড়ী এখনৰ ষ্টাৰ্টিং মটৰটো (starting motor) চলাব পাৰিবনে?

3.16 একে দৈৰ্ঘ্যৰ এডাল এলুমিনিয়াম আৰু এডাল তামৰ তাঁৰৰ ৰোধ একে। তাঁৰ দুডালৰ কোনডাল বেছি পাতল। ইয়াৰ পৰা বিদ্যুত শক্তি পৰিবহনত ব্যৱহাৰ কৰা কেব'ল (cable)ৰ বাবে এলুমিনিয়াম কিয় অধিক পছন্দৰ ব্যাখ্যা কৰা। ($\rho_{Al} = 2.63 \times 10^{-8}\ \Omega$ m, $\rho_{Cu} = 1.72 \times 10^{-8}\ \Omega$ । এলুমিনিয়াৰ আপেক্ষিক ঘনত্ব 2.7 আৰু কপাৰৰ 8.9)

3.17 মেংগানিন সংকৰৰ পৰা বনোৱা ৰোধ এটাৰ নিম্নোক্ত নিৰীক্ষণবোৰৰ পৰা কি সিদ্ধান্তত উপনীত হ'ব পাৰি?

প্ৰৱাহ A	বিভৱান্তৰ V	প্ৰৱাহ A	বিভৱান্তৰ V
0.2	3.94	3.0	59.2
0.4	7.87	4.0	78.8
0.6	11.8	5.0	98.6
0.8	15.7	6.0	118.5
1.0	19.7	7.0	138.2
2.0	39.4	8.0	158.0

3.18 তলৰ প্ৰশ্নবোৰৰ উত্তৰ দিয়া ঃ

(a) অসমান প্ৰস্থচ্ছেদৰ ধাতৱ পৰিবাহী এডালেদি সুস্থিৰ প্ৰৱাহ বৈ আছে। পৰিবাহীডালত কোন কেইটা ৰাশি ধ্ৰুৱক ঃ প্ৰৱাহ, প্ৰৱাহ ঘনত্ব, বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ, অপৱাহ দ্ৰুতি?

(b) সকলোবোৰ পৰিবাহী পদাৰ্থতে ওমৰ সূত্ৰ বিশ্বজনীনভাৱে প্ৰযোজ্য নে? যদি নহয়, তেন্তে ওমৰ সূত্ৰ মানি নচলা পদাৰ্থৰ উদাহৰণ দিয়া।

(c) কম বিভৱান্তৰৰ উৎসৰ পৰা উচ্চ মানৰ প্ৰৱাহ পাবলৈ হ'লে উৎসৰ অন্তঃৰোধ অতি কম হ'বই লাগিব কিয়?

(d) 6 kV মানৰ উচ্চ বিভৱ উৎসৰ (high tension supply) সুবৃহৎ অন্তঃৰোধ থাকিবই লাগিব। কিয়?

3.19 শুদ্ধ বিকল্প বাছি উলিওৱা ঃ

(a) গঠনকাৰী ধাতু তুলনাত ধাতুৰ সংকৰৰ ৰোধকতা (বেছি/কম)।

(b) বিশুদ্ধ ধাতুৰ তুলনাত সংকৰ ধাতুৰ ৰোধৰ উষ্ণতা গুণাংক (কম/বেছি)।

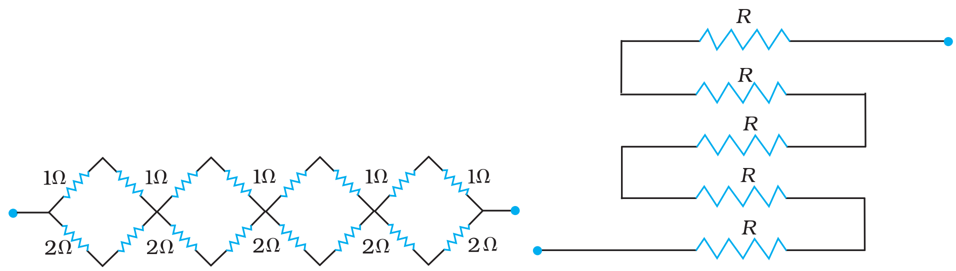
(c) মেংগানিন সংকৰৰ ৰোধকতা উষ্ণতা বৃদ্ধিৰ সাপেক্ষে প্ৰায় উদাসীন/খৰতকীয়াকৈ বাঢ়ে।

(d) এবিধ দৃষ্টান্তমূলক অপৰিবাহীৰ (যেনে এম্বাৰ) ৰোধকতা ধাতুৰ তুলনাত ($10^{22}/10^{23}$) গুণে বেছি।

3.20 (a) R ৰোধৰ n টা ৰোধক দিয়া আছে (i) সৰ্বোচ্চ আৰু (ii) সৰ্বনিম্ন কাৰ্যকৰী ৰোধ পাবলৈ সিহঁতক কেনেকৈ সজাবা। সৰ্বোচ্চ আৰু সৰ্বনিম্ন ৰোধৰ অনুপাত কিমান হ'ব।

(b) 1 Ω, 2 Ω, 3 Ω ৰোধ দিয়া আছে। সিহঁতক কেনেকৈ সজালে (i) (11/3) Ω , (ii) (11/5) Ω, (iii) 6 Ω, (iv) (6/11) Ω সমতুল্য ৰোধ পোৱা যাব?

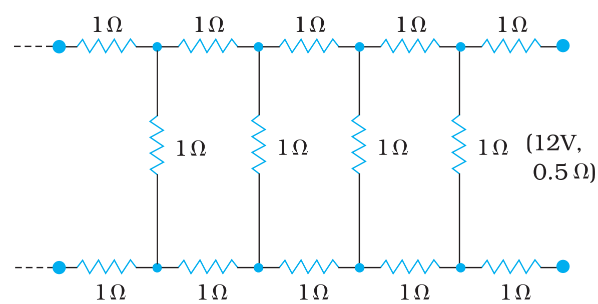
(c) 3.31 চিত্ৰত দেখুৱা সজ্জাৰ সমতুল্য ৰোধ নিৰ্ণয় কৰা।



(a) (b)

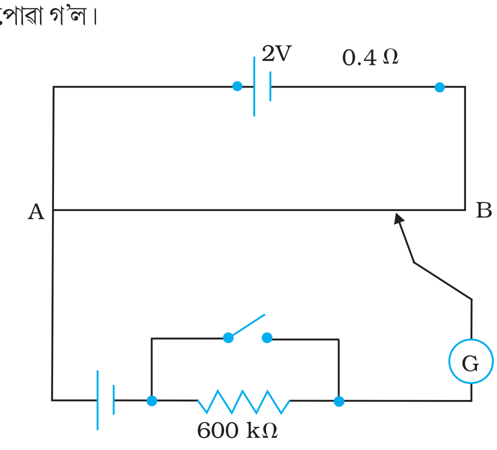
চিত্ৰ 3.31

3.21 3.32 চিত্ৰৰ অসীম সজ্জাটোৰে 0.5Ω অন্তঃৰোধৰ 12V বিভৱান্তৰৰ উৎসৰ পৰা টনা প্ৰৱাহ নিৰ্ণয় কৰা। প্ৰত্যেক ৰোধকৰ ৰোধ 1Ω ।



চিত্ৰ 3.32

3.22 3.33 চিত্ৰত দেখুৱা পটেনচিয়'মিটাৰত 0.40 অন্তঃৰোধৰ আৰু 2.0 V ৰ কোষ এটাই AB ৰোধ তাঁৰত এক বিভৱ পতন অব্যাহত ৰাখিছে। 1.02 V স্থিৰ বিদ্যুত চালক বলৰ (মজলীয়া প্ৰৱাহৰ ক্ষেত্ৰত) এটা মানক কোষে তাঁৰডালৰ 67.3 cm দৈৰ্ঘ্যত সন্তুলন বিন্দুটো দিয়ে। মানক কোষৰ পৰা অতি নিম্ন মানৰ প্ৰৱাহ টনাটো নিশ্চিত কৰিবলৈ তাৰ লগত শ্ৰেণীৱদ্ধভাৱে 600 kΩ ৰ অতি উচ্চ ৰোধক এটা সংযোগ কৰি লৈ সন্তুলন বিন্দুৰ ওচৰত তাক চৰ্ট (short) কৰা হৈছে। তাৰ পিছত মানক কোষটো ε অজ্ঞাত বিদ্যুত চালক বলৰ কোষ এটাৰে বদলি কৰিলত সন্তুলন বিন্দুটো তাঁৰডালৰ 82.3 cm দৈৰ্ঘ্যত পোৱা গ'ল।



চিত্ৰ 3.33

(a) εৰ মান কিমান?

(b) 600 kΩ উচ্চ ৰোধৰ উপযোগীতা কি?

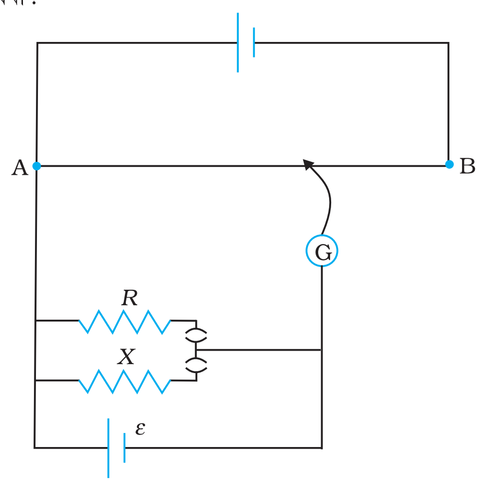
(c) সন্তুলন বিন্দু উচ্চ ৰোধৰ দ্বাৰা প্ৰভাৱান্বিত হৈছে নেকি?

(d) চালক কোষৰ (driver cell) অন্তঃৰোধে সন্তুলন বিন্দুক প্ৰভাৱান্বিত কৰিছে নেকি?

(e) চালক কোষৰ বিদ্যুত চালক বল 2.0V ৰ সলনি 1.0 হোৱা হ'লে উপৰি উক্ত পৰিস্থিতি পদ্ধতিটো কাৰ্যকৰী হ'লহেঁতেন?

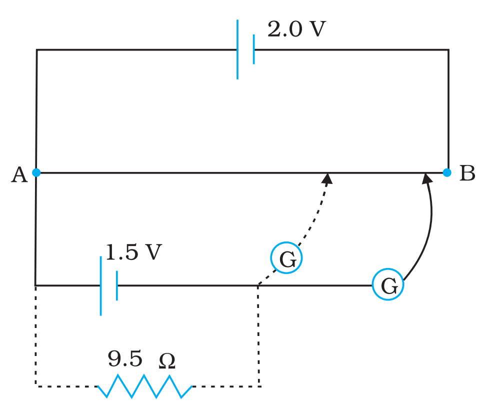
(f) কম mV ৰ অনুক্ৰমৰ অতি ক্ষুদ্ৰ বিদ্যুত চালক বল [উদাহৰণ স্বৰূপে তাপ যুগলৰ (thermo couple) বিদ্যুত চালক বল] নিৰ্ণয় কৰাত বৰ্তনীটোৱে সুচাৰুভাৱে কাম কৰিবনে? যদি নকৰে, বৰ্তনীৰ সংশোধন কেনেকৈ কৰিবা?

3.23 3.34 চিত্ৰত দুটা ৰোধৰ তুলনাৰ অৰ্থে এটা পটেনচিয়'মিটাৰ বৰ্তনী দেখুৱা হৈছে। R = 10.0 Ω মানক ৰোধৰ বাবে সন্তুলন বিন্দু 58.3 cm ত পোৱা গ'ল; আনহাতে এটা অজ্ঞাত ৰোধ X ৰ বাবে সি হ'ল 68.5 cm। X ৰ মান নিৰ্ণয় কৰা। ε বিদ্যুত চালক বলৰ প্ৰদত্ত কোষটোৱে সন্তুলন বিন্দু প্ৰাপ্ত নহ'লে তুমি কি কৰিবা?



চিত্ৰ 3.34

3.24 3.35 চিত্ৰত এটা 1.5 V কোষৰ অন্তঃৰোধ নিৰূপণৰ উদ্দেশ্যে ব্যৱহৃত হোৱা 2.0 V ৰ পটেনচিয়'মিটাৰ দেখুৱা হৈছে। মুক্ত বৰ্তনীত কোষটো সন্তুলন বিন্দুৰ স্থান 76.3 cm। কোষৰ বৰ্হিবৰ্তনীত 9.5 Ω ৰ ৰোধক এটা ব্যৱহাৰ কৰিলে সন্তুলন বিন্দু পটেনচিয়'মিটাৰৰ তাঁৰৰ 64.8 cm দৈৰ্ঘ্যলৈ স্থানান্তৰিত হয়। কোষটোৰ অন্তঃৰোধ নিৰ্ণয় কৰা।



চিত্ৰ 3.35