

পরিবর্তিত শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যসূচির আলোকে প্রণীত এবং জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড

কর্তৃক অনুমোদিত একাদশ-দ্বাদশ শ্রেণির পাঠ্যপুস্তকের বর্ধিত সংস্করণ

[পুনঃঅনুমোদন স্মারক নং শি.স./১৩২/১৭/৭৩২ তারিখ : ১৩/০৫/২০১৮]

পদাৰ্থবিজ্ঞান

প্ৰথম পত্ৰ

একাদশ-দ্বাদশ শ্রেণি

ৱচনায়

ডষ্ট্ৰ শাহজাহান তপন

বি.এসসি.(অনার্স-প্ৰথম শ্ৰেণি); এম.এসসি. (প্ৰথম শ্ৰেণি);
এম.এড. (প্ৰথম শ্ৰেণিতে প্ৰথম); পিএইচ.ডি. (এম.এস.ইউ)
প্ৰফেসৱ (অব.), পদাৰ্থবিজ্ঞান, শিক্ষা ও গবেষণা ইনসিটিউট, ঢাকা বিশ্ববিদ্যালয়।

মুহুৰ্মুদ আজিজ হাসান

বি.এসসি.(অনার্স), এম.এসসি. (প্ৰথম শ্ৰেণি)

প্ৰফেসৱ (অব.), পদাৰ্থবিজ্ঞান বিভাগ, ইডেন মহিলা
বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, ঢাকা। প্ৰাক্তন অধ্যক্ষ, সৱকাৰি সফৱ
আলী কলেজ, আড়ডাইহাজাৰ, নারায়ণগঞ্জ। প্ৰাক্তন প্ৰভাৱক
ও প্ৰফেসৱ, পদাৰ্থবিজ্ঞান বিভাগ, সৱকাৰি রাজেন্দ্ৰ
বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, ফৱিদপুৰ। প্ৰাক্তন সহযোগী অধ্যাপক,
পদাৰ্থবিজ্ঞান বিভাগ, ইডেন মহিলা বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ,
ঢাকা। প্ৰাক্তন প্ৰভাৱক, সহকাৰী অধ্যাপক ও সহযোগী
অধ্যাপক, পদাৰ্থবিজ্ঞান বিভাগ, সৱকাৰি বি.এল.
বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, দৌলতপুৰ, খুলনা। প্ৰাক্তন সহযোগী
অধ্যাপক, নবাবগঞ্জ সৱকাৰি কলেজ, চাপাই নবাবগঞ্জ।

ডষ্ট্ৰ রানা চৌধুৱী

বি.এসসি.(অনার্স-প্ৰথম শ্ৰেণি);

এম.এসসি. (প্ৰথম শ্ৰেণি);

পিএইচ.ডি. (এম.এস.ইউ)

প্ৰাক্তন সহযোগী ও সহকাৰী অধ্যাপক, পদাৰ্থবিজ্ঞান
বিভাগ, ইডেন মহিলা বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, ঢাকা।
প্ৰাক্তন প্ৰভাৱক, পদাৰ্থবিজ্ঞান বিভাগ, সৱকাৰি রাজেন্দ্ৰ
বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, ফৱিদপুৰ।

পৱিমার্জিত ও বৰ্ধিত সংস্কৱণ, ২০১৯

হাসান বুক হাউস ✎ ঢাকা

প্রকাশক :

হাসান বুক হাউস-এর পক্ষে

ড. ভক্তিময় সরকার

বি.এসসি. (অনার্স), এম.এসসি. (ফার্স্ট ক্লাস), পিএইচ.ডি.

১৫-১৬, প্যারী দাস রোড, বাংলাবাজার, ঢাকা-১১০০

ফোন : ৮৭১১৫০৬২ # ৮৭১১৬১৫১

ঐতিহ্য : সেলিনা শাহজাহান
নাসরিন হাসান
আরেফা চৌধুরী

[এনসিটিবি কর্তৃক পুনঃঅনুমোদিত]

প্রথম প্রকাশ	: জুলাই, ২০১৩
দ্বিতীয় সংক্ররণ	: জুন, ২০১৪
তৃতীয় সংক্ররণ	: মে, ২০১৫
পরিমার্জিত ও বর্ধিত সংক্ররণ	: জুন, ২০১৬
পরিমার্জিত ও বর্ধিত দ্বিতীয় সংক্ররণ	: জুন, ২০১৭
পরিমার্জিত ও বর্ধিত তৃতীয় সংক্ররণ	: মে, ২০১৮
পরিমার্জিত ও বর্ধিত চতুর্থ সংক্ররণ	: জুন, ২০১৯
পুনর্মুদ্রণ	: জানুয়ারি, ২০২০

মূল্য : ৩৪৫.০০ টাকা মাত্র

মুদ্রণে :

মৈত্রী প্রেস এন্ড পাবলিকেশন

২৪/সি শ্রীশ দাস লেন, ঢাকা।



পরিমার্জিত ও বর্ধিত চতুর্থ সংক্রণের ভূমিকা

শ্রদ্ধেয় শিক্ষকমণ্ডলী এবং মেহের শিক্ষার্থীরা সবসময়ই আমাদের পদার্থবিজ্ঞানের বই পছন্দ করেছেন। আল্লাহ-এর অশেষ রহমতে এবারো তার ব্যক্তিগত হয়নি। শ্রদ্ধেয় শিক্ষকমণ্ডলী ও মেহের শিক্ষার্থীদের আগ্রহে পদার্থবিজ্ঞান-প্রথম পত্র বইটির পরিমার্জিত ও বর্ধিত চতুর্থ সংক্রণ প্রকাশিত হলো।

আশা করি, পরিমার্জিত ও বর্ধিত চতুর্থ সংক্রণটি শ্রদ্ধেয় শিক্ষকমণ্ডলী ও মেহের শিক্ষার্থীদের প্রত্যাশা পূরণে সক্ষম হবে। বইখানির উন্নতির ব্যাপারে যেকোনো পরামর্শ ও গঠনমূলক সমালোচনা সাদরে গৃহীত হবে।

জুন, ২০১৯

ধন্যবাদাত্তে—
লেখকবৃন্দ

আমাদের কথা

আলহামদুলিল্লাহ। আল্লাহ-এর অশেষ রহমতে অবশেষে আমাদের পদার্থবিজ্ঞান-প্রথম পত্র বইটি বেরগলো। বইটি পাঠ্যপুস্তক বোর্ড কর্তৃক অনুমোদিত নয়। কেন বইটি অনুমোদন পেল না সেটা আমরা জানি না, আমাদের জানানো হয়নি। আমরা শুনেছি অনুমোদনের জন্য ১৩ খানা বই জমা পড়েছিল। ১০ খানা বই-এর অনুমোদন দেওয়া হয়েছে। আমাদের বইটি সংভবত ১৩তম স্থান অধিকার করেছে। এতদিন প্রথম দিক থেকে প্রথম ছিলাম, এবার শেষ দিক থেকে প্রথম। এরপরও অনেক শিক্ষক, শিক্ষার্থী ও অভিভাবক বিস্মিত হয়ে আমাদেরকে বইটি প্রকাশের অনুরোধ করেন।

পদার্থবিজ্ঞান তথা বিজ্ঞানের সূত্র, তত্ত্ব, ব্যাখ্যা, প্রতিপাদন অঙ্গগতি কারো অনুমোদন-এর উপর নির্ভর করে না। প্রথিবীর শত শত দেশে শত শত বছর ধরে লক্ষ লক্ষ শিক্ষক-শিক্ষিকা কোটি কোটি ছাত্র-ছাত্রীকে কারো অনুমোদন ব্যৱtাই বিজ্ঞান শিক্ষা দিয়ে বিজ্ঞানের অঙ্গগতি তথা সভ্যতাকে আজকের এই পর্যায়ে নিয়ে এসেছেন।

তবে বিভিন্ন রাষ্ট্র তাদের অযোজন, চাহিদা ও সংস্কৃতির নিরিখে বিশ্ববিদ্যালয়ের আগ পর্যন্ত কোন কোন কোন বিষয় কতটুকু শিক্ষা দেওয়া হবে তা সেটা শিক্ষাক্রম (Curriculum) আকারে নির্ধারণ করে দেন। কিন্তু তা কীভাবে পড়ানো হবে, শ্রেণিকক্ষে কীভাবে উপস্থাপনা করা হবে তা এ পর্যায়ের শিক্ষকদের উপরেই নির্ভর করে। আর অভিজ্ঞ শিক্ষক ও ব্যক্তিবর্গ তাদের জ্ঞান ও অভিজ্ঞতার আলোকে শিক্ষক ও শিক্ষার্থীর সুবিধা ও সাহায্যার্থে পুস্তক রচনা করেন। আমাদের দেশেও এতদিন তাই ছিল। বিভিন্ন জন বিভিন্ন পুস্তক রচনা করেছেন। বাংলাদেশে ১৯৯৮ সাল থেকে উচ্চ মাধ্যমিক পর্যায়ে বই-এর অনুমোদনের ব্যাপারটা শুরু হয়।

বাংলা মাধ্যম চালু হওয়ার আগে বিংশ শতাব্দীর বিশের দশকে লেখা বস্তু ও চ্যাটোরীর পদার্থবিজ্ঞান, লাডলি মোহন মিত্রের রসায়ন, এ.পি. মিত্রের জীববিজ্ঞান আর দাশ ও মুখাজীর গণিতের বইগুলো পড়েই এই উপরাহদেশে বিজ্ঞান শিক্ষার প্রসার ঘটেছে। আমরা পেয়েছি বিশ্ববিদ্যালয়ে বিজ্ঞানী থেকে শুরু করে প্রকৌশলী, টেকনিস্ক ও বিভিন্ন বিষয়ের প্রাতঃপুরণীয় শিক্ষকদের।

বাংলা ভাষায় শিক্ষা দান শুরু হলে ড.মুসলিম উদ্দীন, কামিনী মোহন সাহা, তোফাজ্জল হোসেন, নাসির উদ্দীন প্রামাণিক, ড. আবুল কাসেম প্রমুখ পদার্থবিজ্ঞানের উচ্চ মাধ্যমিক স্তরে পাঠ্যপুস্তক রচনা শুরু করেন। পরবর্তীকালে পদার্থবিজ্ঞানের পাঠ্যপুস্তকে আধুনিকতার সূচনা করেন মোহাম্মদ ইসহাক এবং মুক্তমুরী তালুকদার। আয় একই সময়ে ১৯৮২ সাল থেকে আমরা তিনি বস্তু আমাদের শ্রেণিকক্ষে শিক্ষাদানের অভিজ্ঞতার আলোকে, ক্লাস রুমের পঠনের মতো করে এবং চলিত ভাষায় পদার্থবিজ্ঞান-এর পাঠ্যপুস্তক রচনা করি। আল্লাহ-এর অশেষ শুরু যে এরপর থেকে আমাদের বই-এর বিভিন্ন সংকরণ শিক্ষক ও শিক্ষার্থীদের অকৃত সমর্থন লাভ করে। তাদের পরামর্শমতো আমরা নিয়মিত বই-এর উন্নতি সাধনের চেষ্টা করে আসছি। এরপর থেকে পাঠ্যপুস্তক বোর্ডের নিজস্ব যে মাধ্যমিক স্তরের বই আছে, সেখানেও আমরাই অন্যতম প্রণেতা। ১৯৯৬ সালে প্রকাশিত বোর্ডের মাধ্যমিক পদার্থবিজ্ঞান যা ২০১৪ সালের এসএসসি পরীক্ষা পর্যন্ত বলুবৎ থাকে, তা আমাদের তিনি বস্তুরই রচিত। নতুন সিলেবাসে সদ্য প্রকাশিত (২০১৩) মাধ্যমিক পদার্থবিজ্ঞানের বই লেখার জন্য বোর্ড কর্তৃক অনুরূপ হয়ে আমাদের দুজন তাতে অংশ নেন।

এ বইটি বোর্ডে জমা দেওয়া বই-এরই বৰ্ধিত সংক্রণ। আমরা শতাব্দি শিক্ষাক্রম তথা সিলেবাস অনুসরণ করেছি। আমাদের বইয়ে আমরা প্রতিটি অধ্যায়ে শিক্ষাক্রমের শিখন ফল তুলে দিয়েছি এবং কোন অনুচ্ছেদ পাঠ করলে তা অর্জিত হবে সেটা বিবৃত করেছি। বইটি অনুমোদন না হওয়ার পরও যখন আমাদের প্রকাশক সুশিক্ষক ড. ভক্তিময় সরকার বইটি প্রকাশে অঞ্চল প্রকাশ করলেন, তখন আমরা সিলেবাসের অন্তর্ভুক্ত বিষয়বস্তু উপস্থাপনায় ও সাজানোতে, অনুশীলনী তৈরিতে, শিক্ষার্থীর উপলক্ষ্মি, অনুধাবন ও ভবিষ্যৎ উচ্চ শিক্ষার কথা বিবেচনা করে কিছুটা সাধীনতা গ্রহণ করেছি। এই রকম একটি সাহসী সিদ্ধান্ত গ্রহণ করে আমাদের কৃতজ্ঞতাপাশে আবদ্ধ করেছেন ড. ভক্তিময় সরকার। তাকে জানাচ্ছি আমাদের আভ্যন্তরিক ধন্যবাদ। এখন আমাদের দেশের জ্ঞানী ও নিবেদিতপূর্ণ শিক্ষকরা এবং আমাদের দেশ ও জাতির ভবিষ্যৎ আমাদের দেশের প্রেরণ ও মেধাবী শিক্ষার্থীরাই বিবেচনা করবে বইটি বোর্ড কর্তৃক অনুমোদিত শিক্ষাক্রম অনুযায়ী লেখা হয়েছে কীনা? এ বই পড়ে পদার্থবিজ্ঞান উপলক্ষ্মি ও অনুধাবনে, শিক্ষার্থীদের সুপ্ত সৃজনশীলতার বিকাশ ঘটবে কী না?

যদি আমাদের শিক্ষকরা বইটিকে সঠিক মনে করেন আর শিক্ষার্থীরা তাদের চাহিদা পূরণে সক্ষম বলে মনে করে, তাহলে আমরা মনে করবো আমাদের পরিশ্রম সার্থক হয়েছে। বইটির উন্নতির জন্য আপনাদের যেকোনো সমালোচনা, পরামর্শ, সাহায্য ও সহযোগিতা কামনা করছি।

ধন্যবাদাত্তে—
ড. শাহজাহান তপন
মুহম্মদ আজিজ হাসান
ড. রানা চৌধুরী

পাঠ্যসূচি

প্রথম অধ্যায় : ভৌতজগৎ ও পরিমাপ (পিরিয়ড ১৬)

ভৌতজগতের প্রকৃতি, পদার্থবিজ্ঞানের পরিসর ও
বিশ্লেষণের অবদান

পদার্থবিজ্ঞান : ধারণা, সূত্র, নীতি, হীকার্য, অনুকল্প,
তত্ত্ব এর অর্থ।

পদার্থবিজ্ঞান ও অন্যান্য জ্ঞানের জগৎ
রসায়ন, গণিত ও জীববিজ্ঞান, জ্যোতিবিজ্ঞান,
প্রযুক্তির বিভিন্ন শাখা, চিকিৎসাবিজ্ঞান, কৃষি
বিজ্ঞান, সাহিত্য ও সংস্কৃতি, সমাজবিজ্ঞান দর্শন,
খেলাধুলা।

স্থান, সময় ও ভৱ, সনাতনী ধারণা, আধুনিক
ধারণা

গোলিক ও সূক্ষ্ম একক, পরিমাপের মূলনীতি,
পর্যবেক্ষণ ও পরীক্ষণের ক্রমবিকাশ এবং গুরুত্ব

আর্কিমিডিস, গ্যালিলিও, নিউটন, ইয়াঁ, ফ্যারাডে,
বাদারফোর্ড, আইনস্টাইন, ম্যাক্স প্লাঙ

পরিমাপে অংশটি, যান্ত্রিক, পর্যবেক্ষণমূলক,
এলোমেলো, পুনরাবৃত্তিক

পরিমাপ্য রাশির শুন্দররূপ নির্ধারণ

ব্যবহারিক : ফ্রেরেমিটার এর ব্যবহার, নিতির
সাহায্যে দোলন পদ্ধতিতে ভর নির্ণয়

দ্বিতীয় অধ্যায় : ডেট্টের (পিরিয়ড ১০)

ডেট্টের : ধর্ম, চিহ্ন, ডেট্টের প্রকাশ: বল, ঘূর্ণন বল,
কৌণিক ভরবেগ, তল

বিশেষ ডেট্টের : একক ডেট্টের, নাল ডেট্টের, অবস্থান
ডেট্টের, সরণ ডেট্টের

ডেট্টের রাশির জ্যামিতিক যোজন নিয়ম
লবাংশের সাহায্যে ডেট্টের রাশির যোজন ও

বিয়োজন : ত্রিমাত্রিক আয়তাকার বিস্তারের
ডেট্টেরের বিভাজন, ক্ষেল ও গুণন ও ডেট্টের গুণন,
পদার্থবিজ্ঞানে ক্যালকুলাস, ব্যবহার, গুরুত্ব

ডেট্টের ক্যালকুলাস : অস্তরীকরণ, যোগজীকরণ

ডেট্টের অপারেটরের ব্যবহার : প্র্যাডিয়েন্ট,
ডাইভারজেন্স, কার্ল

তৃতীয় অধ্যায় : গতিবিদ্যা (পিরিয়ড ১০)

জড় কাঠামো : পরম গতি, আপেক্ষিক গতি

গতি বর্ণনায় অস্তরীকরণ ও যোগজীকরণের
প্রাথমিক ধারণা, অবস্থান-সময় ও বেগ-সময় ও

লেখচিত্র
প্রক্ষেপকের গতি, পড়স্তুর সূত্র, সুব্রহ্ম বৃত্তীয় গতি

চতুর্থ অধ্যায় : নিউটনীয় বলবিদ্যা (পিরিয়ড ২২)

বলের স্তুতামূলক ধারণা, নিউটনের গতির দ্বিতীয়
সূত্র, নিউটনের গতি সূত্রের ব্যবহার
নিউটনের গতি সূত্রের ব্যবহার

ঘোড়ার গাড়ি, নৌকার গুণটানা, বন্দুকের গুলি
ছোড়া, মহাশূন্যে অভিযান, নিউটনের গতি সূত্রের
সীমাবদ্ধতা

বল, ক্ষেত্র ও প্রাবল্যের ধারণা, রৈখিক ভরবেগের
নিয়ত্যতা

ধারণা, সংরক্ষণশীলতা যাচাই, নিউটনের গতির
তৃতীয় সূত্র ও ভরবেগের নিয়ত্যতা

জড়তার ভ্রামক ও কৌণিক ভরবেগ, কৌণিক
ভরবেগ সংজ্ঞান রাশিমালা

কৌণিক সরণ, কৌণিক বেগ, কৌণিক ত্বরণ

টর্ক : টর্ক, জড়তার ভ্রামক ও কৌণিক ত্বরণ

ব্যবহারিক : একটি ফ্লাই হাইলের জড়তার ভ্রামক
নির্ণয়

কৌণিক ভরবেগের নিয়ত্যতা, কেন্দ্রীয় এবং
কেন্দ্রবিমুখী বল

ধারণা, ব্যবহার, সংঘর্ষ : ধারণা, স্থিতিস্থাপক ও
অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ, একমাত্রিক স্থিতিস্থাপক
সংঘর্ষ ও সমস্যা

পঞ্চম অধ্যায় : কাজ, শক্তি ও ক্ষমতা (পিরিয়ড ১২)

কাজ ও শক্তির সার্বজনীন ধারণা

বল, সরণ এবং কাজ

ছিল বল এবং পরিবর্তনশীল বল

স্থিতিস্থাপক বল ও অভিকর্ষ বল এবং সম্পাদিত
কাজ

গতিশক্তি : গাণিতিক রাশিমালা প্রতিপাদন, সমস্যা
সমাধান

ব্যবহারিক : শ্রী-এর বিভব শক্তি নির্ণয়, শক্তির
নিয়ত্যতার নীতির ব্যবহার : উৎক্ষিণ বস্তুর সর্বোচ্চ
উচ্চতা, সরল ছবিত গতির শক্তি

ক্ষমতা, বল ও বেগ : সংরক্ষণশীল ও
অসংরক্ষণশীল বল, কর্মদক্ষতা

ষষ্ঠ অধ্যায় : মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ (পিরিয়ড ১৫)

পড়স্তুর বস্তুর গ্যালিলিওর সূত্র, ব্যবহারিক, পড়স্তু
বস্তুর গ্যালিলিওর সূত্র যাচাই, গ্রহের গতি সম্পর্কিত
কেপলারের সূত্র, নিউটনের সূত্র হতে কেপলারের সূত্র
মহাকর্ষীয় প্রক্রবণ ও অভিকর্ষ ত্বরণের সম্পর্ক,
মহাকর্ষ সূত্রের ব্যবহার : গোলকের মধ্যে ও বাহিরে
বিভিন্ন স্থানে, মহাকর্ষ : বল, ক্ষেত্র প্রাবল্য, বিভব,
অভিকর্ষীয় ত্বরণের পরিবর্তন, উচ্চতা, আকার,
আহিক গতি

অভিকর্ষ কেন্দ্র, মুক্তিবেগ, মহাকর্ষ সূত্রের ব্যবহার
প্রাকৃতিক' সম্পদের অনুসন্ধান, কৃত্রিম উপগ্রহের
মাধ্যমে যোগাযোগ, বস্তু গবেষণা

সপ্তম অধ্যায় : পদার্থের গাঠনিক ধর্ম (পিরিয়ড ১৬)

পদার্থের আস্তঃআণবিক আকর্ষণ ও বিকর্ষণ বল,
কঠিন, তরল, বায়বীয়

পদার্থের বন্ধন, আয়নিক বন্ধন, সমযোজী বন্ধন,
ধাতব বন্ধন, ভ্যানারওয়ালস বন্ধন

আস্তঃআণবিক বল ও পদার্থের স্থিতিস্থাপকতা,
স্থিতিস্থাপকতা সম্পর্কিত রাশিমালা

স্থিতিস্থাপকতা, নমনীয় বস্তু, পূর্ণ স্থিতিস্থাপক বস্তু,
পূর্ণ দৃঢ় বস্তু, স্থিতিস্থাপক সীমা, অসহ ভার, অসহ

পীড়ন, স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি, বিকৃতি (দৈর্ঘ্য, আকার ও আয়তন), পীড়ন (দৈর্ঘ্য, আকার ও আয়তন)

ছকের সূত্র : পীড়ন-বিকৃতির সম্পর্ক

স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক : ইয়ং-এ স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক, দৃঢ়তার স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক, আয়তনের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক

পয়সনের অনুপাত, ব্যবহারিক : ইয়ং-এর স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক

প্রবাহীর প্রবাহ, ধারণা, স্মোতরেখা প্রবাহ, বিক্ষিপ্ত প্রবাহ

প্রাণিক বেগ : সান্দ্রতা ও সান্দ্রতা গুণাঙ্ক, ঘর্ষণ ও সান্দ্রতা, টেকস্-এর সূত্র, পৃষ্ঠ টান ও পৃষ্ঠ শক্তি, স্পর্শ কোণ

পৃষ্ঠটানের ব্যবহার, পানির তলে পোকামাকড়ের চলাচল, সাবানের ফেনা, গাছে পানির পরিবহন, তরলের পঞ্চে সুইয়ের অবস্থান

অষ্টম অধ্যায় : পর্যাবৃত্তিক গতি (পিরিয়ড ১২)

পর্যাবৃত্ত, স্থানিক পর্যাক্রম, কালিক পর্যাক্রম, পর্যাবৃত্তি গতি, সরল ছন্দিত গতির বলের বৈশিষ্ট্য সরল ছন্দিত গতি সংশ্লিষ্ট রাশি, সরল দোলন গতিসম্পর্ক বস্তুর অন্তরক সমীকরণ

সরল দোলন গতি, ধারণা, অন্তরক সমীকরণ, ব্যবহার

সরল দোলকের গতি, সরল দোলন গতি এবং বৃত্তাকার গতির মধ্যে সম্পর্ক

ব্যবহারিক : স্প্রিং ধ্রুবক নির্ণয়, স্প্রিং এর সাহায্যে ভরের তুলনা

তরঙ্গ (পিরিয়ড ১৪)

তরঙ্গের উৎপত্তি, তরঙ্গ ও শক্তি, তরঙ্গ, আড় তরঙ্গ, লম্বিক তরঙ্গ, অঞ্চলগামী তরঙ্গ

অঞ্চলগামী তরঙ্গ : ধারণা, গাণিতিক রাশিমালা, তরঙ্গের তীব্রতা, ধারণা, গাণিতিক রাশিমালা

উপরিপাতন নীতি, স্থির তরঙ্গ, ধারণা, সৃষ্টির শর্ত, গাণিতিক রাশিমালা

ব্যবহারিক : মেলডির পরীক্ষা, অনুনাদ

শব্দের তীব্রতা ও তীব্রতার লেভেল, বিট, ধারণা, গাণিতিক রাশিমালা

স্বরগাম ও হারমোনিয়ার, সংগীতগুণ বিশ্লেষণে পদার্থবিজ্ঞানের অবদান, সোরগোল ও সংগীতগুণ এবং এদের প্রভাব

দশম অধ্যায় : আদর্শ গ্যাস ও গ্যাসের গতিতত্ত্ব (পিরিয়ড ১৩)

আদর্শ গ্যাস, সূত্র, সমীকরণ

ব্যবহারিক : বামেলের সূত্র যাচাই, গ্যাসের অণুর মৌলিক বৈকার্য, গ্যাসের অণুর আণবিক গতি তত্ত্ব গ্যাসের গতি তত্ত্ব ও আদর্শ গ্যাসের সূত্র, শক্তির সমরিভাজন নীতি, জলীয় বাষ্প ও বায়ুর চাপ

ধারণা, জলীয় বাষ্প ও বায়ুর চাপের সম্পর্ক, শিশিরাঙ্ক ও আপেক্ষিক আন্দৰ্তার সম্পর্ক

ব্যবহারিক : নিউটনের শীতলীকরণ সূত্রের সাহায্যে তরলের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয়।

মান বণ্টন

পদার্থবিজ্ঞান-প্রথম পত্র

তল্লীয় = ৭৫

- ১। ৮টি সৃজনশীল প্রশ্ন থাকবে; ৫টি প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে।
- ২। ২৫টি বহুনির্বাচনি প্রশ্ন থাকবে; সবগুলোর উত্তর দিতে হবে।

$$10 \times 5 = 50$$

$$25 \times 1 = 25$$

$$\text{মোট} = 75$$

ব্যবহারিক = ২৫

- ১। একটি পরীক্ষা

(তত্ত্ব : ৩ নম্বর; যন্ত্রপাতি ব্যবহার ও উপাত্তি সংগ্রহ : ৫ নম্বর এবং উপাত্তের হিসাব ও বিশ্লেষণ : ৮)

- ২। ব্যাখ্যাসহ ফলাফল উপস্থাপনা

- ৩। মৌলিক অভীক্ষা

- ৪। নেট বুক

১২

৫

৫

৩

$$\text{মোট} = 25$$

* প্রতিটি পরীক্ষা দৈবচয়ন (লটারি) এর মাধ্যমে নির্বাচন করতে হবে।

সূচিপত্র

অধ্যায়	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা	অধ্যায়	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা
প্রথম অধ্যায়: ভৌতজগৎ ও পরিমাপ ১-৮৫					
১.১	ভৌতজগতের প্রকৃতি.....	২	৩.১	প্রসঙ্গ কাঠামো.....	১২৯
১.২	পদাৰ্থবিজ্ঞানের পরিসর ও বিশ্লেষক অবদান.....	২	৩.২	জড় এবং অজড় প্রসঙ্গ কাঠামো.....	১২৯
১.৩	পদাৰ্থবিজ্ঞানের কতিপয় বিষয়	৩	৩.৩	পরম স্থিতি ও পরম গতি	১৩০
১.৪	পদাৰ্থবিজ্ঞান ও অন্যান্য জ্ঞানের জগৎ.....	৫	৩.৪	আপেক্ষিক গতি	১৩০
১.৫	স্থান, কাল ও ভৱ.....	৮	৩.৫	গতি বিষয়ক কতগুলো রাশি.....	১৩১
১.৬	পরিমাপের মূলনীতি	৯	৩.৬	অবস্থান-সময় লেখচিত্ৰ	১৩৬
১.৭	মৌলিক ও লৰু রাশি এবং একক.....	১০	৩.৭	বেগ-সময় লেখচিত্ৰ.....	১৩৮
১.৮	মাত্রা	১১	৩.৮	গতি বৰ্ণনায় অন্তৰীকৰণ ও যোগজীকৰণের ব্যবহার : গতিৰ সমীকৰণ প্রতিপাদন	১৩৯
১.৯	বিভিন্ন রাশিৰ সংকেত, একক ও মান লেখার পদ্ধতি	১৫	৩.৯	পড়ত বস্তু	১৪৪
১.১০	পর্যবেক্ষণ ও পরীক্ষণের ত্রুটিৰ ক্রমবিকাশ ও গুৰুত্ব.....	১৬	৩.১০	প্ৰক্ষেপক বা প্ৰাসৈৰ গতি	১৪৯
১.১১	পরিমাপের ত্রুটি.....	১৯	৩.১১	বৃত্তীয় বা বৃত্তাকাৰ গতি	১৫৫
১.১২	পরিমেয় রাশিৰ শুন্দতৰ মান নিৰ্ধাৰণ	২২	৩.১২	সুষম বৃত্তাকাৰ গতিতে কেন্দ্ৰমুখী ত্বৰণ.....	১৬০
১.১৩	তাৎপৰ্যপূৰ্ণ অক্ষ.....	২৪		সার-সংক্ষেপ	১৬৩
১.১৪	পরিমাপের কয়েকটি যন্ত্ৰ.....	২৫		গাণিতিক উদাহৰণ.....	১৬৪
১.১৫	ব্যবহাৰিক সার-সংক্ষেপ.....	২৯		অনুশীলনী	১৮৫
	গাণিতিক উদাহৰণ	৩৪			
	অনুশীলনী.....	৩৫			
দ্বিতীয় অধ্যায় : ভেট্টৰ.....৮৬-১২৭					
২.১	ভেট্টৰ রাশি ও ক্ষেলার রাশি	৮৭	৮.১	বলেৰ স্বজ্ঞামূলক ধাৰণা.....	২২০
২.২	ভেট্টৰ রাশিৰ কয়েকটি বিশেষ উদাহৰণ.....	৮৭	৮.২	মৌলিক বল	২২২
২.৩	ভেট্টৰ রাশিৰ প্ৰকাশ	৮৮	৮.৩	নিউটনৰ গতিসূত্ৰ.....	২২৪
২.৪	কতিপয় ভেট্টৰ.....	৮৮	৮.৪	নিউটনৰ প্ৰথম গতি সূত্ৰ	২২৪
২.৫	ভেট্টৰ বীজগণিত : ভেট্টৰেৰ যোগ ও বিয়োগ	৫১	৮.৫	নিউটনৰ দ্বিতীয় গতি সূত্ৰ : বলেৰ পৰিমাপ	২২৫
২.৬	ভেট্টৰেৰ বিভাজন	৫৭	৮.৬	নিউটনৰ তৃতীয় গতি সূত্ৰ ও রৈখিক ভৱেগেৰে নিয়তা	২২৭
২.৭	ভেট্টৰেৰ ত্ৰিমাত্ৰিক উপাংশ ও ভেট্টৰ বীজগণিত	৫৯	৮.৭	ভৱেগেৰে নিয়তা বা সংৰক্ষণ	২২৮
২.৮	ভেট্টৰেৰ গুণন	৬৩	৮.৮	নিউটনৰ গতিসূত্ৰ ও ভৱেগেৰে নিয়তা সূত্ৰেৰ কয়েকটি ব্যবহাৰ	২২৯
২.৯	ক্ষেলার গুণন : ক্ষেলার গুণফল বা ডট গুণফল	৬৪	৮.৯	নিউটনৰ গতি সূত্ৰসমূহেৰ পাৰম্পৰিক সম্পর্ক	২৩২
২.১০	ভেট্টৰ গুণন : ভেট্টৰ গুণফল বা ক্ৰস গুণফল	৬৬	৮.১০	নিউটনৰ গতি সূত্ৰেৰ সীমাবদ্ধতা	২৩৩
২.১১	ক্যালকুলাস : গণিতেৰ একটি শাখা.....	৭০	৮.১১	বল, ক্ষেত্ৰ ও প্ৰাৰ্বল্য	২৩৩
২.১২	ভেট্টৰ ক্যালকুলাস.....	৭৫	৮.১২	ঘৰ্ণন গতি	২৩৪
	সার-সংক্ষেপ.....	৮০	৮.১৩	জড়তাৰ ভ্ৰামক	২৩৫
	গাণিতিক উদাহৰণ	৮১	৮.১৪	জড়তাৰ ভ্ৰামক সংক্ৰান্ত দৃষ্টি উপপাদ্য	২৩৬
	অনুশীলনী.....	১০০	৮.১৫	কৌণিক ভৱেগ	২৪৩
			৮.১৬	টৰ্ক	২৪৫
			৮.১৭	টৰ্ক ও কৌণিক ত্বৰণেৰ সম্পর্ক : $T = I\alpha$	২৪৬
			৮.১৮	ব্যবহাৰিক	২৪৭
			৮.১৯	ঘৰ্ণন গতিৰ ক্ষেত্ৰে নিউটনৰ গতিসূত্ৰেৰ রূপ	২৫০

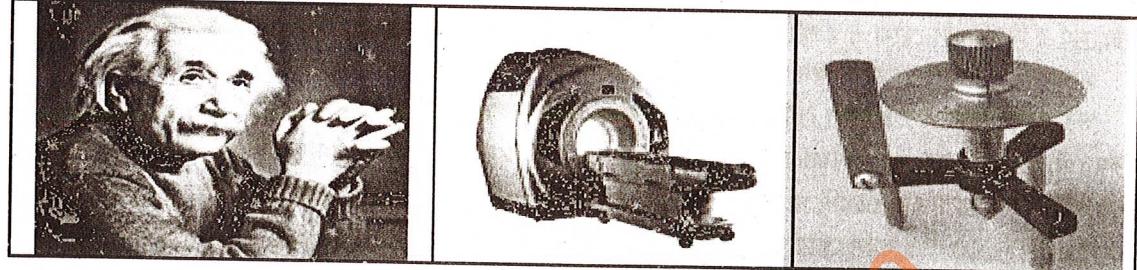
অধ্যায়	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা	অধ্যায়	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা
৪.২০	কৌণিক ভরবেগের নিয়ত্যা বা সংরক্ষণ সূত্র ...	২৫০	৬.৩	মহাকর্ষ.....	৩৯১
৪.২১	কেন্দ্রমুখী বল ও কেন্দ্রবিমুখী বল.....	২৫১	৬.৪	নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র	৩৯১
৪.২২	কেন্দ্রমুখী বল ও কেন্দ্রবিমুখী বলের ব্যবহার : যানবাহন ও রাস্তার বাঁক.....	২৫৩	৬.৫	ঝরের গতি সংক্রান্ত কেপলারের সূত্র.....	৩৯২
৪.২৩	সংঘর্ষ.....	২৫৬	৬.৬	নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র থেকে কেপলারের সূত্রের গাণিতিক রাশিমালা প্রতিপাদন.....	৩৯৩
৪.২৪	ঘর্ষণ	২৫৯	৬.৭	অভিকর্ষ ও অভিকর্ষজ ত্বরণ	৩৯৪
৪.২৫	স্থিতি ঘর্ষণ ও সীমান্তিক ঘর্ষণ.....	২৬০	৬.৮	অভিকর্ষজ ত্বরণ g এর পরিবর্তন	৩৯৫
৪.২৬	গতীয় ঘর্ষণ	২৬২	৬.৯	আভিকর্ষ কেন্দ্র বা ভারকেন্দ্র.....	৩৯৯
৪.২৭	আবর্ত ঘর্ষণ	২৬২	৬.১০	মহাকর্ষীয় ক্ষেত্র.....	৮০১
৪.২৮	প্রবাহী ঘর্ষণ	২৬৩	৬.১১	মহাকর্ষ সূত্রের প্রয়োগ	৮০৫
৪.২৯	ঘর্ষণের সুবিধা ও অসুবিধা.....	২৬৩	৬.১২	মুক্তি বেগ	৮০৮
	সার-সংক্ষেপ	২৬৪	৬.১৩	মহাকর্ষ সূত্রের ব্যবহার.....	৮০৯
	গাণিতিক উদাহরণ	২৬৫		সার-সংক্ষেপ	৮১৪
	অনুশীলনী.....	২৮৯		গাণিতিক উদাহরণ.....	৮১৫
	পঞ্চম অধ্যায় : কাজ, শক্তি ও ক্ষমতা.....	৩২০-৩৮৭		অনুশীলনী	৮২৭
৫.১	কাজ ও শক্তির সার্বজনীন ধারণা	৩২১			
৫.২	কাজ	৩২২			
৫.৩	ধ্রুব বল দ্বারা সম্পাদিত বা কৃতকাজ.....	৩২২			
৫.৪	পরিবর্তনশীল বল দ্বারা কৃতকাজ.....	৩২৫			
৫.৫	স্থিতিস্থাপক বলের ($F \propto x$) বিপরীত কৃত কাজ	৩২৮			
৫.৬	অভিকর্ষ বলের ($F \propto \frac{1}{r^2}$) বিপরীতে কাজ ...	৩৩০			
৫.৭	স্থিতিস্থাপক বল ও অভিকর্ষ বলের বিপরীতে সম্পাদিত কাজের তুলনা	৩৩৩			
৫.৮	শক্তি	৩৩৩			
৫.৯	যান্ত্রিক শক্তি	৩৩৪			
৫.১০	গতিশক্তি	৩৩৪			
৫.১১	বিভব শক্তি বা স্থিতি শক্তি	৩৩৬			
৫.১২	ব্যবহারিক	৩৩৮			
৫.১৩	সংরক্ষণশীল বল ও অসংরক্ষণশীল বল	৩৩৯			
৫.১৪	শক্তির নিয়ত্যা সূত্র বা সংরক্ষণশীলতা নীতি	৩৪০			
৫.১৫	শক্তির নিয়ত্যাতার নীতির ব্যবহার.....	৩৪১			
৫.১৬	ক্ষমতা	৩৪৩			
৫.১৭	কর্মদক্ষতা	৩৪৪			
	সার-সংক্ষেপ	৩৪৬			
	গাণিতিক উদাহরণ	৩৪৬			
	অনুশীলনী.....	৩৬৪			
	ষষ্ঠ অধ্যায় : মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ ...	৩৮৮-৪৫০			
৬.১	পড়স্ত বস্তু.....	৩৮৮			
৬.২	ব্যবহারিক	৩৮৯			
	সপ্তম অধ্যায় : পদার্থের গঠনিক ধর্ম	৪৫১-৫২৭			
৭.১	পদার্থের আন্তঃআণবিক বল	৪৫২			
৭.২	পদার্থের তিনি অবস্থা : কঠিন, তরল ও বায়বিয়া.....	৪৫২			
৭.৩	পদার্থের বস্থন	৪৫৩			
৭.৪	স্থিতিস্থাপকতা.....	৪৫৫			
৭.৫	পদার্থের স্থিতিস্থাপক ধর্ম ও আন্তঃআণবিক বল.....	৪৫৭			
৭.৬	বিভিন্ন প্রকার বিকৃতি ও পীড়ন.....	৪৫৭			
৭.৭	হকের সূত্র	৪৫৯			
৭.৮	পীড়ন-বিকৃতি লেখচিত্র	৪৬০			
৭.৯	স্থিতিস্থাপকতার বিভিন্ন গুণাঙ্ক.....	৪৬১			
৭.১০	পয়সনের অনুপাত	৪৬৩			
৭.১১	ইস্পাত রবারের চেয়ে বেশি স্থিতিস্থাপক	৪৬৪			
৭.১২	ব্যবহারিক	৪৬৬			
৭.১৩	প্রবাহীর প্রবাহ	৪৬৮			
৭.১৪	সান্দুতা	৪৬৯			
৭.১৫	ঘর্ষণ ও সান্দুতা.....	৪৬৯			
৭.১৬	সান্দুতা সহগ বা সান্দুতাঙ্ক বা সান্দুতা গুণাঙ্ক.....	৪৭০			
৭.১৭	ষ্টোক্সের সূত্র.....	৪৭২			
৭.১৮	অন্ত্যবেগ বা প্রাপ্তিক বেগ	৪৭৩			
৭.১৯	সান্দুতা সংক্রান্ত ঘটনাবলি	৪৭৪			
৭.২০	পৃষ্ঠাটান	৪৭৪			
৭.২১	পৃষ্ঠাটানের আণবিক তত্ত্ব.....	৪৭৫			
৭.২২	পৃষ্ঠাশক্তি	৪৭৬			
৭.২৩	স্পর্শ কোণ	৪৭৮			

অধ্যায়	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা	অধ্যায়	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা
৭.২৪	পৃষ্ঠাটান সম্পর্কিত কয়েকটি ঘটনা	৮৮২	৯.১৮	স্বরহাম	৬১৩
	সার-সংক্ষেপ.....	৮৮৩	৯.১৯	সঙ্গীত গুণ বিশ্লেষণে পদাৰ্থবিজ্ঞানের অবদান....	৬১৫
	গাণিতিক উদাহৰণ	৮৮৬	৯.২০	নয়েজ ও সঙ্গীত গুণ এবং এদের প্ৰভাৱ	৬১৫
	অনুশীলনী.....	৫০২	৯.২১	তাৰেৱ কম্পন.....	৬১৫
অষ্টম অধ্যায় : পৰ্যাবৃত্তিক গতি	৫২৮-৫৯০		৯.২২	টানা তাৰে আড় কম্পনেৱ সূত্ৰাবলি.....	৬১৬
৮.১	পৰ্যাবৃত্তি.....	৫২৯	৯.২৩	বাযুস্তুতেৱ কম্পন.....	৬১৮
৮.২	পৰ্যাবৃত্ত গতি.....	৫২৯	৯.২৪	বন্ধ নলে বাযুস্তুতেৱ কম্পন.....	৬১৮
৮.৩	সৱল দোলন গতি বা সৱল দোল গতি বা সৱল ছন্দিত গতি.....	৫৩০	৯.২৫	খোলা নলে বাযুস্তুতেৱ কম্পন	৬১৯
৮.৪	সৱল দোলন গতিৰ অন্তৱৰক বা ব্যবকলনীয় সমীকৰণ	৫৩১	৯.২৬	ব্যবহাৱিক.....	৬২০
৮.৫	সৱল দোলন গতিৰ অন্তৱৰক সমীকৰণেৱ সমাধান	৫৩২		সার-সংক্ষেপ	৬২৩
৮.৬	সৱল দোলন গতি সংক্রান্ত বিভিন্ন রাশি.....	৫৩০		গাণিতিক উদাহৰণ	৬২৫
৮.৭	সৱল দোলন গতিৰ ক্ষেত্ৰে শক্তি	৫৩৬		অনুশীলনী	৬৪৪
৮.৮	সৱল দোলন গতিৰ ব্যবহাৱ	৫৪০	দশম অধ্যায় : আদৰ্শ গ্যাস ও গ্যাসেৱ গতিতত্ত্ব	৬৭৩-৭৪৪	
৮.৯	উলংঘ স্প্ৰিং-এৱ দোলন	৫৪০	১০.১	আদৰ্শ গ্যাস	৬৭৪
৮.১০	সৱল দোলক	৫৪২	১০.২	গ্যাস সূত্ৰাবলি	৬৭৪
৮.১১	সৱল দোলন গতি ও বৃত্তাকাৱ গতিৰ সম্পৰ্ক.....	৫৪৮	১০.৩	প্ৰমাণ তাৰমাত্ৰা ও চাপ	৬৭৭
৮.১২	ব্যবহাৱিক	৫৪৯	১০.৪	আদৰ্শ গ্যাস সমীকৰণ বা গ্যাস সূত্ৰাবলিৰ সমৰ্থন $PV = nRT$	৬৭৮
	সার-সংক্ষেপ	৫৫৪	১০.৫	গ্যাস ধৰকেৱ মান	৬৭৯
	গাণিতিক উদাহৰণ	৫৫৬	১০.৬	তাৰমাত্ৰা ও চাপেৱ সাথে গ্যাসেৱ ঘনত্বেৱ গাণিতিক পৰিস্থিতিস্থিতি	৬৮০
	অনুশীলনী	৫৭১	১০.৭	ব্যবহাৱিক-১	৬৮১
নবম অধ্যায় : তৱঙ্গ	৫৯১-৬৭২		১০.৮	গ্যাসেৱ অণুৱ মৌলিক স্বীকাৰ্যসমূহ	৬৮৩
৯.১	তৱঙ্গেৱ উৎপত্তি	৫৯২	১০.৯	গ্যাসেৱ আণবিক গতিতত্ত্ব	৬৮৪
৯.২	তৱঙ্গ ও শক্তি	৫৯২	১০.১০	গড়বেগ, গড়বৰ্ণ বেগ, মূল গড় বৰ্গবেগ এবং সৰ্বাধিক সম্ভাব্য বেগ	৬৮৪
৯.৩	তৱঙ্গ সংক্রান্ত কতিপয় রাশি	৫৯৩	১০.১১	আদৰ্শ গ্যাসেৱ চাপেৱ রাশিমালা	৬৮৫
৯.৪	তৱঙ্গ বেগ, কম্পাক্ষ ও তৱঙ্গদৈৰ্ঘ্যেৱ মধ্যে সম্পৰ্ক : $v = f\lambda$	৫৯৪	১০.১২	গ্যাসেৱ গতিতত্ত্ব ও আদৰ্শ গ্যাসেৱ সূত্ৰ	৬৮৮
৯.৫	তৱঙ্গেৱ প্ৰকাৰভেদে	৫৯৪	১০.১৩	গড় মুক্ত পথ বা গড় নিৰ্বাখ দূৰত্ব	৬৯০
৯.৬	অঞ্চলগামী তৱঙ্গ বা চলমান তৱঙ্গ	৫৯৬	১০.১৪	স্বাধীনতাৰ মাত্রা	৬৯২
৯.৭	তৱঙ্গেৱ উপরিপাতন	৫৯৭	১০.১৫	শক্তিৰ সমৰ্বিভাজন নীতি	৬৯২
৯.৮	হিল তৱঙ্গ	৫৯৯	১০.১৬	বাপ্প ও গ্যাস	৬৯৩
৯.৯	মুক্ত কম্পন ও পৱৰণ কম্পন	৬০১	১০.১৭	সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত বাপ্পচাপ	৬৯৪
৯.১০	অনুশীলন	৬০২	১০.১৮	জলীয় বাষ্পেৱ চাপ ও বায়ুৱ চাপেৱ সম্পৰ্ক	৬৯৫
৯.১১	তৱঙ্গেৱ তীব্ৰতা	৬০৩	১০.১৯	আৰ্দ্বতা	৬৯৬
৯.১২	প্ৰমাণ তীব্ৰতা ও তীব্ৰতা লেভেল	৬০৫	১০.২০	আৰ্দ্বতামাপক যন্ত্ৰ ও আৰ্দ্বতা নিৰ্ণয়	৬৯৮
৯.১৩	বিট বা স্বৰকম্প	৬০৮	১০.২১	আৰ্দ্বতামিতি সংক্রান্ত কয়েকটি ঘটনা	৭০০
৯.১৪	বিট গঠনেৱ কোশল	৬০৮	১০.২২	ব্যবহাৱিক-২	৭০১
৯.১৫	বিটেৱ গাণিতিক বিশ্লেষণ	৬০৯		সার-সংক্ষেপ	৭০৩
৯.১৬	সুশ্ৰাব্য শব্দ	৬১১		গাণিতিক উদাহৰণ	৭০৫
৯.১৭	হাৰমোনিক এবং স্বৰহাম	৬১২		অনুশীলনী	৭২৩
	বিভিন্ন বোর্ডেৱ প্ৰশ্নাবলি	...			



ভৌতিকগৎ ও পরিমাপ

PHYSICAL WORLD & MEASUREMENT



পদাৰ্থবিজ্ঞান প্ৰকৃতি ও প্ৰকৃতিৰ নানা ঘটনা বা প্ৰতিভাসকে নিয়ে আলোচনা কৰে। অন্য কথায়, পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ আলোচ্য বিষয় পদাৰ্থ ও শক্তি এবং এদেৱ পৰম্পৰেৱেৰ রূপান্তৰ। পদাৰ্থবিজ্ঞান পৰ্যবেক্ষণ, পৰিমাপ ও পৰীক্ষণেৰ মাধ্যমে আবিষ্কাৰ কৰেছে নানান ধাৰণা, সূত্ৰ, নীতি ও তত্ত্ব। পদাৰ্থবিজ্ঞান একটি মৌলিক বিজ্ঞান। বিজ্ঞানেৰ এমন কোনো শাখা নেই যা এই বিজ্ঞানেৰ সূত্ৰ, নীতি বা তত্ত্ব দ্বাৱা উপৰ্যুক্ত হয়নি। পদাৰ্থবিজ্ঞান প্ৰকৃতিৰ সূত্ৰগুলো বৰ্ণনা কৰে। এ বৰ্ণনা সংখ্যাগত এবং এৰ জন্য পৰিমাপ প্ৰয়োজন। এ অধ্যায়ে আমৰা ভৌতিকগতেৰ প্ৰকৃতি, পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ পৰিসৱ ও বিশ্লেষক অবদান, অন্যান্য বিজ্ঞানেৰ সাথে এৰ সম্পর্ক, পদাৰ্থবিজ্ঞানে পৰ্যবেক্ষণ ও পৰীক্ষণেৰ ক্ৰমবিকাশ ও গুৱান্ত, স্থান, কাল ও ভৱ সম্পর্কে চিৰায়ত ও আধুনিক ধাৰণা, পৰিমাপ, পৰিমাপেৰ একক, পৰিমাপেৰ ক্ৰটি ইত্যাদি নিয়ে আলোচনা কৰবো।

প্ৰধান শব্দসমূহ :

ভৌতিকগৎ, মনোজগৎ, বলবিজ্ঞান, তাপ ও তাপগতিবিজ্ঞান, শব্দবিজ্ঞান, আলোকবিজ্ঞান, তড়িতচৌম্বক-বিজ্ঞান, আধুনিক পদাৰ্থবিজ্ঞান, ইলেক্ট্ৰনিক্স, ধাৰণা বা প্ৰত্যয়, সূত্ৰ, নীতি, স্বীকাৰ্য, তত্ত্ব, অনুকল্প, পৰিমাপ, পৰিমাপেৰ একক, মৌলিক একক, লক্ষ একক, পৰিমাপেৰ ক্ৰটি।

এ অধ্যায় পাঠ শেষে শিক্ষার্থীৱা—

ক্ৰমিক নং	শিখনফল	অনুচ্ছেদ
১	ভৌতিকগতেৰ প্ৰকৃতি ব্যাখ্যা কৰতে পাৰবো।	১.১
২	পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ পৰিসৱ এবং এৰ উদ্দীপক অবদান ব্যাখ্যা কৰতে পাৰবো।	১.২
৩	পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ ব্যবহৃত বিভিন্ন ধাৰণা, সূত্ৰ, নীতি, স্বীকাৰ্য, অনুকল্প এবং তত্ত্বেৰ অৰ্থ উপলক্ষি ও ব্যাখ্যা কৰতে পাৰবো।	১.৩
৪	পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ সাথে জ্ঞানেৰ বিভিন্ন শাখাৰ সম্পর্ক বিশ্লেষণ কৰতে পাৰবো।	১.৪
৫	স্থান, সময়, ভৱ এবং বিভিন্ন প্ৰতিভাসেৰ কাৰ্যকাৱণ সম্পর্ক ব্যাখ্যা কৰতে পাৰবো।	১.৫
৬	পৰিমাপেৰ মূলনীতি ব্যাখ্যা কৰতে পাৰবো।	১.৬
৭	মৌলিক ও লক্ষ এককেৰ মধ্যে সম্পৰ্ক স্থাপন কৰতে পাৰবো।	১.৭
৮	পৰ্যবেক্ষণ ও পৰীক্ষণেৰ ক্ৰমবিকাশ ও গুৱান্ত ব্যাখ্যা কৰতে পাৰবো।	১.১০
৯	পৰিমাপেৰ ক্ৰটি ব্যাখ্যা কৰতে পাৰবো।	১.১১
১০	পৰিমাপযোগ্য রাশিৰ শুন্দতৰ মান নিৰ্ধাৰণেৰ কৌশল প্ৰয়োগ কৰতে পাৰবো।	১.১২
১১	ব্যবহাৰিক :	১.১৪
	<ul style="list-style-type: none"> ○ ফ্ৰেয়ামিটাৰ ব্যবহাৰ কৰে গোলীয় তলেৰ বক্ৰতাৰ ব্যাসাৰ্ধ পৰিমাপ কৰতে পাৰবো। ○ নিতিৰ সাহায্যে দোলন পদ্ধতিতে বস্তুৰ ভৱ নিৰ্গত কৰতে পাৰবো। 	

১.১। ভৌতজগতের প্ৰকৃতি

Nature of Physical World

আমৱা দুটি জগতেৰ সাথে পৱিচিত—একটি হলো ভৌতজগৎ অপৱাটি মনোজগৎ। আমাদেৱ চাৰপাশেৰ প্ৰকৃতি বৈচিত্ৰ্যময়। এতে আছে বিভিন্ন রকমেৰ বস্তু, ঘটছে নানান রকম ঘটনা। মাটি, বায়ু, বালি, পানি, চন্দ্ৰ, সূৰ্য, গ্ৰহ, নক্ষত্ৰ, পদাৰ্থেৰ অতিক্ষুদ্ৰ অণু, পৱমাণু, ইলেকট্ৰন, প্ৰোটন, নিউট্ৰন ইত্যাদি ভৌতজগতেৰ অংশ। এছাড়া কোনো বস্তুকে ঘষে উত্তপ্ত কৱা, সূৰ্য ও নিউক্লিয়াস থেকে প্ৰাণ শক্তি, সূৰ্যগহণ, চন্দ্ৰগহণ, খতু পৱিবৰ্তন ইত্যাদি অনেক ঘটনা ভৌতজগতেৰ অন্তৰ্গত।

মনোজগতে রয়েছে আমাদেৱ মন, আমাদেৱ আবেগ, অনুভূতি, স্মেহ-মতা, প্ৰেম-ভালোবাসা, আনন্দ-বেদনা ইত্যাদি।

তৰ, স্থান, শক্তি প্ৰভৃতি হলো ভৌতজগতেৰ উপাদান। ভৌতজগতেৰ প্ৰধান বৈশিষ্ট্য হলো, এজগতে পৱিমাপ হলো পৱম (absolute) এবং পৱিমাণবাচক। এ পৱিমাপ সংখ্যায় প্ৰকাশযোগ্য। এখানে যেমন অতিক্ষুদ্ৰ কণাৰ তৰ, আয়তন, দ্ৰুতি, জীবনকাল মাপা যায় তেমনি পৱিমাপ কৱা যায় অতিবৃহৎ বস্তুৰ তৰ, আয়তন, দ্ৰুতি। এসবেৰ মান অতিক্ষুদ্ৰ যেমন 10^{-15} m দৈৰ্ঘ্য, 10^{-43} s সময় থেকে অতিবৃহৎ দৈৰ্ঘ্য্য যেমন 10^{26} m এবং সময় 10^{15} s হতে পাৱে। ভৌতজগতে ঘটনা ৰেখাৰেখ ঘটনা পৰ্যবেক্ষণ কৱে এসব সূত্ৰ দেওয়া হয়েছে। এসব সূত্ৰেৰ মধ্যে উল্লেখযোগ্য হলো আৰ্কিমিডিসেৰ কোনো বস্তুৰ ভাসনেৰ সূত্ৰ, গ্যালিলিওৰ পড়ত বস্তুৰ সূত্ৰ, নিউটনেৰ গতিসূত্ৰ, নিউটনেৰ মহাকৰ্ষ সূত্ৰ, বয়েলেৰ সূত্ৰ, চাৰ্লসেৰ সূত্ৰ, ও'মেৰ সূত্ৰ, ফ্যারাডেৰ সূত্ৰ, প্ল্যাকেৰ সূত্ৰ, আইনষ্টাইনেৰ আপেক্ষিক তত্ত্ব ইত্যাদি। ভৌতজগতকে অধ্যয়নেৰ জন্য বিভিন্ন ভাগে ভাগ কৱে অধ্যয়ন কৱা হয়। এগুলো প্ৰধানত-পদাৰ্থবিজ্ঞান, রসায়ন, গণিত, আৰহাওয়া বিজ্ঞান, ভূতত্ত্ব ইত্যাদি।

১.২। পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ পৱিসৱ ও বিস্ময়কৰ অবদান

Scope and Astonishing Contribution of Physics

আমাদেৱ বৰ্তমান জ্ঞানেৰ আলোকে বলা যায়, যে বিজ্ঞান পদাৰ্থ ও শক্তি এবং পদাৰ্থকে শক্তিতে রূপান্তৰ ও শক্তিকে পদাৰ্থে রূপান্তৰ নিয়ে আলোচনা কৱে তাকে পদাৰ্থবিজ্ঞান বলে। সুতৰাং বিজ্ঞানেৰ যে শাখায় পদাৰ্থ, শক্তি এবং পদাৰ্থ ও শক্তিৰ সমতুল্যতা নিয়ে আলোচনা কৱা হয় তাকে পদাৰ্থবিজ্ঞান বলা হয়। পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ মূল লক্ষ্য হচ্ছে পৰ্যবেক্ষণ, পৱীক্ষণ ও বিশ্লেষণেৰ আলোকে পদাৰ্থ ও শক্তিৰ রূপান্তৰ ও তাদেৱ সম্পৰ্ক উদঘাটন এবং পৱিমাণগতভাৱে তা প্ৰকাশ কৱা।

বিজ্ঞানেৰ যে শাখা পদাৰ্থ ও শক্তি নিয়ে আলোচনা কৱে তাকে পদাৰ্থবিজ্ঞান বলা হলেও আসলে প্ৰকৃতি, প্ৰাকৃতিক ঘটনা ও সূত্ৰ নিয়ে যে বিজ্ঞান আলোচনা কৱে তাই পদাৰ্থবিজ্ঞান। ফ্ৰিক শব্দ fusing (ফুসিস) থেকে পদাৰ্থবিজ্ঞান কথাটি এসেছে। ফ্ৰিক ভাষায় ফুসিস শব্দেৰ অৰ্থ প্ৰকৃতি। আমাদেৱ দৈনন্দিন জীবনে আমৱা বিভিন্ন ভৌত ঘটনাৰ সাথে পৱিচিত। যেমন প্ৰতিদিন সূৰ্য ওঠা ও অস্ত যাওয়া, আকাশে মেঘ তৈৰি ও বৃষ্টি হওয়া, বছৰেৰ বিভিন্ন সময়ে খতু পৱিবৰ্তন, কাৰ্ঠ-কয়লাৰ দহন ও তাপ উৎপাদন, কোনো বস্তুৰ গতি, সূৰ্যগহণ, চন্দ্ৰগহণ ইত্যাদি। পৰ্যবেক্ষণেৰ ভিত্তিতে এই সকল বিভিন্ন ভৌত ঘটনাৰ ব্যাখ্যা দেয়া হয়েছে। প্ৰকৃতিৰ বহু জটিল ঘটনাকে আমৱা সৱল নিয়ম দ্বাৰা প্ৰকাশ কৱতে পাৱি। যেমন একটি সহজ নিয়ম হলো : চন্দ্ৰ ও পৃথিবীৰ গতিৰ কাৰণে কোনো সময় যদি চন্দ্ৰ পৃথিবী ও সূৰ্যেৰ মাৰো এসে পড়ে তাহলে সূৰ্যগহণ হয়।

পদাৰ্থবিজ্ঞানে আমৱা নানান রকম ভৌত ঘটনা ও অভিজ্ঞতা নিয়ে কাজ কৱি। এসব ঘটনা বিস্ময়কৰ, আৰাৰ শিক্ষামূলকও। গাছ থেকে আপেল পড়া আমাদেৱ মহাকৰ্ষেৰ দিকে চালিত কৱি। পানিৰ ফোঁটা আমাদেৱ পৃষ্ঠাটোন বুবাতে শিক্ষামূলকও। বাপ্সেৰ তাপশক্তি ইঞ্জিন চালায়। ঢোল বাজালে কপ্পনেৰ ফলে শব্দ উৎপন্ন হয়। নক্ষত্ৰ থেকে আসা আলো নক্ষত্ৰ সম্পর্কে আমাদেৱ জানতে সহায়তা কৱি। তড়িতেৰ জানতো আমাদেৱ বৰ্তমান সভ্যতাৰ তথা দৈনন্দিন জীবন যাপন প্ৰণালিৰ মূল ভিত্তি। তড়িৎ ছাড়া আমৱা কিছুই কল্পনা কৱতে পাৱি না। এ ছাড়াও আৱও অনেক রকম বিস্ময় নিয়ে আমৱা পদাৰ্থবিজ্ঞানে কাজ কৱি। বিজ্ঞানেৰ চাবিকাঠি হলো পদাৰ্থবিজ্ঞান। বিজ্ঞানেৰ একটি মৌলিক শাখা পদাৰ্থবিজ্ঞান যা বিজ্ঞানেৰ অন্যান্য শাখাৰ ভিত্তি তৈৰি কৱেছে।

বিজ্ঞানের এমন কোনো শাখা খুঁজে পাওয়া দুষ্কর যেখানে পদার্থবিজ্ঞানের অবদান নেই। কৃষিবিজ্ঞান, চিকিৎসাবিজ্ঞান, প্রকৌশলবিজ্ঞান, আবহাওয়াবিজ্ঞান, জ্যোতির্বিজ্ঞান, সমুদ্রবিজ্ঞান, জীববিজ্ঞান ইত্যাদিতে পদার্থবিজ্ঞানের পদ্ধতি ও যন্ত্রপাতির ব্যবহার রয়েছে। পঠন পাঠনের সুবিধার জন্য পদার্থবিজ্ঞানকে আমরা প্রধানত নিম্নোক্ত শাখাগুলোতে ভাগ করতে পারি। (১) বলবিজ্ঞান, (২) তাপ ও তাপগতিবিজ্ঞান, (৩) শব্দ বিজ্ঞান, (৪) আলোকবিজ্ঞান, (৫) তাড়িতচৌমুকবিজ্ঞান, (৬) কঠিন অবস্থার পদার্থবিজ্ঞান, (৭) আধুনিক পদার্থবিজ্ঞান, (৮) ইলেকট্রনিক্স ইত্যাদি।

বলবিজ্ঞান পদার্থের (যেমন কঠিন, তরল ও বায়বীয় পদার্থ) বিভিন্ন সূত্রের সাথে জড়িত। বলবিজ্ঞান জড়তা, গতি, বল ইত্যাদি সংক্রান্ত ধারণা আলোচনা করে।

তাপ ও তাপগতিবিজ্ঞানে আলোচ্য বিষয় তাপমাত্রার পার্থক্যের দরুণ তাপের সঞ্চালন বা প্রবাহ, তাপকে কাজে রূপান্তরের মাধ্যমে তাপীয় ইঞ্জিনের সৃষ্টি ইত্যাদি।

শব্দবিজ্ঞান আলোচনা করে শব্দের উৎপত্তি, সংগৱলন, বিভিন্ন মাধ্যমে শব্দের দ্রুতি, শব্দের ব্যবহার এবং শব্দ দূরণ।

আলোকবিজ্ঞান পাঠে জানা যায় আমরা কেন দেখতে পাই, হীরকের দুর্তি কী করে হয়, আলো কীভাবে সঞ্চালিত হয়। বিভিন্ন আলোকীয় যন্ত্র আমাদের বিভিন্ন কাজে কীভাবে সহায়তা করে।

তাড়িতচৌমুকবিজ্ঞানের আলোচ্য বিষয় স্থির ও গতিশীল আধার, তড়িৎ ও চোমকক্ষেত্রের পারস্পরিক সম্পর্ক। তড়িৎ ও চুম্বকের মৌলিক সূত্রাবলি, তাদের ব্যবহার এবং নানাবিধ তড়িৎ যন্ত্রপাতি নিয়েও আলোচনা করা হয় এই শাখায়।

কঠিন অবস্থার পদার্থবিজ্ঞান কঠিন পদার্থের গঠন ও তোত ধর্ম নিয়ে আলোচনা করে।

আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানের আলোচ্য বিষয় কোয়ান্টাম তত্ত্ব, পারমাণবিক ও নিউক্লিয় পদার্থবিজ্ঞান ও আপেক্ষিকতা তত্ত্ব। ভরকে শক্তিতে রূপান্তর এবং শক্তিকে ভরে রূপান্তর ইত্যাদি।

ইলেক্ট্রনিক্সের আলোচ্য বিষয় অর্ধপরিবাহী পদার্থ, অর্ধপরিবাহী ডায়োড, ট্রানজিটর, যোগাযোগের বিভিন্ন মাধ্যম—রেডিও, টেলিভিশন, ফোন, ফ্যাক্স, কম্পিউটার, ইন্টারনেট ইত্যাদি।

আমরা আগেই বলেছি যে, পদার্থবিজ্ঞান হলো মৌলিক ও এক বিশ্বাকর বিজ্ঞান যা বিজ্ঞানের অন্যান্য শাখার ভিত্তি রচনা করেছে। পদার্থবিজ্ঞানে অতিক্ষুদ্র কণা (ইলেক্ট্রন, প্রোটন, ফোটন, পরমাণু, অগু ইত্যাদি অতিক্ষুদ্র আণুবীক্ষণিক কণা) নিয়ে যেমন কাজ করা হয় তেমনি অতিব্রহ্ম বস্তু (স্রষ্ট, চন্দ, গ্রহ, নক্ষত্র, পথিবী, গ্যালাক্সী ইত্যাদি) নিয়েও কাজ করা হয়। পদার্থবিজ্ঞান বিষয়টি কিছু মৌলিক ধারণা প্রদান করে যা থেকে আণুবীক্ষণিক ও চাক্ষুষ জগতের প্রাকৃতিক ঘটনা বুঝতে পারা যায়।

পদার্থবিজ্ঞান আমাদের নিকট অনেক বিচ্ছিন্ন বিশ্বাকর চ্যালেঞ্জ উপস্থাপন করে। পদার্থবিজ্ঞানের সংজ্ঞা ও ধারণা থেকে বোঝা যায় এটি অত্যন্ত প্রসারণশীল এক বিজ্ঞান যার কোনো শেষ নেই। কেউ দাবি করতে পারবেন না যে, তার পদার্থবিজ্ঞানের পূর্ণ জ্ঞান আছে। বর্তমানকালে কেউ পদার্থবিজ্ঞান থেকে মুক্ত থাকতে পারেন না। পদার্থবিজ্ঞান একটি সহজ ও আনন্দদায়ক বিষয়। পদার্থবিজ্ঞান বুঝতে হলে পরীক্ষণ সম্পাদন করতে হয়। পরীক্ষণের অভিজ্ঞতা বিশ্বাকর, আনন্দদায়ক, শিক্ষামূলক এবং পদার্থবিজ্ঞানের সূত্র বের করতে সহায়তা করে।

বিংশ শতাব্দীতে পদার্থবিজ্ঞানের অন্যতম গুরুত্বপূর্ণ অবদান হলো মহাশূন্য অভিযান। চাঁদে মানুষের পদার্পণ থেকে শুরু করে মঙ্গলগ্রহে অভিযানসহ মহাশূন্য স্টেশনে মাসের পর মাস মানুষের বসবাস জ্ঞানের ক্ষেত্রে অসামান্য অগ্রগতি। কৃতিম উপগ্রহের মাধ্যমে সারা বিশ্বের সাথে আমাদের যোগাযোগ, আবহাওয়ার পূর্বাভাস প্রদান ইত্যাদি সহজ হয়েছে। ইলেক্ট্রনিক্স আমাদের দৈনন্দিন জীবনে নিয়ে এসেছে বিপ্লব, পাল্টে দিচ্ছে জীবনযাপন প্রগালি। ক্যালকুলেটর, রেডিও, টেলিভিশন, সিনেমা, মোবাইল ফোন, ইন্টারনেট, ডিজিটাল ক্যামেরা, আইপ্যাড, কম্পিউটার ইত্যাদি ইলেক্ট্রনিক্স সরঞ্জাম, সবই সম্ভব হয়েছে পদার্থবিজ্ঞানের জন্য। পদার্থবিজ্ঞান জীবজগতের কল্যাণের জন্য জড় জগতের বিভিন্ন ঘটনা নিয়ে কাজ করে।

১.৩। পদার্থবিজ্ঞানের কতিপয় বিষয়

Few Terms of Physics

পদার্থবিজ্ঞান পাঠের পূর্বে কিছু কিছু বিষয় সম্পর্কে আমাদের জানা প্রয়োজন। এগুলো পদার্থবিজ্ঞান সম্পর্কে জানতে ও বুঝতে আমাদের সহায়তা করে। এদেরকে বিভিন্ন নামে ও ভাগে আলোচনা করা হলেও এরা নিবিড়ভাবে সম্পর্কযুক্ত এবং এদের মধ্যে পার্থক্য টানা বেশ কঠিন।

১. ধারণা বা প্রত্যয় (Concept)

ধারণা হলো কোনো ভাব বা চিন্তাধারা বা কোনো অনুর্ত নীতি বা কোনো সাধারণ অভিমত। কোনো কিছু সম্পর্কে সঠিক উপলক্ষ্মি বা বোধগম্যতা হলো ঐ বিষয় সম্পর্কে ধারণা।

যেমন বলের ধারণা হলো : বল বলতে আমরা বুঝি এমন কিছু যা কোনো স্থির বস্তুকে গতিশীল করে বা করতে চায় এবং গতিশীল বস্তুর গতির পরিবর্তন করে বা করতে চায়। যেকোনো ধরনের বলের বেলায় বল সম্পর্কিত আমাদের ধারণা এটাই।

২. অনুকল্প (Hypothesis)

কোনো কিছু সম্পর্কে অনুসন্ধানের যে অনুমিত সিদ্ধান্ত নেওয়া হয় তাকে অনুকল্প বলে। কোনো ঘটনার ব্যাখ্যা প্রদান বা কোনো যুক্তি প্রমাণের সম্ভাব্য উপায় সম্পর্কে ধন্দন চিন্তাধারা বা ধারণা প্রমাণের জন্য অনুকল্প ধরা হয়। অনুকল্প পর্যবেক্ষিত ঘটনার প্রাথমিক ব্যাখ্যা প্রদান করে। এটি সঠিক নাও হতে পারে। অনুকল্পের সত্যতা যাচাইয়ের জন্য পরীক্ষা সম্পাদন করা হয়। পরীক্ষায় অনুকল্পের সত্যতা প্রমাণিত হলে তা তত্ত্বে পরিণত হয়। এমন কিছু অনুকল্প আছে যার সম্পর্কে কোনো সন্দেহ নেই তবু তা এখনো অনুকল্প হিসেবেই আছে যেমন-অ্যাভোগাড়োর অনুকল্প (Avogadro's hypothesis)।

৩. তত্ত্ব (Theory)

কোনো কিছু ব্যাখ্যার জন্য যে আনুষ্ঠানিক চিন্তাধারা, ভাব বা ধারণা তাকে তত্ত্ব বলে। পরীক্ষা-নিরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত অনুকল্পকে তত্ত্ব বলে। তত্ত্ব একটি সার্বিক ধারণা। বৈজ্ঞানিক তত্ত্বের সাহায্যে প্রকৃতিকে সবচেয়ে সার্থকভাবে ব্যাখ্যা করা যায়। কোনো অনুকল্প পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত না হলে তা পরিত্যক্ত হয় এবং নতুন অন্য এক অনুকল্প ধরে পুনরায় পরীক্ষা চালাতে হয়। সুতরাং সকল তত্ত্বই অনুকল্প, কিন্তু সকল অনুকল্পই তত্ত্ব নয়। এটি যে বিষয়ে নিয়ে পরীক্ষা-নিরীক্ষা করা হবে শুধু সে বিষয়ের মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে না। এটি প্রবর্তকের ও বিষয়ের নামের সাথে সংযুক্ত করে বলা হয় যেমন আইনস্টাইনের আপেক্ষিকতা তত্ত্ব, ডারউইনের বিবর্তন তত্ত্ব, প্ল্যান্কের কোয়ান্টাম তত্ত্ব।

৪. সূত্র (Law)

সাধারণভাবে কোনো নির্দিষ্ট শর্ত বা অবস্থায় সব সময় কী ঘটবে তার বর্ণনা হলো সূত্র। যখন যুক্তি ও পর্যবেক্ষণে কোনো তত্ত্ব অনেক পরীক্ষা নিরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণিত হয় এবং এর মূল কথাগুলো এক বা একাধিক বাক্যের মাধ্যমে বা সমীকরণ আকারে প্রকাশ করা হয় তখন তাকে সূত্র বলা হয়। সুতরাং সকল সূত্রই তত্ত্ব, কিন্তু সকল তত্ত্বই সূত্র নয়। পদার্থবিজ্ঞানে প্রকৃতির নীতির সেই বর্ণনা যা সূত্রের বর্ণিত আওতার মধ্যে পড়ে তা সকল ক্ষেত্রে থাটে। কোনো কোনো সূত্র রয়েছে এর আবিষ্কারক বা প্রতিষ্ঠাতার নামে যেমন বয়েলের সূত্র ও চার্লসের সূত্র। আবার কোনো কোনো সূত্রের নাম রয়েছে বিষয়ের নামে। যেমন ভরবেগের নিত্যতার সূত্র, শক্তির নিত্যতা বা সংরক্ষণ সূত্র। আবার কোনো কোনো সূত্রের নামকরণ রয়েছে আবিষ্কারক ও বিষয় উভয়ের নামে। যেমন, নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র ও গ্যালিলিওর পড়ন্ত বস্তুর সূত্র।

৫. স্বীকার্য (Postulate)

যে সার্বিক বিবৃতি দিয়ে কোনো বৈজ্ঞানিক তত্ত্ব শুরু হয় তাকে স্বীকার্য বলে। সাধারণত কোনো বৈজ্ঞানিক তত্ত্ব একটি সার্বিক বিবৃতি দিয়ে শুরু হয়। স্বীকার্য হলো তা যা বিনা প্রমাণে সত্য বলে স্বীকার করে নিয়ে এর উপর ভিত্তি করে কোনো যুক্তি বা তত্ত্ব প্রদান করা হয়। স্বীকার্য তত্ত্বটির ভিত্তি প্রদান করে। স্বীকার্য হলো একটি প্রস্তাবনা যার প্রমাণের প্রয়োজন হয় না। একে নিজে থেকে প্রতিষ্ঠিত অথবা সত্য বলে স্বীকার করার কোনো সুনির্দিষ্ট উদ্দেশ্য থাকে এবং এটি অন্য কোনো প্রস্তাবনা প্রমাণের জন্য ব্যবহার করা হয়। যেমন গ্যাসের অগুস্ময়ের গতি সম্পর্কে কিছু ধারণাকে সত্যরূপে ধরে নিয়ে গ্যাসের গতিসূত্র ব্যবহার করে গ্যাসের আচরণ ব্যাখ্যা করা হয়। আইনস্টাইনের বিশেষ আপেক্ষিক তত্ত্ব দুটি মৌলিক স্বীকার্যের উপর প্রতিষ্ঠিত। ১৯০৫ সালে আইনস্টাইন এ স্বীকার্য দুটি প্রদান করেন। আবার পদার্থবিজ্ঞানী নীলস বের তাঁর পরমাণু মডেলের ভিত্তি হিসাবে তিনটি স্বীকার্য প্রদান করেন।

৬. নীতি (Principle)

যেসব সাধারণ সূত্র বিজ্ঞান বা পদার্থবিজ্ঞানের ভিত্তি তাদের বলা হয় নীতি। কোনো যুক্তিক বা কাজের ভিত্তি হিসাবে যে মৌলিক সত্য বা তত্ত্বকে বিবেচনা করা হয় তাই নীতি। যে সকল প্রাকৃতিক সত্য সুপ্রস্তুতভাবে প্রমাণ করা যায় এবং যার সাহায্যে অনেক প্রাকৃতিক ঘটনা ব্যাখ্যা ও প্রমাণ করা যায় তাকেই নীতি বলা হয়। যেমন-হাইজেনবার্গের অনিচ্ছিতা নীতি ও তরঙ্গের উপরিপাতনের নীতি।

১.৪। পদার্থবিজ্ঞান ও অন্যান্য জ্ঞানের জগৎ

Physics and other World of Knowledge

পদার্থবিজ্ঞান ও গণিত

আমরা জানি যে, পদার্থবিজ্ঞান প্রকৃতি ও এর সূত্র নিয়ে আলোচনা করে। আমরা যদি গণিত ব্যবহার করি তাহলে প্রকৃতির বর্ণনা অনেক বেশি সহজ হয়। পদার্থবিজ্ঞানের বিভিন্ন তত্ত্ব ও সূত্র গণিত ব্যবহার করে ব্যাখ্যা করা হয়েছে; যেমন ধরা যাক, দুটি বস্তুর মধ্যে মহাকর্ষ বল এদের ভরের সমানুপাতিক এবং এদের মধ্যবর্তী দূরত্বের বর্গের ব্যন্তিনুপাতিক এ কথাটিকে গণিতের সাহায্যে সহজে লেখা যায় যে,

$$F \propto \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

গণিতের বিভিন্ন শাখা যেমন বীজগণিত, ত্রিকোণমিতি ও ক্যালকুলাসকে মৌলিক সমীকরণ থেকে বিভিন্ন রাশি বের করার জন্য ব্যবহৃত হয়। দুই বস্তুর মধ্যে মহাকর্ষ বল নির্ণয়ের উপরিউক্ত সমীকরণটি যদি আমরা জানি তাহলে আমরা ক্যালকুলাসের যোগজীকরণ ব্যবহার করে কোনো সুষম দণ্ডের নথিবিষ্টকের উপর স্থাপিত কোনার উপর ঐ দণ্ডের জন্য মহাকর্ষ বল বের করতে পারি।

পদার্থবিজ্ঞানের ভাষা হলো গণিত। গণিতের জ্ঞান ব্যতীত প্রকৃতির নিয়ম ও সূত্রগুলো আবিষ্কার, উপলব্ধি ও ব্যাখ্যা করা কঠিন হয়ে পড়তো। প্রকৃতিকে জানা ও বোঝা হলো পদার্থবিজ্ঞান—আর যে ডিলাক্স কোচ আমাদের সেখানে নিয়ে যায় তা হলো গণিত। সুতরাং পদার্থবিজ্ঞান অধ্যয়ন করতে হলে পদার্থবিজ্ঞান ও গণিতের সম্পর্ক সুপ্রস্তুতভাবে উপলব্ধি করতে হবে।

পদার্থবিজ্ঞান ও রসায়ন

পরমাণুর গঠন, তেজক্ষিয়তা, এবং অপবর্তন ইত্যাদি বর্তমান কালের রসায়নে বিপুব এনেছে। এসব ধারণা পর্যায় সারণিতে মৌলের পুনর্বিন্যাস, কোনো নমুনায় ঐ পদার্থের উপস্থিতি উদ্ঘাটন, যোজ্যতা, রাসায়নিক বন্ধনের প্রকৃতি জানা, জটিল রাসায়নিক গঠন বোঝা ইত্যাদিতে সহায়তা করেছে। রসায়নের শাখা ভৌত রসায়ন, কোয়ান্টাম রসায়ন ইত্যাদি পদার্থবিজ্ঞানের সাথে নিবিড়ভাবে সম্পর্কযুক্ত। পদার্থবিজ্ঞানের বিভিন্ন তত্ত্ব, সূত্র ও নীতি এগুলোর অধ্যয়নকে সহজ করে দিয়েছে।

পদার্থবিজ্ঞান ও জীববিজ্ঞান

পদার্থবিজ্ঞানের অংশগতির ফলে জীববিজ্ঞান বিভিন্নভাবে উপকৃত হয়েছে। জীববিজ্ঞানের বিভিন্ন কাজে অপটিক্যাল মাইক্রোস্কোপ ব্যবহৃত হচ্ছে। ইলেক্ট্রন মাইক্রোস্কোপ উপ্টিদ ও প্রাণিকোষের গঠন দেখাকে সম্ভব করেছে। নিউক্লিক এসিডের গঠন বুঝতে সহায়তা করছে এবং নিউক্লিন অপবর্তন যা জীবনের সক্রিয়তার জন্য প্রয়োজনীয় জীবনসম্পূর্ণ প্রক্রিয়া নিয়ন্ত্রণে সহায়তা করছে। বিভিন্ন জীবদেহে সংঘটিত শারীরবৃত্তিক (physiological) প্রক্রিয়া যেমন ব্যাপন (diffusion) অসমোসিস (osmosis) ইত্যাদি পদার্থবিজ্ঞানের নীতি ব্যবহার করে ব্যাখ্যা করা যায়। বিভিন্ন ঘটনা যেমন প্রাণিসত্ত্বার সঞ্চালন পদার্থবিজ্ঞানের সূত্র দ্বারা পরিচালিত হয় বা ব্যাখ্যা করা যায়।

পদার্থবিজ্ঞান ও চিকিৎসাবিজ্ঞান

চিকিৎসাবিজ্ঞানে পদার্থবিজ্ঞানের উল্লেখযোগ্য অবদান রয়েছে। রোগ নির্ণয়ে পদার্থবিজ্ঞানের বিভিন্ন যন্ত্রপাতি যেমন এক্সের মেশিন, মাইক্রোস্কোপ, আলট্রাসনেওয়াম, ইসিজি (ECG) মেশিন, এমআরআই (MRI) মেশিন, সিটিস্ক্যান, এভোসকোপি,

এনজিওগ্রাম, ইচটি, ইলেক্ট্রোকার্ডিওগ্রাম ইত্যাদি মেশিন ব্যবহার করা হয়। ক্যানসার ও চর্মরোগের চিকিৎসায় ব্যবহৃত রেডিওথেরাপিতে রেডিও আইসোটোপ ব্যবহার করা হয়। ছাঁতাক ও ব্যাকটেরিয়াকে বিকিরিত করে নতুন উৎপাদ তৈরি হয় যা এনজাইম, ভিটামিন ও অ্যাস্টিবায়োটিক তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

সুতরাং চিকিৎসাবিজ্ঞানে পদার্থবিজ্ঞানের অবদান অপরিসীম। পদার্থবিজ্ঞানীদের আবিষ্কৃত বিভিন্ন যন্ত্রপাতির সাহায্যে হৃদরোগ, ক্যানসার ইত্যাদি জটিল রোগ নির্ণয় সহজ করে দিয়েছে। ফলে যথোপযুক্ত চিকিৎসা প্রদান সম্ভব হচ্ছে।

পদার্থবিজ্ঞান ও জ্যোতির্বিজ্ঞান

বিজ্ঞানী গ্যালিলি ও নির্মিত দূরবীক্ষণ যন্ত্র নাক্ষত্রিক জগতের বিভিন্ন বস্তু সম্পর্কে জানতে সহায়তা করেছে। মার্কিন যুক্তরাষ্ট্র ও রাশিয়ায় মানমন্দিরে স্থাপিত অতিবৃহৎ টেলিস্কোপ সৌরজগতের গ্রহ ও উপগ্রহ সম্পর্কে জানতে আমাদের সমর্থ করেছে। রেডিও টেলিস্কোপ ব্যবহার করে কোয়াসার, পালসার ইত্যাদি আবিষ্কার করা সম্ভব হয়েছে। এটি আমাদের বিশ্বজগতের দূরতম সীমা পর্যন্ত জানতে সক্ষম করেছে। পদার্থবিজ্ঞানের অত্যাধুনিক ফটোগ্রাফিক টেকনিক জ্যোতির্বিজ্ঞানের বিভিন্ন ক্ষেত্রে অধ্যয়নে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করেছে।

পদার্থবিজ্ঞান ও প্রযুক্তির বিভিন্ন শাখা

সকল বিজ্ঞানের মধ্যে পদার্থবিজ্ঞান হলো সবচেয়ে বেশি মৌলিক। সমাজের উন্নয়নে প্রযুক্তি বিকাশে পদার্থবিজ্ঞান গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করেছে। পদার্থবিজ্ঞান ও প্রযুক্তি পরম্পরারের সাথে অঙ্গাঙ্গভাবে জড়িত। পদার্থবিজ্ঞান যেমন প্রযুক্তির বিকাশে সহায়তা করেছে তেমনি প্রযুক্তি পদার্থবিজ্ঞানে নতুন ধারণার জন্য দিয়েছে। বিজ্ঞানী জুলের তাপকে কাজে রূপান্তর এবং মাইকেল ফ্যারাডের তাড়িচোষক আবেশ আবিষ্কার শুধু সমাজকে উপকৃত করেনি বরং প্রযুক্তির ভিত্তি তৈরি করেছে। পদার্থবিজ্ঞানের উপর ভিত্তি করে প্রযুক্তিতে যেসব অগ্রগতি ঘটেছে তাৰ কয়েকটি নিচে দেওয়া হলো:

১. লিভার সিস্টেমের সাহায্যে অনেক গুরুত্বপূর্ণ ও দরকারি মেশিনের নকশা করা সম্ভব হয়েছে।
২. প্রবাহীর প্রবাহের জ্ঞান উড়োজাহাজের নকশা তৈরিতে আমাদের সহায়তা করেছে।
৩. তাপকে কাজে রূপান্তর তাপ ইঞ্জিন তৈরির দিকে আমাদের চালিত করে।
৪. অর্ধপরিবাহী জাংশন ডায়োড ও ট্রানজিস্টরের আবিষ্কার রেডিও, টেলিভিশন, কম্পিউটার ও রোবট তৈরি করা সম্ভব করেছে।
৫. কৃত্রিম উপগ্রহের সাহায্যে আবহাওয়ার পূর্বাভাস, যোগাযোগ, গবেষণা, গোয়েন্দাগির ইত্যাদি কাজ করা সম্ভব হচ্ছে।
৬. চিকিৎসাবিজ্ঞানে এক্সের, আলট্রাসন্গোফি, ইসিজি, এমআরআই, ইকোকার্ডিওগ্রাফি, এনডোস্কপি ও এনজিওগ্রাম করা সম্ভব হচ্ছে পদার্থবিজ্ঞানের অবদানের কারণে। এগুলো চিকিৎসা জগতে বিপ্লব এনেছে।
৭. নিউক্লিয় ফিশানের আবিষ্কার আমাদের শক্তির বিপুল উৎসের সঙ্কান দিয়েছে। নিউক্লিয়ার পাওয়ার স্টেশন ও নিউক্লিয় বোমার জন্য প্রযোজনীয় বিপুল পরিমাণ শক্তি পাওয়া যাচ্ছে ভরকে শক্তিতে রূপান্তরের মাধ্যমে।
৮. লেজার রশ্মির আবিষ্কার মানবদেহের ক্যানসার, গলগ্লাডার ও কিডনি থেকে পাথর অপসারণ, চোখের বিভিন্ন রোগের উন্নত চিকিৎসা সম্ভব করেছে।

সুতরাং পদার্থবিজ্ঞানের অগ্রগতি প্রযুক্তিকে উন্নত করেছে এবং ঘটিয়েছে শিল্প বিপ্লব। প্রযুক্তির ভিত্তি হলো পদার্থবিজ্ঞানের সূত্রাবলি।

পদার্থবিজ্ঞান ও সমাজবিজ্ঞান

সমাজবিজ্ঞান হলো সমাজ সম্পর্কিত বিজ্ঞান। এ বিজ্ঞান সমাজের গঠন, বিবর্তন, সামাজিক গোষ্ঠী, অনুষ্ঠান, প্রতিষ্ঠান ইত্যাদি সম্পর্কে আলোচনা করে। পদার্থবিজ্ঞানের বিভিন্ন তত্ত্ব ও এদের সাহায্যে প্রযুক্তির বিকাশ সমাজে নানা প্রভাব ফেলেছে। পদার্থবিজ্ঞানে নতুন চিন্তার বিকাশ ও আবিষ্কার সমাজের উপর প্রভাব বিস্তার করে আসছে। প্রকৃতির বিভিন্ন সূত্রের আবিষ্কার মানুষের দর্শন ও সংস্কৃতিকে প্রভাবিত করেছে। পরিবহন ও যোগাযোগ ব্যবস্থায় অগ্রগতি পৃথিবীর মানুষকে অনেক কাছাকাছি নিয়ে এসেছে। ছেট হয়ে আসছে পৃথিবী। পৃথিবীর একপ্রাণ থেকে অন্য প্রাণে, দূর-দূরান্তে আমরা কয়েক ঘণ্টা বা দিনে দিনে পৌছাতে পারি। আমরা চাঁদে পর্যন্ত যেতে পেরেছি পরিবহন ব্যবস্থার অগ্রগতির ফলে।

পৃথিবীর বিভিন্ন সভ্যতা ও সংস্কৃতির মানুষের ঘন ঘন মেলামেশা তাদেরকে অনেক কাছাকাছি নিয়ে এসেছে। পরিবহন ব্যবস্থা পুরো মানব সভ্যতাকে যেন একে অপরের সাথে গেঁথে নিয়েছে। টেলিফোন, মোবাইল ফোন, টেলিপ্রিন্টার, ফ্যাক্স মেশিন, ইন্টারনেট দূর-দূরান্তে বিভিন্ন দেশের সাথে যোগাযোগকে সহজ করেছে। অতিসহজেই আমরা বার্তা বিনিময় করতে পারছি। রেডিও ও টেলিভিশন তাৎক্ষণিক যোগাযোগ ও ঘরে বসে তথ্য আদান-প্রদান ও বিনোদনে সহায়তা করেছে। কৃত্রিম উপগ্রহে ব্যবহার করে আমরা সহজেই জানতে পারি পৃথিবীর কোন অংশে কী ঘটেছে। এছাড়া আমরা ঘরে কোনো দূর দেশে অনুষ্ঠিত ক্রিকেট, ফুটবল, হকি, টেনিস খেলা বা কোনো অনুষ্ঠান সরাসরি দেখতে পারছি এই কৃত্রিম উপগ্রহের কল্যাণে। ক্যালকুলেটর ব্যবহার করে দেকানদারগণ খুব দ্রুত হিসাব করছেন—আমরা নামান হিসাব করছি। লেজার, স্মার্ট ফোন, কম্পিউটার ও রোবট সমাজের চিন্তাধারাকে বদলে দিয়েছে। ক্রেডিট বা ডেবিট কার্ড, এটিএম মেশিন-এর ব্যবহার ব্যাংকের লেনদেন সহজতর করেছে।

কাপড় কাচার যন্ত্র, ফ্রিজ, মাইক্রোওয়েভ ওভেন ইত্যাদি আমাদের জীবনযাত্রাকে সহজ ও উন্নত করেছে। বিভিন্ন প্রাকৃতিক ঘটনা যেমন বিদ্যুৎ চমকানো, বজ্রপাত, আবহাওয়া ও জলবায়ু পরিবর্তন, ঝড়, বৃষ্টি, ভূমিকম্প ও সুনামি ইত্যাদির বৈজ্ঞানিক ব্যাখ্যা দিতে পারছি। এতে মানব সমাজের অনেক কুসংস্কার দূরীভূত হয়েছে। পদার্থবিজ্ঞানের বিভিন্ন আবিষ্কার সমাজ ও সমাজের চিন্তাধারা শিক্ষা, সংস্কৃতি, জীবনমান, পরম্পরারের প্রতি সৌহার্দ্য, নির্ভরশীলতা ইত্যাদিকে প্রভাবিত করেছে। তাই সমাজবিজ্ঞানীদেরও ভাবতে হচ্ছে সমাজবিজ্ঞানের বিভিন্ন নতুন বিষয় নিয়ে; আনতে হচ্ছে চিন্তাধারায় নতুনত্ব।

পদার্থবিজ্ঞান ও কৃষিবিজ্ঞান

কৃষিবিজ্ঞান ও পদার্থবিজ্ঞানের সম্পর্কও খুব ঘনিষ্ঠ। পদার্থবিজ্ঞানের বিভিন্ন সূত্রের উপর ভিত্তি করে উদ্ভাবিত প্রযুক্তি কৃষিতে বহুল ব্যবহৃত। কৃষিকাজের বিভিন্ন যন্ত্রপাতি ও মেশিন যেমন জমির চাষের যন্ত্র লাঙল, ট্রাস্টর, ফসল বোনা, সেচ দেওয়া, কাটা ও মাড়াই যন্ত্র পদার্থবিজ্ঞানেরই অবদান। ফসল দুর্বলক্ষণে গামা বিকিরণের ব্যবহার বহুল প্রচলিত। নতুন নতুন ফসলের জাত উদ্ভাবনে যে জেনেটিক প্রযুক্তি ব্যবহার করা হয় তা এবং অগুজীববিজ্ঞানের বিভিন্ন গবেষণা করা হয় পদার্থবিজ্ঞানের তত্ত্ব ও সূত্রের উপর ভিত্তি করে।

পদার্থবিজ্ঞান ও সাহিত্য সংস্কৃতি

সাহিত্য ও সংস্কৃতিতে পদার্থবিজ্ঞানের অবদান কর নয়। বিজ্ঞান সাহিত্যের সিংহভাগ পদার্থবিজ্ঞান নিয়ে লেখা। পদার্থবিজ্ঞানের তত্ত্বের উপর ভিত্তি করে অনেক বৈজ্ঞানিক কল্পকাহিনী রচিত হয়েছে। ছাপা সংক্রান্ত বিভিন্ন যন্ত্রপাতি যেমন, লেখা কম্পোজ করার জন্য কম্পিউটার, ছাপার জন্য পজেটিভ তৈরি, প্লেট তৈরি এবং ছাপার যন্ত্রপাতি সবই তৈরি হয়েছে পদার্থবিজ্ঞানের অবদানের ফলে। সংস্কৃত চর্চার বিভিন্ন কাজে পদার্থবিজ্ঞানের অবদান অপরিসীম। নানান রকম বাদ্যযন্ত্র যেমন বাঁশি, হারমোনিয়াম, ঢাক, ঢোল, একতারা, দোতারা, গীটার, ভায়োলিন এবং আরো আধুনিক বাদ্যযন্ত্র তৈরি সম্ভব হয়েছে পদার্থবিজ্ঞানের বিভিন্ন তত্ত্ব, সূত্র ও নীতি ব্যবহার করে। যে স্টেজে সাংস্কৃতিক অনুষ্ঠান হয় তার আলোক নিয়ন্ত্রণ ও প্রক্ষেপণ যন্ত্র, স্পিকার ও মাইক্রোফোনের ব্যবহার ইত্যাদি সম্ভব হয়েছে পদার্থবিজ্ঞানের কল্যাণে।

পদার্থবিজ্ঞান ও দর্শন

পদার্থবিজ্ঞানের ভিত্তি হলো পরীক্ষালক্ষ যাচাই যোগ্য উপাত্ত কিন্তু দর্শন তা নয়। পদার্থবিজ্ঞান মহাবিশ্বের বস্তু বা পার্থিব জগৎ নিয়ে আলোচনা করে। কিন্তু দর্শন বিদ্যা আলোচনা করে মহাবিশ্বের পার্থিব ও অপার্থিব উভয় জগৎ নিয়ে-দেখতে চায় সমগ্র ঘটনার প্রকৃত বা বাস্তব প্রকৃতি। পদার্থবিজ্ঞানের ভিত্তি হলো পর্যবেক্ষণ ও পরীক্ষণ কিন্তু দর্শনের ভিত্তি হলো অনুমান ও প্রতিফলন। দর্শন যুক্তিকর্ত নিয়ে কাজ করে। দর্শনবিদ্যা সাধারণভাবে অস্তিত্বের চরম (ultimate) অকৃতি নিয়ে আলোচনা করে; পদার্থবিজ্ঞান আলোচনা করে কোনো নির্দিষ্ট বিষয় বা কোনো নির্দিষ্ট বিষয়বস্তু নিয়ে। দর্শনবিদ্যায় অভিজ্ঞতা পরীক্ষালক্ষ নয়, কিন্তু পদার্থবিজ্ঞানের অভিজ্ঞতা পর্যবেক্ষণ বা পরীক্ষালক্ষ। পদার্থবিজ্ঞান দ্বারা অনুমতি কোনো বিষয় বা ধারণাকে দর্শনবিদ্যা চুলচেরা বিচার বিশ্লেষণ করে তাকে স্পষ্ট করে। পদার্থবিজ্ঞান পরিমাণবাচক আর দর্শন বিদ্যা হলো গুণবাচক। পদার্থবিজ্ঞান ঘটনার প্রাসঙ্গিকতার উপর খুব একটা জোর দেয় না। দর্শন ঘটনার প্রাসঙ্গিকতার উপর গুরুত্ব আরোপ করে। দর্শনবিদ্যা পদার্থবিজ্ঞানের প্রাণ ফলকে সমন্বিত করে এদের প্রকৃত ব্যাখ্যা ও সরঞ্জাম প্রদান করে যার সাহায্যে পদার্থবিজ্ঞানী প্রকৃতির রহস্য উদ্ঘাটনের অনুসন্ধান চালাতে পারেন। সুতরাং পদার্থবিজ্ঞান ও দর্শনবিদ্যা নিবিড়ভাবে সম্পর্কযুক্ত।

পদার্থবিজ্ঞান ও খেলাধুলা

খেলাধুলার সাথে পদার্থবিজ্ঞানের রয়েছে ঘনিষ্ঠ সম্পর্ক। পদার্থবিজ্ঞানের সূত্রগুলো ব্যবহার করে বিভিন্ন ত্রৈড়ায় উৎকর্ষ ও পারদর্শিতা অর্জন করা সম্ভব। ক্রিকেটে ছক্কা হাঁকাতে হলে, ভলিবলে সার্ভ করতে হলে বা ফুটবলে ফ্রি কিকের সময় কত কোণে সেটাকে যথাক্রমে ব্যাট, হাত বা পা দিয়ে আঘাত করতে হবে তা আমরা প্রক্ষেপকের গতি থেকে জানতে পারি। তেমনিভাবে অ্যাথলেটিস্টের বর্ণা নিষ্কেপ, গোলক নিষ্কেপ বা চাকতি নিষ্কেপের প্রতিযোগিতায় সর্বোচ্চ দূরত্বে ফেলতে হলে নির্দিষ্ট আদি বেগের পাশাপাশি তাকে 45° কোণে নিষ্কেপ করতে হবে। তেমনিভাবে উচ্চ লফ বা দীর্ঘ লফের কত উচ্চতা বা কত দূরত্ব অতিক্রম করবে তা নির্ভর করবে অনুভূমিকের সাথে কত কোণে লাফ দিচ্ছে তার উপর। দৌড় প্রতিযোগিতা শুরুর সময় আমরা দৌড়বিদদের কথনে সোজা হয়ে দাঁড়াতে দেখি না, অনেকটা উরু হয়ে ভূমির সাথে ত্বরিত অবস্থানে থেকে তারা দৌড় শুরু করেন, যাতে ভূমির প্রতিক্রিয়া তাদেরকে বেশি বেগ অর্জনে সহায়তা করে। ক্যারম বা বিলিয়ার্ড খেলায় ভরবেগের সংরক্ষণশীলতা নীতি সঠিকভাবে প্রয়োগ করতে পারলে উল্লিখিত লক্ষ্য সহজেই অর্জন করা সম্ভব। কেন্দ্রমুখী বলের ধারণা মৃত্যুকৃগে মটর সাইকেল চালাতে আরোহীকে সাহস জোগায়। সার্কাসের বিভিন্ন খেলায় “ভারসাম্য” গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে থাকে। এ ছাড়াও মোটর রেস, ড্রাইভিং, বেলনে উড়য়ন প্রভৃতি খেলায় পদার্থবিজ্ঞানের বিভিন্ন সূত্রের ব্যাপক প্রয়োগ দেখা যায়।

১.৫। স্থান, কাল ও ভর

Space, Time and Mass

স্থান ও কাল পদার্থবিজ্ঞানে অতীব গুরুত্বপূর্ণ ধারণা। যেকোনো ঘটনা বর্ণনার জন্য স্থান ও কালের প্রয়োজন হয়। কোনো ঘটনা কোথায় ঘটেছে, কেন ঘটেছে তা জানা ব্যতীত ঘটনাটি সম্পর্কে স্বচ্ছ ধারণা পাওয়া কঠিন। স্থান ও কালের মতো ভরও পদার্থবিজ্ঞানের একটি অত্যাবশ্যক ধারণা।

স্থান ও কাল

স্থানের জ্যামিতিক ধারণা প্রথম উপস্থাপন করে গণিতবিদ ইউক্লিড। তার মতে আমাদের চারপাশে যা কিছু আছে সবই স্থান। চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞানের মতে স্থান হলো ত্রিমাত্রিক ইউক্লিডীয় স্থান যেখানে যেকোনো অবস্থান তিনটি স্থানাঙ্ক দ্বারা বর্ণনা করা যেতে পারে। গ্যালিলিও গতি ও ত্বরণের সূত্রে স্থানকে ব্যবহার করেছেন। সাথে সাথে গুরুত্বপূর্ণ রাশি হিসেবে কালও এসেছে। নিউটনের মতে স্থান, কাল ও ভর আলাদা আলাদা সত্ত্ব। তার মতে স্থান হলো ত্রিমাত্রিক বিস্তৃতি। অসীম এর বিস্তৃতি, এর কোনো শুরু বা শেষ নেই। স্থান নিরবচ্ছিন্ন, একে অতিক্ষুদ্র অংশে তাগ করা যায়। স্থানের এক এলাকা অন্য এলাকার চেয়ে অভিন্ন। অর্থাৎ স্থান সমসত্ত্ব। স্থান নিরপেক্ষ এবং বস্তু বা ঘটনা দ্বারা স্থান প্রভাবিত হয় না। স্থান সময় বা কাল দ্বারাও প্রভাবিত হয় না। স্থান মহাবিশ্বের একটি ধর্ম যা কোনো ভৌত ঘটনাকে পরম্পর অভিলম্বিক ত্রিমাত্রিক স্থানে বিস্তৃত হতে সক্ষম করে।

নিউটন ও গ্যালিলিওসহ বিংশ শতাব্দীর অধিকাংশ মানুষ মনে করতেন যে সময় কাল সকল স্থানে সবার জন্য একই বা অভিন্ন।

নিউটনের ধারণা অনুসারে সময় বা কাল নিজস্ব ধারায় প্রবাহিত হয়। কোনো বস্তু বা ঘটনা দ্বারা এ কালিক্রমাবহ প্রভাবিত হয় না। সময়ের কোনো শুরু ও শেষ নেই। সময়ের প্রবাহ নিরবচ্ছিন্ন এবং এর এক অংশ অন্য অংশের সমরূপ। সময় স্থান নিরপেক্ষ। নিউটনের স্থান কালের ধারণায় আমাদের এ মহাবিশ্ব ত্রিমাত্রিক স্থান ও একমাত্রিক সময় নিয়ে গঠিত, যেখানে সমস্ত সংঘটিত ঘটনা ও সমস্ত বস্তু ধারণ করা আছে।

আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানে স্থানকালের ধারণার পরিবর্তন এসেছে। সময়ের আধুনিক ধারণা আইনস্টাইনের আপেক্ষিকতা তত্ত্ব ও মিনকোওয়াক্সির স্থানকালের ধারণার ভিত্তিতে করা যেখানে বিভিন্ন স্থানে সময় পৃথকভাবে চলে এবং স্থান ও কাল একত্রিত হয়ে স্থানকালের চাদর বা Space-Time Fabric-এ পরিণত হয়েছে।

নিউটনীয় পদার্থবিজ্ঞানে স্থান ও কালকে পৃথক সত্ত্ব হিসেবে বিবেচনা করা হলেও আইনস্টাইনের পদার্থবিজ্ঞানে স্থান ও কালকে একত্রিত করে একটি চতুর্মাত্রিক পর্দা হিসেবে বিবেচনা করা হয়। স্থান কালের চাদর বা Space-Time Fabric বা

Space-Time Continuum হলো একটি জ্যামিতি যাতে তিনটি স্থানিক মাত্রা ও চতুর্থমাত্রা হিসেবে সময় অন্তর্ভুক্ত হয়েছে।

মহাবিশ্ব সম্পর্কে আইনস্টাইনের ধারণা মিনকোওয়াক্সি প্রদত্ত একটি জ্যামিতিক ব্যবস্থার উপর ভিত্তি করে প্রতিষ্ঠিত। এখানে স্থানের তিনটি মাত্রা ও কালের একটি মাত্রা একে অপরের সাথে মিলে একটি চতুর্মাত্রিক পর্দা তৈরি হয় যা Space-Time Continuum বা Space-Time Fabric বা স্থান কালের চাদর নামে পরিচিত যা সমগ্র মহাশূন্যব্যাপী বিস্তৃত। যাতে আপেক্ষিক গতিতে থাকা দু'জন পর্যবেক্ষক দূরবর্তী কোনো ঘটনার মুগ্ধতা সম্পর্কে একমত নাও হতে পারেন। আপেক্ষিকতার সার্বিক তত্ত্ব ও বিশেষ তত্ত্ব স্থান ও কালের পরিবর্তে স্থানকাল ব্যবহার করে। স্থানকালকে চতুর্মাত্রিক স্থানের মডেল হিসাবে দাঁড় করানো হয়েছে। বর্তমানে অনেক তত্ত্ব আছে যা চার মাত্রার চেয়ে অধিক মাত্রা ব্যবহার করছে।

মিনকোওয়াক্সির জ্যামিতিতে কোনো ঘটনাকে চতুর্মাত্রিক স্তুতিতে একটি বিশ্ববিন্দু (World point) হিসেবে শনাক্ত করা হয়। তাত্ত্বিকভাবে প্ল্যাকের ক্ষুদ্রতম সময়সহ সময় কোয়ান্টায়িত হতে পারে।

ভর (Mass)

ভর হলো জড়তার পরিমাপ। তরকে দু'ভাবে নির্ণয় করা যায়। একটি হলো জড় ভর যা বল প্রয়োগে বস্তুর গতিকে বাধা দেয় বা দিতে চায়। সব সময়ই দেখা যায় বস্তুর উপর বল প্রযুক্ত হলে বস্তুর ত্বরণ হয়। ত্বরণ প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক। অর্থাৎ

$$a \propto F \text{ যেখানে } F = \text{প্রযুক্ত বল}, \quad a = \text{ত্বরণ}$$

$\therefore F = m_i a$ বা $a = F/m_i$ যেখানে m_i সমানুপাতিক ধ্রুবক যাকে বস্তুর জাড় ভর বা জড় ভর (Inertial Mass) বলা হয়। নির্দিষ্ট বলের জন্য বস্তুর ভর যত বেশি হবে ত্বরণ তত কম হবে।

বস্তু দ্বারা সৃষ্টি মহাকর্ষীয় বলের সাহায্যে ভর বর্ণনা করা যায়। নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র অনুসারে $F = \frac{GMm_g}{d^2}$.

যেখানে M হলো কোনো আদর্শ বা প্রমিত বস্তুর ভর। এ ভর থেকে m_g ভরের বস্তুটি d দূরত্বে রয়েছে। F তাদের মধ্যে মহাকর্ষীয় বল এবং G হলো মহাকর্ষীয় ধ্রুবক। এভাবে বর্ণিত ভর m_g কে মহাকর্ষীয় ভর (Gravitational Mass) বলা হয়। পরে পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয় যে, মহাকর্ষীয় ভর m_g ও জাড়ভর m_i একই। অর্থাৎ $m_i = m_g$

নিউটনীয় পদার্থবিজ্ঞানের ভর অপরিবর্তনীয়, যেকোনো স্থানে মাপা হোক না কেন ভর সর্বত্র সমান থাকে। কিন্তু আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানে এ মতের পার্থক্য রয়েছে।

আইনস্টাইনের আপেক্ষিকতা তত্ত্ব অনুসারে ভর ধ্রুব নয়। কোনো বস্তুর স্থিরাবস্থায় যে ভর থাকে গতিশীল হলে এর ভর বৃদ্ধি পায়। তবে বস্তুর বেগ আলোর বেগের কাছাকাছি না হলে এটা উপেক্ষা করা যায়। আইনস্টাইনের আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে কোনো বস্তুর গতিশীল ভর m , স্থিরাবস্থায় ভর m_0 এবং বস্তুটি v বেগে গতিশীল হলে

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \quad \text{এখানে } c = \text{আলোর বেগ}$$

সুতরাং চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞানে স্থান, কাল ও ভর পরম ধ্রুব ও অপরিবর্তনীয় বলা হলেও আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানের মতে স্থান, কাল ও ভর পরম বা ধ্রুব কিছু নয়, এগুলো আপেক্ষিক। সময় ও অবস্থানের কারণে বিভিন্ন ব্যক্তির কাছে এগুলো ভিন্ন হতে পারে।

১.৬। পরিমাপের মূলনীতি

Principle of Measurement

যেকোনো ভৌত রাশি পরিমাপের জন্য প্রয়োজন একটা স্ট্যান্ডার্ড বা আদর্শের যার সাথে তুলনা করে পরিমাপ করা হয়। এ নির্দিষ্ট পরিমাণের সাথে তুলনা করে পরিমাপ করা যাক কোনো দৈর্ঘ্যের একটা নির্দিষ্ট পরিমাণ হচ্ছে মিটার। দণ্ডটির দৈর্ঘ্য হচ্ছে সেই নির্দিষ্ট পরিমাণের পাঁচগুণ। দৈর্ঘ্য, ক্ষেত্রফল, আয়তন, ভর, শক্তি, বল, সময় ইত্যাদি মাপার জন্য ভিন্ন ভিন্ন একক দরকার। পরিমাপের বিভিন্ন পদ্ধতিতে এসব এককের ভিন্ন ভিন্ন নাম রয়েছে। এ এককগুলো হয় সুবিধাজনক আকারের, যাতে সহজে সঠিকতার সাথে পুনরোৎপাদন করা যায়। এ এককগুলোর অনেকটি আবার পরম্পরার সম্পর্কযুক্ত।

১.৭। মৌলিক ও লক্ষ রাশি এবং একক

Fundamental and Derived Quantities and Units

এ ভৌত জগতে যা কিছু পরিমাপ কৰা যায় তাকে আমৱা রাশি বলি। যেমন, একটি টেবিলের দৈৰ্ঘ্য পরিমাপ কৰা যায়, দৈৰ্ঘ্য একটি রাশি। তোমাৰ দেহেৰ ভৱ পরিমাপ কৰা যায়, ভৱ একটি রাশি। তুমি কতক্ষণ ধৰে বইটি পড়ছো সেই সময় মাপা যায়। সময় একটি রাশি। তুমি যদি একটি বস্তুকে তুলতে বল প্ৰয়োগ কৰ, সেই বল পরিমাপ কৰা যায়। সুতৱাং বল একটি রাশি। ভৌত জগতে এৱপ বহু রাশি আছে। এখন দেখা যায়, এই সকল রাশিৰ মধ্যে অল্প কয়েকটি রাশি আছে যেগুলো পরিমাপ কৰতে অন্য কোনো রাশিৰ সাহায্যেৰ প্ৰয়োজন হয় না। এ রাশিগুলো মৌলিক রাশি। যেমন, টেবিলেৰ দৈৰ্ঘ্য মাপতে গেলে দৈৰ্ঘ্য মাপলৈছ চলে। দৈৰ্ঘ্য মাপাৰ জন্য অন্য কোনো রাশি মাপতে হয় না বা অন্য কোনো রাশি মাপাৰ দৱকাৰ হয় না। সুতৱাং দৈৰ্ঘ্য একটি মৌলিক রাশি। অপৱাদিকে অনেক রাশি আছে যেগুলো মাপতে হলে অন্য রাশিৰ সাহায্য দৱকাৰ হয়। সেগুলো লক্ষ রাশি। যেমন, লোহাৰ ঘনত্ব পরিমাপ কৰতে হলে একখণ্ড লোহাৰ ভৱ এবং আয়তন পরিমাপ কৰতে হবে এবং ভৱকে আয়তন দিয়ে ভাগ কৰে ঘনত্ব বেৰ কৰতে হবে। আবাৰ আয়তন মাপতে হলে দৈৰ্ঘ্য, প্ৰস্থ ও উচ্চতা মাপতে হবে অৰ্থাৎ তিনিবাৰ তিন দিকে দৈৰ্ঘ্য মাপতে হবে। সুতৱাং দেখা যাচ্ছে কিছু কিছু রাশি আছে, যেগুলো মূল রাশি; এগুলো অন্য রাশিৰ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰে না। এ রাশিগুলোকে মৌলিক রাশি বলা হয়।

মৌলিক রাশি : যে সকল রাশি মূল অৰ্থাৎ স্বাধীন বা নিৰপেক্ষ, যেগুলো অন্য রাশি এদেৱ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰে তাদেৱকে মৌলিক রাশি বলে।

লক্ষ রাশি : যে সকল রাশি মৌলিক রাশি থেকে লাভ কৰা যায় বা এক বা একাধিক মৌলিক রাশিৰ গুণফল বা ভাগফল থেকে প্ৰতিপাদন কৰা যায় তাদেৱকে বলা হয় লক্ষৰাশি বা মৌগিক রাশি।

মৌলিক একক : মৌলিক রাশিৰ একককে মৌলিক একক বলা হয়। যে সকল একক স্বাধীন বা নিৰপেক্ষ, যেগুলো অন্য এককেৰ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰে না বৱং অন্যান্য একক এদেৱ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰে তাদেৱকে মৌলিক একক বলে। যেমন দৈৰ্ঘ্যেৰ একক মিটাৰ। মিটাৰ একটি মৌলিক একক। মিটাৰ অন্য কোনো এককেৰ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰে না।

জ্ঞান-বিজ্ঞানেৰ সকল শাখাৰ প্ৰশাখায় মাপজোখেৰ জন্য বিজ্ঞানীৱা এৱপ সাতটি রাশিকে মৌলিক রাশিৰপে চিহ্নিত কৰেছেন। এ রাশিগুলোৰ নাম, সংকেত ও একক নিচেৰ সাৰণিতে দেয়া হলো:

সাৰণি ১.১ : মৌলিক রাশি ও তাদেৱ একক

রাশি	রাশিৰ সংকেত	এসআই একক	এককেৰ সংকেত
১. দৈৰ্ঘ্য (length)	l	মিটাৰ (meter)	m
২. ভৱ (mass)	m	কিলোগ্ৰাম (kilogram)	kg
৩. সময় (time)	t	সেকেন্ড (second)	s
৪. তাপমাত্ৰা (temperature)	θ, T	কেলভিন (kelvin)	K
৫. তড়িৎ প্ৰবাহ (electric current)	I	অ্যাম্পিয়াৰ (ampere)	A
৬. দীপন তীব্ৰতা (luminous intensity)	I_v	ক্যান্ডেলা (candela)	cd
৭. পদাৰ্থেৰ পৰিমাণ (amount of substance)	n	মোল (mole)	mol

এগুলো ছাড়া অন্যান্য সকল রাশিই হচ্ছে লক্ষ রাশি। মৌলিক রাশিসমূহ গুণ বা ভাগ কৰে লক্ষ রাশি পাওয়া যায়।

লক্ষ একক : যে সকল একক মৌলিক একক থেকে লাভ করা যায় তাদেরকে লক্ষ একক বলে। যেমন বলের একক নিউটন একটি লক্ষ একক। নিউটন নির্ভর করে মিটার, কিলোগ্রাম ও সেকেন্ডের উপর।

$$1 \text{ নিউটন} = \frac{1 \text{ কিলোগ্রাম} \times 1 \text{ মিটার}}{\text{সেকেন্ড}^2}$$

$$\text{এবং } 1 \text{ জুল} = 1 \text{ নিউটন} \times 1 \text{ মিটার} = \frac{1 \text{ কিলোগ্রাম} \times 1 \text{ মিটার}}{\text{সেকেন্ড}^2} \times 1 \text{ মিটার}$$

$$= \frac{1 \text{ কিলোগ্রাম} \times 1 \text{ মিটার}^2}{\text{সেকেন্ড}^2}$$

১.৮। মাত্রা

Dimension

আমরা ইতোমধ্যে জেনেছি যে, কোনো ভৌত রাশি এক বা একাধিক মৌলিক রাশি নিয়ে গঠিত। সুতরাং যেকোনো ভৌত রাশিকে বিভিন্ন সূচকের (power) এক বা একাধিক মৌলিক রাশির গুণফল হিসেবে প্রকাশ করা যায়। কোনো ভৌত রাশিতে উপস্থিত মৌলিক রাশিগুলোর সূচককে রাশিটির মাত্রা বলে। যেমন, বল = ভর \times ত্বরণ = ভর \times $\frac{\text{বেগ}}{\text{দৈর্ঘ্য}}$ = ভর $\times \frac{\text{দৈর্ঘ্য}}{\text{সময়}^2}$ । এখন দৈর্ঘ্যের মাত্রা L, ভরের মাত্রা M, সময়ের মাত্রা T বসালে বলের মাত্রা পাওয়া যাবে $\frac{ML}{T^2}$ বা MLT^{-2} অর্থাৎ বলের রয়েছে ভরের মাত্রা (1) দৈর্ঘ্যের মাত্রা (1) এবং সময়ের মাত্রা (-2)। তৃতীয় বন্ধনীর মধ্যে রাশিটির সংকেতে লিখলে রাশির মাত্রা বোঝায়। যেমন বলের মাত্রা $[F] = MLT^{-2}$

সারণি ১.২ : বিভিন্ন ভৌত রাশির সংকেত, একক ও মাত্রা

রাশি		এসআই একক			মাত্রা
নাম	ইংরেজি পরিভাষা	সংকেত	নাম	সংকেত	প্রতিপাদন
দৈর্ঘ্য	Length	l	মিটার	m	m
ভর	Mass	m	কিলোগ্রাম	kg	kg
সময়	Time	t	সেকেন্ড	s	s
সরণ	Displacement	s	মিটার	m	m
ক্ষেত্রফল	Area	A	মিটার ²	m^2	$m.m$
আয়তন	Volume	V	মিটার ³	m^3	$m^2.m$
বেগ, দ্রুতি	Velocity, speed	v	মিটার/সেকেন্ড	ms^{-1}	$m.s^{-1}$
ত্বরণ	Acceleration	a	মিটার/সেকেন্ড ²	ms^{-2}	$m.s^{-1}s^{-1}$
ভরবেগ	Momentum	p	কিলোগ্রাম-মিটার/ সেকেন্ড	$kgms^{-1}$	$kg.ms^{-1}$
বল	Force	F	নিউটন	N	$kg.ms^{-2}$
কাজ	Work	W	জুল	J	$N.m$
					ML^2T^{-2}

রাশি			এস আই একক			মাত্রা
নাম	ইংরেজি পরিভাষা	সংকেত	নাম	সংকেত	প্রতিপাদন	
ক্ষমতা	Power	P	ওয়াট	W	$J.s^{-1}$	ML^2T^{-3}
শক্তি	Energy	E	জুল	J	N.m	ML^2T^{-2}
ঘনত্ব	Density	ρ	কিলোগ্রাম/মিটার ³	kgm^{-3}	$kg.m^{-3}$	ML^{-3}
চাপ	Pressure	p	প্যাসকেল	Pa	$N.m^{-2}$	$ML^{-1}T^{-2}$
দোলনকাল	Time period	T	সেকেন্ড	s	s	T
তরঙ্গদৈর্ঘ্য	Wave length	λ	মিটার	m	m	L
কম্পাক্ষ	Frequency	f	হার্জ	Hz	s^{-1}	T^{-1}
তাপমাত্রা	Temperature	θ, T	কেলভিন	K	K	Θ
প্রসারণ সহগ	Coefficient of expansion	α, β, γ	প্রতি কেলভিন	K^{-1}	K^{-1}	Θ^{-1}
তাপ	Quantity of heat	Q	জুল	J	N.m	ML^2T^{-2}
তাপ ধারণ ক্ষমতা	Heat capacity	C	জুল/কেলভিন	JK^{-1}	$J.K^{-1}$	$ML^2T^{-2}\Theta^{-1}$
আপেক্ষিক তাপ	Specific heat	s	জুল/কিলোগ্রাম- কেলভিন	$Jkg^{-1}K^{-1}$	$J.kg^{-1}.K^{-1}$	$L^2T^{-2}\Theta^{-1}$
আপেক্ষিক সৃষ্টি তাপ	Specific latent heat	I	জুল/কিলোগ্রাম	$J.kg^{-1}$	$J.kg^{-1}$	L^2T^{-2}
তাপ পরিবাহকত্ব	Thermal conductivity	K	ওয়াট/মিটার- কেলভিন	$Wm^{-1}K^{-1}$	$J.s^{-1}m^{-1}K^{-1}$	$MLT^{-3}\Theta^{-1}$
কোণ	Plane angle	θ	রেডিয়ান	rad	—	—
ঘনকোণ	Solid angle	ω, Ω	স্টেরেডিয়ান	sr	—	—
দীপন তীব্রতা	Luminous intensity	I_v	ক্যান্ডেলা	cd	cd	J
দীপন ফ্লাক্স	Luminous flux	Q	লুমেন	lm	cd.sr	J
দীপন	Illuminance	E	লাক্স	lx	$lm.m^{-2}$	JL^{-2}
লেপের ক্ষমতা	Power of a lens	P	ডাইঅপ্টার	d	m^{-1}	L^{-1}
তড়িৎ প্রবাহ	Electric current	I	অ্যাম্পিয়ার	A	A	I
আধান	Charge	q, Q	কুলস্ব	C	A.s	IT

রাশি		এস আই একক			মাত্রা
নাম	ইংরেজি পরিভাষা	সংকেত	নাম	সংকেত	প্রতিপাদন
তড়িৎ তৈর্তন্ত্র	Electric field strength/ electric intensity	E	নিউটন/কুলস্ব	N C ⁻¹	N.C ⁻¹
তড়িৎ বিভব	Electric potential	V	ভোল্ট	V	J.C ⁻¹
তড়িচ্ছালক শক্তি	Electromotive force	E	ভোল্ট	V	J.C ⁻¹
রোধ	Resistance	R	ও'ম	Ω	V.A ⁻¹
আপেক্ষিক রোধ	Specific resistance, Resistivity	ρ	ও'ম-মিটার	Ω m	ML ³ T ⁻³ I ⁻²
পরিবাহিতা	Conductance	G	সিমেন্স	S	A.V ⁻¹
পরিবাহকত্ব	Conductivity	σ	প্রতি ও'ম প্রতি মিটার	Ω ⁻¹ m ⁻¹	Ω ⁻¹ m ⁻¹
সক্রিয়তা	Activity	A	becquerel	Bq	s ⁻¹
					T ⁻¹

বিজ্ঞানীরা এমন অনেক রাশি ব্যবহার করে থাকেন যেগুলোর মান খুব বড় বা খুব ছোট হতে পারে। যেমন আলোর দ্রুতি $300000000 \text{ m s}^{-1}$ এবং ইলেক্ট্রনের আধানের পরিমাণ $0.0000000000000000016 \text{ C}$ । স্বাভাবিকভাবেই এ জাতীয় সংখ্যা পড়া, লেখা, বোঝা এবং মনে রাখা খুবই অসুবিধাজনক। অনেক সময় কোনো রাশির সাথে এককের পরিবর্তে এককের ভগ্নাংশ বা গুণিতক ব্যবহার করা সুবিধাজনক হয়। আমরা 10 (দশ) সংখ্যাটির উৎপাদক ব্যবহার করে এ কাজটি সহজে করতে পারি। যখন একটি রাশির মান খুব বড় বা খুব ছোট হয়, তখন সারণি 1.৩ এ বর্ণিত দশের সূচক বা উপসর্গগুলো খুবই প্রয়োজনীয় হয়।

সারণি ১.৩ : দশের সূচক, তাদের নাম ও উদাহরণ

উপসর্গ	উৎপাদক	সংকেত	উদাহরণ
ইয়োট্টা (yotta)	10^{24}	Y	1 ইয়োট্টামিটার = $1 \text{ Ym} = 10^{24} \text{ m}$
জেট্টা (zetta)	10^{21}	Z	1 জেট্টামিটার = $1 \text{ Zm} = 10^{21} \text{ m}$
এক্সা (exa)	10^{18}	E	1 এক্সামিটার = $1 \text{ Em} = 10^{18} \text{ m}$
পেট্টা (peta)	10^{15}	P	1 পেট্টামিটার = $1 \text{ Pm} = 10^{15} \text{ m}$
টেরা (tera)	10^{12}	T	1 টেরাজুল 1 TJ = 10^{12} J
গিগা (giga)	10^9	G	1 গিগাবাইট 1GB = 10^9 B
মেগা (mega)	10^6	M	1 মেগাওয়াট = $1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$
মিরিয়া (myria)	10^4	Ma	1 মিরিয়ামিটার বা মিরিয়া মি = $1 \text{ Mam} = 10 \text{ km}$
কিলো (kilo)	10^3	k	1 কিলোভোল্ট = $1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V}$
হেক্টো (hecto)	10^2	h	1 হেক্টোপ্যাসকেল = $1 \text{ hPa} = 10^2 \text{ Pa}$

ডেকা (deca)	10^1	da	১ ডেকানিউটন = 1 daN = 10 N
ডেসি (deci)	10^{-1}	d	১ ডেসিম'ম = 1 dΩ = $10^{-1} \Omega$
সেন্টি (centi)	10^{-2}	c	১ সেন্টিমিটার = 1 cm = 10^{-2} m
মিলি (milli)	10^{-3}	m	১ মিলিঅ্যাম্পিয়ার = 1 mA = 10^{-3} A
মাইক্রো (micro)	10^{-6}	μ	১ মাইক্রোভেল্ট = 1 μV = 10^{-6} V
ন্যানো (nano)	10^{-9}	n	১ ন্যানোসেকেণ্ড = 1 ns = 10^{-9} s
পিকো (pico)	10^{-12}	p	১ পিকোফ্যারাড = 1 pF = 10^{-12} F
ফেমটো (femto)	10^{-15}	f	১ ফেমটোমিটার = 1 fm = 10^{-15} m
অটো (atto)	10^{-18}	a	১ অটোওয়াট = 1 aW = 10^{-18} W
জেপ্টো (zepto)	10^{-21}	z	১ জেপ্টোমিটার = 1 zm = 10^{-21} m
ইয়োক্টো (yocto)	10^{-24}	y	১ ইয়োক্টোমিটার = 1 ym = 10^{-24} m

বৈজ্ঞানিক ও দৈনন্দিন হিসাব নিকাশের জন্য এসআই এককের পাশাপাশি দৈর্ঘ্য ও ভরের জন্য অতি ক্ষুদ্র ও অতি বৃহৎ বিভিন্ন একক ব্যবহৃত হয়। দৈর্ঘ্য বা দূরত্ব ও ভরের এমন কয়েকটি ক্ষুদ্র ও বৃহৎ একক নিচে উল্লেখ করা হলো :

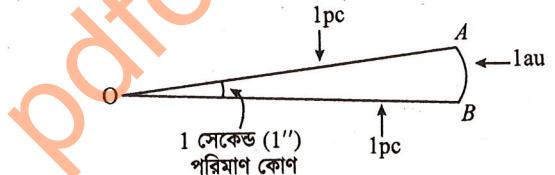
$$1 \text{ ফার্মি (fm)} = 10^{-15} \text{ m}$$

$$1 \text{ অ্যাঞ্টোমি (Å)} = 10^{-10} \text{ m}$$

১ অ্যাঞ্টোনোমিক্যাল ইউনিট (au) : সূর্য ও গ্রহসমূহের মধ্যকার গড় দূরত্বকে এক অ্যাঞ্টোনোমিক্যাল ইউনিট বলে।
 $1 \text{ au} = 1.495 \times 10^8 \text{ km}$

১ আলোক বর্ষ বা লাইট ইয়ার (ly) : আলো $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ বেগে এক বছরে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে এক আলোক বর্ষ বলে। $1 \text{ ly} = 9.46 \times 10^{15} \text{ km}$

১ পারসেক (pc) : এক অ্যাঞ্টোনোমিক্যাল ইউনিট দৈর্ঘ্যের কোনো চাপ যে দূরত্বে ঠিক এক সেকেণ্ড কোণ ($1''$) উৎপন্ন করে তাকে এক পারসেক (pc) বলে। $1 \text{ pc} = 206265 \text{ au} = 3.2616 \text{ ly} = 3.0857 \times 10^{16} \text{ m}$



চিত্র ১.১ : $AB = 1 \text{ au}$ এবং $\angle AOB = 1''$ হলে $OA = OB = 1 \text{ pc}$

$$1 \text{ হেক্টের (ha)} = 10^4 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ লিটার (L)} = 10^{-3} \text{ m}^3 = 1 \text{ dm}^3 = 10^3 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ কুইটাল (qq)} = 100 \text{ kg}$$

$$1 \text{ টন (t)} = 1000 \text{ kg}$$

$$1 \text{ বছর (y)} = 3.156 \times 10^7 \text{ s}$$

. ১ একীভূত পারমাণবিক ভর একক বা ডেলটন বা unified atomic mass unit or dalton (u বা D_a) :

একটি $^{12}_6\text{C}$ এর ভর ঠিক 12 u এর সমান। অর্থাৎ $^{12}_6\text{C}$ এর ভরের $\frac{1}{12}$ ই হচ্ছে 1u বা এক একীভূত পারমাণবিক ভর। ১৯৬১ খ্রিস্টাব্দের পূর্ব পর্যন্ত অক্সিজেন- $^{16}_8\text{O}$ এর সাথে তুলনা করে আণবিক ও পারমাণবিক ক্ষেত্রে ভর প্রকাশ করা হতো, তখন তাকে পারমাণবিক ভর একক (atomic mass unit) বা amu বলা হতো। এখন যখন আণবিক ও

পারমাণবিক ক্ষেলে ভরকে $^{12}_6\text{C}$ এর সাথে তুলনা করে প্রকাশ করা হয়, তখন তাকে একীভূত পারমাণবিক ভর একক (unified atomic mass unit) বলা হয় এবং তা u দিয়ে প্রকাশ করা হয়। অবশ্য কেউ কেউ এখনো u-কে amu হিসেবে উল্লেখ করে থাকেন যদিও তা $^{12}_6\text{C}$ এর সাথে তুলনা করে নির্ণয় করা হয়। $1\text{u} \text{ বা } 1\text{amu} = 1.661 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ।

জ্ঞান-বিজ্ঞানের বিভিন্ন শাখায় ভৌত রাশির সংকেত হিসেবে অনেক ক্ষেত্রে গ্রিক বর্ণমালার অক্ষর ব্যবহৃত হয়। নিচের ১.৪ সারণিতে গ্রিক বর্ণমালা দেওয়া হলো। এগুলো কম্পিউটারের Font এর মধ্যে Symbol-এ পাওয়া যাবে।

সারণি ১.৪ : গ্রিক বর্ণমালা

উচ্চারণ	বড় হতের	ছোট হাতের	উচ্চারণ	বড় হতের	ছোট হাতের
আলফা (alpha)	A	α	নিউ (nu)	N	ν
বিটা (beta)	B	β	যাই (xi)	Ξ	ξ
গামা (gamma)	Γ	γ	অমাইক্রোন (omicron)	O	ο
ডেল্টা (delta)	Δ	δ	পাই (pi)	Π	π
এফ্সাইলন (epsilon)	E	ε	রো (rho)	R	ρ
জিটা (zeta)	Z	ζ	সিগমা (sigma)	Σ	σ
ইটা (eta)	H	η	টাও (tau)	T	τ
থিটা (theta)	Θ	θ	আপসাইলন (upsilon)	Υ	υ
আইটা (iota)	I	ι	ফাই (phi)	Φ	φ, ϕ
কাপ্পা (kappa)	K	κ	কাই (chi)	X	χ
লেম্বডা (lambda)	Λ	λ	সাই (psi)	Ψ	ψ
মিউ (mu)	M	μ	ওমেগা (omega)	Ω	ω

১.৯। বিভিন্ন রাশির সংকেত, একক ও মান লেখার পদ্ধতি

Procedure of Writing Symbol, Unit and Magnitude of Physical Quantities

বলা হয়ে থাকে পদার্থবিজ্ঞানের ভাষা হচ্ছে গণিত। পদার্থবিজ্ঞানের সূত্রগুলোকে আমরা সাধারণত গাণিতিক সমীকরণ আকারে প্রকাশ করে থাকি। সেই সূত্র বা সমীকরণকে কাজে লাগিয়ে পদার্থবিজ্ঞানীরা বিভিন্ন সমস্যা সমাধান করে থাকেন। এর জন্য বিভিন্ন রাশির বা এককের জন্য বিভিন্ন সংকেত ও প্রতীক ব্যবহার করা হয় এবং তা করা হয় এককের আন্তর্জাতিক পদ্ধতি অনুসরণ করে। শুধু পদার্থবিজ্ঞানই নয় যেকোনো বিষয়ে তথা জ্ঞান-বিজ্ঞানের যেকোনো শাখা-প্রশাখায়ই পরিমাপ করতে গিয়ে আজকাল এককের আন্তর্জাতিক পদ্ধতি ব্যবহৃত হচ্ছে।

এককের সংকেত ও বিভিন্ন রাশির মান লেখার জন্য এ বইয়ে নিম্নোক্ত পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়েছে।

১। কোনো রাশির মান প্রকাশ করার জন্য একটি সংখ্যা লিখে তার পর একটি ফাঁক (ফাঁকা জায়গা বা space যা আসলে গুণ বোঝায়) রেখে এককের সংকেত লিখে প্রকাশ করতে হয়। যেমন- “ 2.21 kg ”, “ $7.3 \times 10^2 \text{ m}^2$ ”, “ 22 K ”। শতকরা চিহ্ন (%) এ নিয়ম মেনে চলে। কিন্তু ব্যতিক্রম হচ্ছে কোণের একক তথা ডিগ্রি, মিনিট বা সেকেন্ড ($^{\circ}$, ‘এবং’’) লেখার সময়। এ সকল ক্ষেত্রে সংখ্যার পরে কোনো ফাঁক (space) দিতে হয় না।

২। গুণনে প্রাপ্ত লক্ষ একক লেখার সময় দুই এককের মাঝখানে একটা ফাঁক (space) দিতে হয়; যেমন, N m .

৩। ভাগ দ্বারা গঠিত লক্ষ এককের ক্ষেত্রে ঝগাঞ্চক সূচক হিসেবে প্রকাশ করা হয়েছে। যেমন মিটার/সেকেন্ড (মিটার প্রতি সেকেন্ড metre per second) কে ms^{-1} দিয়ে প্রকাশ করা হয়েছে।

৪। প্রতীকগুলো যেহেতু গাণিতিক প্রকাশ, কোনো কিছুর সংক্ষিপ্ত রূপ (abbreviations) নয়, কাজেই তাদের সাথে কোনো যতি চিহ্ন বা ফুল স্টপ (full stop) (.) ব্যবহৃত হয় না।

৫। এককের সংকেত লেখা হয় সোজা অক্ষরে (Roman type) যেমন মিটারের (mater) জন্য m , সেকেন্ডের জন্য s ইত্যাদি। কোনো রাশির সংকেত লিখতে হয় বাঁকা হরফে (italic type) ভরের (mass) জন্য m , সরণের

(displacement) জন্য s ইত্যাদি। এ সকল রাশির সংকেত ও একক লেখার সময় আগে পরে কোন ভাষার কোন ফন্ট (font) ব্যবহার করা হয়েছে, তাতে কিছু যায় আসে না।

৬। এককের সংকেত ছোট হাতের হরফে (lower case) লেখা হয় (যেমন “m”, “s”, “mol”)। তবে যে সকল একক ব্যক্তির নাম থেকে নেওয়া হয়েছে সেগুলোর সংকেত লেখার সময় (এক অক্ষরের হলে) বড় হাতের হরফে বা প্রথম অক্ষর (একাধিক অক্ষরের ক্ষেত্রে) বড় হাতের হরফে হবে। যেমন নিউটনের নামানুসারে গৃহীত একক নিউটন হবে N এবং প্যাস্কালের নামানুসারে গৃহীত একক হবে Pa। তবে পুরো একক লিখলে অবশ্যই ছোট হাতের হরফে হবে যেমন newton বা pascal।

৭। এককের উপসর্গ এককেরই অংশ বিধায় এর সংকেত এককের সাথে কোনো ফাঁক ছাড়াই যুক্ত হয়। যেমন-km-এ k, MW এ M, GHz-এ G। একাধিক উপসর্গ অনুমোদিত নয় যেমন μF হবে না, হবে pF।

৮। কিলো (10^3) এর চেয়ে বড় সকল উপসর্গ বড় হাতের হরফে হবে।

৯। এককের সংকেতগুলোর কখনো বহুবচন হয় না। যেমন “25 kg”, হবে কিন্তু “25 kgs” হবে না।

১০। কোনো সংখ্যা বা কোনো যৌগিক একক বা সংখ্যা ও একক দুই লাইনে লেখা পরিহার করা উচিত। খুব প্রয়োজন হলে সংখ্যা ও একককে দুই ভাগ করা যেতে পারে (line-break)।

১.১০। পর্যবেক্ষণ ও পরীক্ষণের ক্রমবিকাশ ও গুরুত্ব

Development and Importance of Experiment and Observation

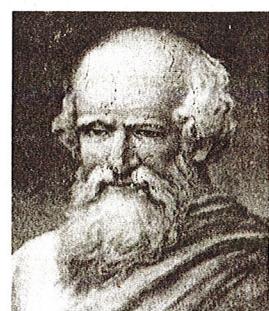
বিজ্ঞানের অগ্রগতিতে পর্যবেক্ষণ ও পরীক্ষণের গুরুত্ব অপরিসীম। বিজ্ঞানের নিরাম, নীতি, তত্ত্ব, সূত্র ইত্যাদির বিকাশের মূলে রয়েছে এদের গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা। প্রাকৃতিক ঘটনাবলির ব্যাখ্যার জন্য যেকোনো বৈজ্ঞানিক পদ্ধতির প্রথম ও গুরুত্বপূর্ণ ধাপ হলো পর্যবেক্ষণ ও পরিমাপ। চৌবাচার পানি উপচে পড়তে দেখে আর্কিমিডিস প্লাবতার সূত্র আবিষ্কার করেন। গাছের আপেল পড়তে দেখে নিউটনকে মহাকর্ষ সম্পর্ক ভাবায়, পাথির উড়া পর্যবেক্ষণ করে লিওনার্দো দা বিঞ্চিং উড়োজাহাজের মডেল তৈরি করেন, মাইক্রোওয়েভ উৎপন্নের যন্ত্র নিয়ে কাজ করার সময় পকেটের চকলেট গলে যেতে দেখে পার্সি স্পেনসার মাইক্রোওয়েভ ওভেন তৈরি করার কথা ভাবেন। এভাবেই বিভিন্ন পর্যবেক্ষণ আমাদেরকে চালিত করে নানা রকম আবিষ্কারের দিকে। পর্যবেক্ষণ দুই রকম হতে পারে-ব্যক্তি সাপেক্ষ (Subjective) ও ব্যক্তি নিরপেক্ষ (Objective)। ব্যক্তি সাপেক্ষ পর্যবেক্ষণ ব্যক্তিভেদে পৃথক হয় কিন্তু ব্যক্তি নিরপেক্ষ পর্যবেক্ষণ সকলের জন্য একই। পদার্থবিজ্ঞান ব্যক্তি নিরপেক্ষ পর্যবেক্ষণ নিয়ে কাজ করে।

কোনো জ্ঞাত পরীক্ষালক্ষ পর্যবেক্ষণকে ব্যাখ্যার জন্য তত্ত্ব দেওয়া হয় কিন্তু তত্ত্ব দ্বারা ভবিষ্যদ্বাণীকৃত ফলকে আবার পরীক্ষণ দ্বারা যাচাই করা হয়। এ নতুন পরীক্ষণ আবার নতুন পর্যবেক্ষণ দিতে পারে যার ফলে তত্ত্বকে পরিবর্তন, পরিবর্ধন বা এর উৎকর্ষ সাধন করা হয়।

আদিকাল থেকে বিভিন্ন বিজ্ঞানী তাদের কাজে পর্যবেক্ষণ ও পরীক্ষণ ব্যবহার করেছেন। কেউ পর্যবেক্ষণ করে তত্ত্ব দিয়েছেন পরে পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয়েছে। কেউ আবার প্রথমে পরীক্ষণ সম্পাদনের সময় বিভিন্ন ঘটনা পর্যবেক্ষণ করেছেন এবং তা ব্যাখ্যার জন্য তত্ত্ব দেয়া হয়েছে। পরীক্ষালক্ষ ফলাফলকে প্রচলিত তত্ত্বের সাপেক্ষে ব্যাখ্যা করা হয়েছে। বিজ্ঞানীদের কাজের ধারায় অনেক ব্যক্তিগত থাকলেও তাদের সবার কাজের মধ্যে কিছু বিষয় একই রকম থাকে, যাকে পরবর্তীতে বৈজ্ঞানিক পদ্ধতি হিসেবে স্বীকৃতি দেওয়া হয়েছে।

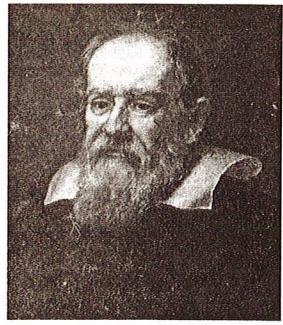
যেসব বিজ্ঞানীর কাজের মাধ্যমে পর্যবেক্ষণ ও পরীক্ষণের ক্রমবিকাশ হয়েছে তাদের মধ্যে অন্যতম হলেন আর্কিমিডিস, গ্যালিলিও, নিউটন, ইয়াং, ফ্যারাডে, রাদারফোর্ড, ম্যাক্সপ্লাক, আইনস্টাইন প্রমুখ।

আর্কিমিডিস (খ্রিস্টপূর্ব ২৮৭-২১২) (Archimedes) : ছাই বিজ্ঞানী আর্কিমিডিসকে এক রাজা বলেছিলেন তার সোনার মুকুটটির সোনা খাঁটি কিনা মুকুট না গলিয়ে তা যাচাই করতে। বাথটাবে গোসল করতে গিয়ে পানি উপচে পড়া থেকে তিনি এ সমস্যা সমাধানের সূত্র পান। কথিত আছে যে, আর্কিমিডিস এতটাই উত্তেজিত হয়ে গিয়েছিলেন তিনি ‘ইউরেকা; ‘ইউরেকা’ (পেয়েছি, পেয়েছি) বলে চিৎকার করতে করতে বিনা বক্সে রাজ দরবারে উপস্থিত হন। এ ঘটনা তাকে তরল পদার্থে নিমজ্জিত বস্তুর ভাসনের সূত্র আবিষ্কার করতে সহায়তা করে। এভাবে তিনি তরল পদার্থে নিমজ্জিত কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল উর্ধ্বমুখী বলের সূত্র



প্রদান করে ধাতুর ভেজাল নির্ণয় করতে সক্ষম হন। তিনি লিভারের নীতি আবিষ্কার করেন। এ ছাড়া তিনি গোলীয় দর্পণের সাহায্যে সূর্যরশ্মি কেন্দ্রীভূত করে আগুন জ্বালানোর কৌশল জানতেন।

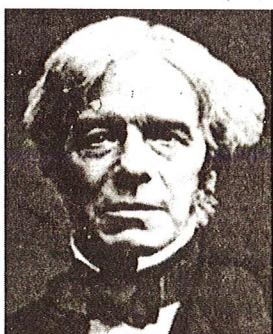
গ্যালিলিও (১৫৬৪-১৬৪২) (Galileo) : ইতালির গণিতবিদ ও পদার্থবিজ্ঞানী গ্যালিলিওর হাতে আধুনিক বৈজ্ঞানিক পদ্ধতির সূচনা হয়। তিনি প্রথম দেখান যে, পর্যবেক্ষণ, পরীক্ষণ এবং সুশৃঙ্খলভাবে ভৌতরাশির সংজ্ঞা প্রদান এবং এদের মধ্যে সম্পর্ক নির্ধারণই বৈজ্ঞানিক কর্মের মূল ভিত্তি। তিনি অ্যারিস্টটলের 'কেন' প্রশ্নের পরিবর্তে 'কেমন করে' প্রশ্নের অবতারণা করেন। ১৫৮৩ সালে তিনি লক্ষ করেন যে, দোলকের দোলনকাল এর বিস্তারের উপর নির্ভরশীল নয়। এর তিন বছর পর তিনি আপেক্ষিক গুরুত্ব মাপার জন্য হাইড্রোষ্ট্যাটিক ব্যালেন্স বা উদ্দিষ্টি নিষ্ঠি আবিষ্কার করেন। ১৬১০ সালে তিনিই প্রথম জ্যোতির্বিদ্যা বিষয়ক টেলিস্কোপ আবিষ্কার করেন এবং এর সাহায্যে বৃহস্পতি গ্রহের চারটি উপর্যুক্ত ও চাঁদের পিঠে পাহাড় আবিষ্কার করেন। গ্যালিলিও সরণ, গতি, ত্বরণ, সময় ইত্যাদির সংজ্ঞা প্রদান ও এদের মধ্যে সম্পর্ক নির্ধারণ করেন। তিনি পড়স্তুত বস্তুর পতনের সূত্র প্রদান করেন এবং দেখান যে, পড়স্তুত বস্তুর দ্রুতি এর ভরের উপর নির্ভরশীল নয়। তিনি সৃতিবিদ্যার (kinematics) ভিত্তি স্থাপন করেন।



আইজ্যাক নিউটন (১৬৪২-১৭২৭) (Isaac Newton) : ইংরেজ গণিতবিদ ও পদার্থবিজ্ঞানী আইজ্যাক নিউটন গ্যালিলিওর উত্তোলিত বৈজ্ঞানিক পদ্ধতির পূর্ণতর রূপ দান করেন। গাণিতিক তত্ত্ব নির্মাণ ও পরীক্ষার মাধ্যমে এর সত্যতা যাচাইয়ের বৈজ্ঞানিক ধারা নিউটন তার বিস্ময়কর প্রতিভার দ্বারা প্রতিষ্ঠা করেন। নিউটন গাছ থেকে আপেল পড়া দেখে অনেক চিন্তাভাবনা ও পর্যবেক্ষণের শেষে মহাকর্ষ সূত্র প্রণয়ন করেন। তিনি গণিতে ক্যালকুলাসের প্রবর্তন করেন এবং নিউটনের গতিসূত্রসমূহ সূত্রায়িত করেন। তিনি বলবিদ্যার জনক। তিনি লেপেসের সূত্র প্রবর্তন করেন এবং প্রতিফলক টেলিস্কোপ আবিষ্কার করেন।



থমাস ইয়েং (১৭৭৩-১৮২৯) (Thomas Young) : থমাস ইয়েং ট্রিটিশ চিকিৎসক ও পদার্থবিজ্ঞানী। তিনি জীবনের প্রথম দিকে চোখ ও এর দৃষ্টি সংক্রান্ত গবেষণা করেন। কিন্তু তিনি 'আলোর তরঙ্গ তত্ত্ব' প্রতিষ্ঠার ও আলোর ব্যতিচারের ঘটনা ব্যাখ্যার জন্য সবচেয়ে বেশি পরিচিতি লাভ করেন। ইয়েং তাঁর বিখ্যাত দ্বি-চির পরীক্ষার সাহায্যে আলোর ব্যতিচার প্রদর্শন করেন যা আলোর তরঙ্গ তত্ত্বকে সুদৃঢ়ভাবে প্রতিষ্ঠা করে। স্থিতিস্থাপকতার দৈর্ঘ্য গুণাঙ্ককে তাঁর নাম অনুসারে ইয়েং গুণাঙ্ক (Young Modulus) নামে নামকরণ করা হয়।



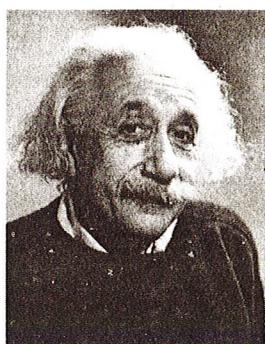
মাইকেল ফ্যারাডে (১৭৯১-১৮৬৭) (Michael Faraday) : ইংরেজ বিজ্ঞানী মাইকেল ফ্যারাডে ছিলেন একাধারে রসায়নবিদ ও পদার্থবিজ্ঞানী। তাঁর সকল আবিষ্কার পরীক্ষালক্ষ পর্যবেক্ষণের উপর ভিত্তি করে। তিনি তাড়িতচৌম্বক আবেশের আবিষ্কারক। তিনি তাড়িতচৌম্বক আবেশ সম্পর্কে সূত্র প্রদান করেন। তার আবিস্ফূত তাড়িতচৌম্বক আবেশ-এর উপর ভিত্তি করে তড়িৎ মোটর ও তড়িৎ জেনারেটর তৈরি হয়েছে। এছাড়া তিনি তড়িৎ বিশ্লেষণের সূত্রও প্রদান করেন।

আর্নেস্ট রাদারফোর্ড (১৮৭১-১৯৩৭) (Ernest Rutherford) : আর্নেস্ট রাদারফোর্ড নিউজিল্যান্ডে জন্মগ্রহণকারী ব্রিটিশ পদার্থবিজ্ঞানী। তেজস্ক্রিয়তা নিয়ে কাজ করতে গিয়ে তিনি ও ফ্রেড্রিক সোডি আলফা কণা, বিটা কণা ও গামা রশ্মি আবিষ্কার করেন। তারা ১৯০৫ সালে ঘোষণা করেন যে, তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের পরপর অনেকগুলো রূপান্তর ঘটে। পরমাণুর অভ্যন্তরীণ গঠন সম্পর্কে প্রথম নির্ভুল বর্ণনা দেন রাদারফোর্ড। ১৯১১ সালে তিনি আলফা কণা বিক্ষেপণ পরীক্ষার সাহায্যে পরমাণুর কেন্দ্রে ধনাত্মক নিউক্লিয়াসের উপস্থিতি নির্ণয় করেন এবং বলেন পরমাণুর সবটুকু ধনাত্মক আধান এবং প্রায় সবটুকু ভর পরমাণুর কেন্দ্রে নিউক্লিয়াস নামক অতি ক্ষুদ্র জায়গায় কেন্দ্রীভূত হয়ে আছে এবং নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ 10^{-15} m পর্যায়ের। ১৯১৯ সালে তিনি হালকা পরমাণুর বিভাজন করতে সক্ষম হন। তাঁর এসব পরীক্ষা-নিরীক্ষা আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানের বিকাশে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।



ম্যার্ক প্ল্যান্ক (১৮৫৮-১৯৪৭) (Max Planck) : জার্মান পদার্থবিজ্ঞানী ম্যার্ক প্ল্যান্ক বিকিরণ সংক্রান্ত কোয়ান্টাম তত্ত্ব আবিষ্কারের মাধ্যমে পদার্থবিজ্ঞান জগতে বিপুল আনন্দ। পরবর্তীতে তাঁর এই কোয়ান্টাম তত্ত্বের সাহায্যে আইনস্টাইন আলোক তড়িৎ ক্রিয়ার (Photoelectric effect) সঠিক ব্যাখ্যা দেন। এছাড়া নীলস বোর এই তত্ত্বের আলোকে তাঁর পরমাণু মডেল উপস্থাপন করেন। কালো বস্তুর বিকিরণ ব্যাখ্যায় অন্যান্য বিজ্ঞানীরা যখন হিমসিম খাচ্ছিলেন তখন তিনি এগিয়ে আসেন। বিকিরণের প্রকৃতি ব্যাখ্যায় প্ল্যান্কের প্রথম সাফল্য হলো তাঁর আবিষ্কৃত কিছু বীজগাণিতিক সূত্র যা বিকিরণকে সঠিকভাবে বর্ণনা করতে সক্ষম। এই সূত্র পরীক্ষণ উপাত্তকে সুস্পষ্টভাবে বর্ণনা করতে পারে। তবে সমস্যা হলো এই সূত্রটি পদার্থবিজ্ঞানের অন্যান্য স্বীকৃত সূত্রগুলো থেকে একেবারেই পৃথক একটি সূত্রের আভাস দিয়েছিলো। প্ল্যান্ক এই সমস্যার উপর চিন্তা করে সবশেষে একটি নতুন তত্ত্বের প্রবর্তন করেন। এটিই পদার্থবিজ্ঞানে বিপুল আনয়নকারী প্রথম বৃহত্তম তত্ত্ব। এই তত্ত্বে তিনি বলেন যে, বিকীর্ণ শক্তি একটি মৌলিক এককের গুণিতক হিসাবে নির্গত হয়, যাকে তিনি নাম দিয়েছেন কোয়ান্টাম। তাঁর তত্ত্বটি কোয়ান্টাম তত্ত্ব নামে পরিচিত। কোয়ান্টাম তত্ত্ব পদার্থবিজ্ঞানে এই সময়ে প্রচলিত ধারণার সম্পূর্ণ বিরোধী হলোও কালো বস্তুর বিকিরণের জন্য একটি নির্ভুল ফর্মুলা বা সূত্রের সঠিক প্রতিপাদন বের করতে সক্ষম হয়।

আলবার্ট আইনস্টাইন (১৮৭৯-১৯৫৫) (Albert Einstein) : আইনস্টাইন জার্মানিতে জন্ম নেওয়া মার্কিন পদার্থবিজ্ঞানী যিনি ১৯০১ সালে সুইস নাগরিকত্ব গ্রহণ করেন। তিনি ১৯০৫ সালে চারটি বিখ্যাত প্রবন্ধ বিভিন্ন জ্যানালে প্রকাশ করেন। একটি হলো ব্রাউনীয় গতি, অপরটি হলো আলোক তড়িৎ ক্রিয়া, তৃতীয়টি হলো আপেক্ষিকতার বিশেষতত্ত্ব এবং চতুর্থটি শক্তি ও জড়ত্বা (যাতে তাঁর বিখ্যাত সমীকরণ $E = mc^2$ রয়েছে)। ১৯১৫ সালে তিনি আপেক্ষিকতার সার্বিক তত্ত্ব প্রদান করেন। তাঁর আপেক্ষিক তত্ত্ব পদার্থবিজ্ঞানের দ্বিতীয় বৃহত্তম তত্ত্ব হিসেবে বিবেচিত। এ তত্ত্ব বিংশ শতাব্দীর পদার্থবিজ্ঞান জগতে বিপুল এনেছে। তাঁর এ তত্ত্ব কেবলমাত্র আগেকার পরীক্ষালক্ষ ফলাফলই ব্যাখ্যা করেনি বরং এমন ভবিষ্যদ্বাণী করেছে যা পরে পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয়েছে। আইনস্টাইনের আপেক্ষিকতা তত্ত্ব পরম কালের ধারণাকে অধীকার করে বৈজ্ঞানিক চিন্তায় বিপুল এনেছে। তাঁর এ তত্ত্ব স্থান ও কাল সম্পর্কে আমাদের ধারণার আয়ুল পরিবর্তন করেছে। তিনি বলেছেন স্থান, কাল ও ভর পরম কিছু নয়, আপেক্ষিক। আইনস্টাইন তাঁর তত্ত্ব স্যাত্ত্ব পরীক্ষণের উপর ভিত্তি করে প্রতিপাদন করেননি, করেছেন প্রতিসাম্য ও গাণিতিক দক্ষতার উপর ভিত্তি করে অর্থাৎ যুক্তির ভিত্তিতে। আর এই তত্ত্ব এ পর্যন্ত সকল পরীক্ষায় উত্তরে গেছে। এই তত্ত্বে তিনি মহাকর্ষীয় তরঙ্গ সম্পর্কে ভবিষ্যদ্বাণী করেছিলেন। তাঁর ভবিষ্যদ্বাণীর ঠিক একশত বছর পরে ২০১৬ সালের ১১ ফেব্রুয়ারি আন্তর্জাতিক বিজ্ঞানীদের দল লাইগো সায়েন্টিফিক



কোলাবোরেশন (LIGO SCIENTIFIC COLLABORATION, LSC) মহাকর্ষীয় তরঙ্গ সরাসরি শনাক্ত করতে সক্ষম হন। ১৯০৫ সালে কোয়ান্টাম তত্ত্বের সাহায্যে আলোক তড়িৎ ক্রিয়ার ব্যাখ্যা প্রদানের জন্যে ১৯২১ সালে তাঁকে নোবেল পুরস্কারে ভূষিত করা হয়।

সুতরাং পর্যবেক্ষণ ও পরীক্ষণের ক্রমবিকাশ বিভিন্ন বিজ্ঞানী তাদের ভূমিকা দ্বারা বৈজ্ঞানিক পদ্ধতিকে সমৃদ্ধিশালী করেছেন। তাঁদের কেউ পর্যবেক্ষণলক্ষ বিষয়কে সূত্রায়িত করে তত্ত্ব দিয়েছেন পরে তা পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয়েছে। আবার কেউ পরীক্ষণলক্ষ পর্যবেক্ষণকে সূত্রায়িত করেছেন।

১.১। পরিমাপের ত্রুটি

Errors in Measurement

পরীক্ষাগারে কোনো রাশির মান নির্ণয় করতে হলে পরিমাপ করতে হয়। পরিমাপ কখনোই নির্ভুল হয় না। সকল পরিমাপেরই সঠিকতার একটা সীমা আছে। যথেষ্ট সতর্কতা অবলম্বন করলেও একই রাশির পরিমাপের সময় একই পরীক্ষকের বিভিন্ন সময়ে পরিমাপ অথবা বিভিন্ন পরীক্ষকের একই সময়ে পরিমাপের বেলায় ভিন্ন মান পাওয়া যেতে পারে। পরিমাপের সময় মূলত পাঁচ ধরনের ত্রুটি দেখা যায়। যথ—

- ১. যান্ত্রিক ত্রুটি,
- ২. পর্যবেক্ষণজনিত ত্রুটি,
- ৩. এলোমেলো ত্রুটি,
- ৪. পুনরাবৃত্তিক বা ব্যবহাগত ত্রুটি ও
- ৫. লঘিষ্ঠ গণন ত্রুটি।

১. যান্ত্রিক ত্রুটি (Instrumental Error) :

পরীক্ষার জন্য যে সমস্ত যন্ত্রপাতি ব্যবহার করা হয় তাতে কিছু ত্রুটি থাকতে পারে। এ সকল ত্রুটিকে যান্ত্রিক ত্রুটি বলে। যদ্বন্নে প্রধানত যেসব ত্রুটি দেখা যায় তা নিচে আলোচনা করা হলো :

- (i) শূন্য ত্রুটি (Zero error),
- (ii) পিছট ত্রুটি (Backlash error) ও
- (iii) লেভেল ত্রুটি বা অনুভূমিক রেখা ত্রুটি (Level error or Horizontal line error)

(i) **শূন্য ত্রুটি** : ভার্নিয়ার ক্লেল, স্লাইড ক্যালিপার্স, স্ক্রু গেজ ও ফেরোমিটারের প্রধান ক্লেলের শূন্য দাগ যদি ভার্নিয়ার বা বৃত্তাকার ক্লেলের শূন্য দাগের সাথে না মেলে তাহলে এ ধরনের ত্রুটি দেখা দেয়। এর ফলে পরীক্ষালক্ষ পাঠ প্রকৃত পাঠের চেয়ে কম বা বেশি হতে পারে। শূন্য ত্রুটির পরিমাণ নির্ণয় করে আপাত পাঠ থেকে তা বিয়োগ করে প্রকৃত পাঠ নির্ণয় করা হয়।

(ii) **পিছট ত্রুটি** : যে সকল যন্ত্র স্ক্রু, নাট ইত্যাদি নীতির উপর ভিত্তি করে তৈরি, সে সকল যন্ত্র যেমন স্ক্রু গেজ একটু পুরানো হলে সাধারণত এই ধরনের ত্রুটি দেখা দেয়। কারণ বহু ব্যবহারের ফলে নাটের গর্ত বড় হয়ে যেতে পারে বা স্ক্রু ক্ষয় হয়ে আলগা হয়ে যায়। ফলে স্ক্রু উভয় দিকে একই পরিমাণ ঘূর্ণনের ফলে একই পরিমাণ দূরত্ব অতিক্রম করে না। এ জাতীয় ত্রুটিকে পিছট ত্রুটি বলে। পাঠ নেওয়ার সময় স্ক্রুকে একই দিকে ঘুরিয়ে পাঠ নিলে এ ত্রুটির হাত থেকে রেহাই পাওয়া যায়।

(iii) **লেভেল ত্রুটি** : নিকি, ট্যানজেন্ট গ্যালভানোমিটার, বিক্ষেপী চৌম্বক মাপক ইত্যাদি যন্ত্রকে ঠিকমত অনুভূমিক করে না নিলে পাঠ নির্ণয়ে ভুল হয়। লেভেলিং স্ক্রু ও স্পিরিট লেভেলের সাহায্যে যন্ত্রগুলো যথাযথ লেভেল করে নিতে হয়।

২. পর্যবেক্ষণজনিত ত্রুটি (Observational Error) :

পর্যবেক্ষণজনিত ত্রুটি বিভিন্নভাবে হতে পারে। যেমন—

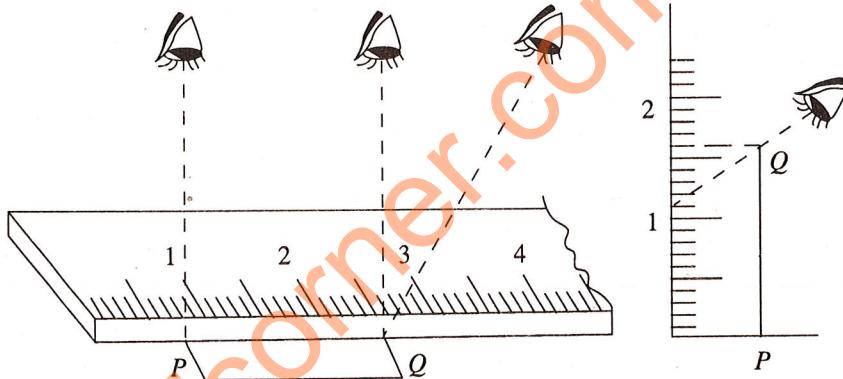
- (i) ব্যক্তিগত ত্রুটি (Personal error),
- (ii) প্রান্ত-দাগ ত্রুটি (End-division error),
- (iii) লবন ত্রুটি (Parallax error),
- (iv) সূচক ত্রুটি (Index error) ও
- (v) পরিবেশগত ত্রুটি (Environmental error)

(i) **ব্যক্তিগত ত্রুটি (Personal error)** : যেকোনো পর্যবেক্ষণের মান বিভিন্ন ব্যক্তির জন্যে বিভিন্ন রকম হতে পারে। আবার একই ব্যক্তি একই পর্যবেক্ষণ কয়েকবার করলে প্রতিবারই পৃথক মান পেতে পারেন। যেমন, কোনো এক সময় কয়েকজন পর্যবেক্ষক যদি একই সরল দোলকের দোলনকাল নির্ণয় করেন তাহলে দেখা যাবে যে, বিভিন্ন ব্যক্তির প্রাণ্ড মান বিভিন্ন হয়েছে। আবার একই ব্যক্তি যদি কয়েকবার দোলনকাল নির্ণয় করেন তাহলে প্রতিবারই পৃথক মান পাওয়া যেতে পারে।

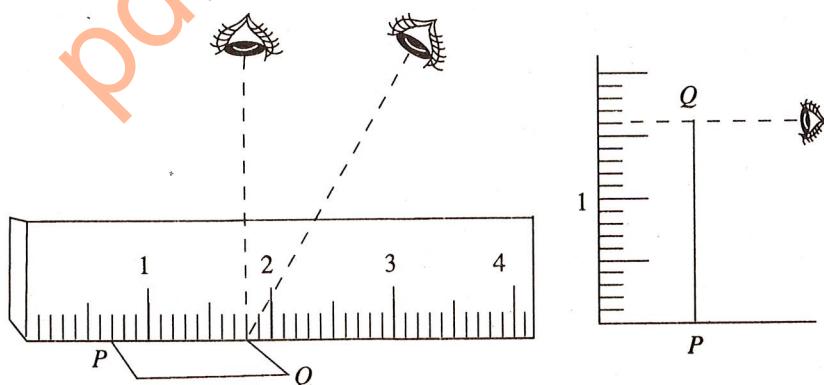
মাপের এ বিভিন্নতা ব্যক্তিৰ চিন্তাধাৰা, মানসিকতা, শাৰীৱিক অবস্থা সব কিছুৰ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰে। এ প্ৰকাৰ ক্ৰটিকে ব্যক্তিগত ক্ৰটি বলে। একই রাশিৰ অনেকগুলো পাঠ নিয়ে গড় পাঠ বেৰ কৰলে এ ক্ৰটি কিছুটা কমানো যায়। তবে এ ক্ৰটি একেবাৰে দূৰ কৰা যায় না।

(ii) প্ৰান্ত-দাগ ক্ৰটি (End-division error) : দীৰ্ঘদিন ব্যবহাৰেৰ ফলে কোনো ক্ষেলেৰ প্ৰান্তেৰ দাগ ক্ষয়ে যেতে পাৰে বা অম্পষ্ট হয়ে পড়তে পাৰে। ফলে, প্ৰান্ত দাগ ব্যবহাৰ কৰে পৰিমাপ নিলে তাতে ভুল হয়ে যেতে পাৰে। তাই ক্ষেলেৰ মাৰামায়ি অংশ ব্যবহাৰ কৰে পাঠ নিলে এ ধৰনেৰ ক্ৰটি এড়ানো যায়।

(iii) লম্বন ক্ৰটি (Parallax error) : দৃষ্টিৰ দিক পৰিবৰ্তনেৰ সাথে সাথে কোনো লক্ষ্যবস্তুৰ অবস্থানেৰ আপাত পৰিবৰ্তনকে লম্বন বলে। এ কাৰণে পৰিমাপে যে ভুল হয় তাকে লম্বন ক্ৰটি বলে। ১.২ চিত্ৰে পৰ্যবেক্ষকেৰ চোখেৰ অবস্থানেৰ পৰিবৰ্তনেৰ সাথে Q বিন্দুৰ পাঠেৰ কীৰক্ষ পৰিবৰ্তন হয় তা দেখানো হয়েছে। এক্ষেত্ৰে PQ বস্তুটি ক্ষেলেৰ দাগেৰ সংস্পৰ্শে না থাকাৰ জন্যে লম্বন ক্ৰটিৰ উদ্ভব হয়। ১.৩নং চিত্ৰে ক্ষেল ব্যবহাৰেৰ সঠিক পদ্ধতি দেখানো হয়েছে। যখন বস্তুটি ক্ষেলেৰ দাগেৰ সংস্পৰ্শে থাকে তখন চোখেৰ অবস্থানেৰ পৰিবৰ্তনেৰ জন্য পাঠেৰ কোনো পৰিবৰ্তন হয় না (১.৩নং চিত্ৰে বাম দিকেৰ ক্ষেল)। কিন্তু বস্তুটি যদি ক্ষেলেৰ দাগেৰ সংস্পৰ্শে না থাকে তাহলে ক্ষেলটিকে দৃষ্টি বেৰখাৰ সাথে সমকোণে রেখে পাঠ নিলে লম্বন ক্ৰটি হবে না (১.৩ নং চিত্ৰে ডান দিকেৰ ক্ষেল)।



চিত্ৰ ১.২ : ক্ষেল ব্যবহাৰেৰ ভুল পদ্ধতি



চিত্ৰ ১.৩ : ক্ষেল ব্যবহাৰেৰ সঠিক পদ্ধতি

(iv) সূচক ক্ৰটি (Index error) : সাধাৱণত আলোক বেঞ্চে এ ধৰনেৰ ক্ৰটি দেখা দেয়। আলোক বেঞ্চে স্ট্যাডেৰ অবস্থানেৰ পাঠ নেয়াৰ জন্য স্ট্যাডেৰ পাদদেশে একটি দাগ থাকে। এ দাগকে সূচক দাগ বলে। দুটি স্ট্যাডেৰ সূচক দাগেৰ মধ্যবৰ্তী দূৰত্ব এবং স্ট্যাডেৰ উপৰ রাখা বস্তুৰ মধ্যবৰ্তী প্ৰকৃত দূৰত্ব সমান নাও হতে পাৰে।

সেক্ষেত্রে সূচক দাগ দেখে পাঠ নিলে যে ভুল হয় তাকে সূচক ত্রুটি বলে। সূচক দণ্ড ব্যবহার করে এ ত্রুটির পরিমাণ নির্ণয় করা যায় এবং আপাত পাঠ থেকে এ ত্রুটি বাদ দিয়ে প্রকৃত পাঠ নির্ণয় করা হয়।

(v) **পরিবেশগত ত্রুটি (Environmental Error)** : তাপমাত্রা, অর্দ্রতা, ভূ-পৃষ্ঠ থেকে উচ্চতা ইত্যাদি নৈসর্গিক কারণে পরীক্ষালক্ষ পাঠ প্রকৃত পাঠ থেকে পৃথক হতে পারে। যেমন আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ের সময় আমরা যে পানি ব্যবহার করি সে পানির তাপমাত্রা 4°C -এ থাকে না, পরীক্ষাগারের তাপমাত্রায় থাকে। এ পানি ব্যবহার করে যে আপেক্ষিক গুরুত্ব পাওয়া যাবে তা প্রকৃত আপেক্ষিক গুরুত্ব হবে না। প্রকৃত আপেক্ষিক গুরুত্ব পাওয়ার জন্যে পরীক্ষালক্ষ মানকে পরীক্ষাগারের তাপমাত্রার পানির আপেক্ষিক গুরুত্ব দিয়ে গুণ করতে হবে।

৩. এলোমেলো ত্রুটি (Random Error) : ঘরের দৈর্ঘ্য মাপার জন্য যতবারই মিটার ক্লেলটি ঘরের মেঝেতে ফেলা হয় ততবারই এলোমেলো ত্রুটি পরিমাপের অন্তর্ভুক্ত হয়। প্রত্যেক বার মিটার ক্লেলটি ফেলার পর এর সম্মুখ প্রান্তের অবস্থান চিহ্নিত করার জন্য মেঝেতে যে দাগ দেওয়া হয়, তা প্রকৃত দাগ থেকে কিছুটা সামনে বা পেছনে দেওয়া হয়। এ দাগের সাথে মিলিয়ে যখন আবার মিটার ক্লেলটি ফেলা হয় তখন আরও একটি এলোমেলো ত্রুটি পরিমাপে এসে যায়। এ দাগের সাথে মিলানোর সময়ও ক্লেলটির পেছনের প্রান্ত কখনো দাগের কিছুটা সম্মুখে বা পেছনে মিলানো হয়। এলোমেলো ত্রুটির ফলে চূড়ান্ত ফলাফল হয়তো অত্যন্ত বেশি বা খুব কম হয়ে যেতে পারে। এলোমেলো ত্রুটিকে এড়ানো সম্ভব নয়। কিন্তু সর্তর্কতা অবলম্বন করলে এ ত্রুটি কমিয়ে আনা যায়। এলোমেলো ত্রুটিকে কমিয়ে আনতে হলে পরিমাপটি বার বার নিয়ে এদের গড় নিতে হয়।

৪. পুনরাবৃত্তিক বা ব্যবস্থাগত ত্রুটি (Systematic Error) : পরীক্ষণের কার্যধারা ও যন্ত্রপাতির ত্রুটিজনিত যে ত্রুটি তাকে বলা হয় পুনরাবৃত্তিক বা ব্যবস্থাগত ত্রুটি। উপরিউক্ত ঘরের দৈর্ঘ্য পরিমাপে পুনরাবৃত্তিক বা ব্যবস্থাগত ত্রুটি তখনই থাকবে যদি মিটার ক্লেলটি 1 মিটারের চেয়ে সামান্য বড় বা ছোট হয় অথবা মিটার ক্লেল মাপার সময় যে দাগ দেওয়া হয় তা যদি সব সময় প্রকৃত স্থান থেকে খালিকটা এগিয়ে বা পিছিয়ে দেওয়া হয়। মিটার ক্লেলটি যদি 1 মিটার থেকে সামান্য বড় হয় বা প্রত্যেক বার এর সম্মুখ প্রান্তের জন্য দাগ যদি কিছুটা এগিয়ে দেওয়া হয় তাহলে ঘরের দৈর্ঘ্য প্রকৃত দৈর্ঘ্যের চেয়ে ছোট হয় বা এর সম্মুখ প্রান্তের জন্য দাগটা যদি কিছুটা পিছিয়ে কাটা হয় তাহলে ঘরের দৈর্ঘ্য প্রকৃত দৈর্ঘ্যের চেয়ে বড় হবে। পুনরাবৃত্তিক ত্রুটি নির্ণয় করতে হলে এবং তার পরিমাপ নিতে হলে যন্ত্রপাতি ও কার্যধারাকে বার বার যাচাই করতে হয়।

পরীক্ষা সম্পাদনকারী কেবল এলোমেলো ত্রুটির হিসাব দিয়ে থাকেন। পুনরাবৃত্তিক ত্রুটির হিসাব দেওয়ার কোনো যুক্তিযুক্ত উপায় নেই। এ ত্রুটি আছে কারণ মনে এ সন্দেহ দেখা দিলেও হিসাব দিতে পারেন না। কারণ, ত্রুটি বের করতে হলে তাকে সম্পূর্ণ পরীক্ষাটি পুনরায় করতে হয়।

৫. লঘিষ্ঠ গণন ত্রুটি (Least Count Error) : কোনো যন্ত্রের সাহায্যে ন্যূনতম যে পরিমাপ নেওয়া সম্ভব তাকে ঐ যন্ত্রের লঘিষ্ঠ গণন বলে। যেমন- মিটার ক্লেলের লঘিষ্ঠ গণন 0.1 cm । আবার স্লাইড ক্যালিপার্সের ক্ষেত্রে তা 0.01 cm । ক্রু গেজ বা ফেরেমিটারের ক্ষেত্রে 0.001 cm ইত্যাদি। লঘিষ্ঠ গণন ত্রুটি যন্ত্রের বিশ্লেষণ ক্ষমতার (Resolution or limit) সাথে সম্পর্কযুক্ত। যেমন মিটার ক্লেলের বিশ্লেষণ ক্ষমতা 0.1 cm , স্লাইড ক্যালিপার্সের 0.01 cm , ক্রু গেজের 0.001 cm । অর্থাৎ এ সকল যন্ত্র এ সীমা পর্যন্ত ভালভাবে বা সঠিকভাবে পরিমাপ করতে পারে। সূক্ষ্মতার যন্ত্র অর্থাৎ অধিক বিশ্লেষণ ক্ষমতার যন্ত্র এবং উন্নততর পরীক্ষা পদ্ধতি ব্যবহার করে লঘিষ্ঠ গণন ত্রুটি কমানো সম্ভব। কোনো রাশি পরিমাপের জন্য অধিক সংখ্যক পাঠ নিয়ে এবং এ পাঠসমূহের গাণিতিক গড় নির্ণয় করে পরিমেয় রাশিটির সঠিক পাঠের সর্বাধিক নিকটবর্তী হওয়া সম্ভব। পরীক্ষা করে দেখা গেছে যে যন্ত্রের লঘিষ্ঠ গণন যত বেশি সে যন্ত্রে ত্রুটির পরিমাণও অধিক আর লঘিষ্ঠ গণন যত কম হবে ত্রুটির পরিমাণও তত কমে আসবে।

এলোমেলো ত্রুটি ও পুনরাবৃত্তিক ত্রুটি উভয় ক্ষেত্রেই লঘিষ্ঠ গণন ত্রুটি পরিলক্ষিত হয়।

কর্মকাণ্ড : একটি দণ্ডের দৈর্ঘ্য 3.532 cm । মিটার ক্লেল, স্লাইড ক্যালিপার্স এবং ক্রু গেজের সাহায্যে কত সঠিকভাবে দণ্ডের দৈর্ঘ্য পরিমাপ করা যাবে?

১.১২। পরিমেয় রাশির শুন্দতর মান নির্ধারণ

Determination of More Accurate Value of Measurable Quantity

পরীক্ষণ বিজ্ঞান ও প্রযুক্তির ভিত্তিই হচ্ছে পরিমাপ। যেকোনো যন্ত্র দিয়ে পরিমেয় প্রত্যেক ফলাফলে একটা অনিচ্ছিক বা সীমাবদ্ধতা থাকে। পরিমাপের এসীমাবদ্ধতাই হচ্ছে পরিমাপের ত্রুটি। প্রত্যেক হিসাবকৃত রাশি বা পরিমাপের উপর নির্ভরশীল তাতে ত্রুটি থাকবেই। প্রকৃতপক্ষে কোনো পরিমাপই ত্রুটিহীন নয়। কোনো রাশির পরিমাপের ক্ষেত্রে দুটি বিষয় বিশেষ শুন্দতপূর্ণ—Accuracy বা শুন্দতা এবং Precision বা সূক্ষ্মতা। কোনো রাশির ত্রুটিমুক্ত পরিমাপ বা পরিমাপের শুন্দতা বলতে আমরা বুঝি রাশিটির পরিমাপ্য মান এর রাশির প্রকৃত মানের কত কাছাকাছি। পক্ষান্তরে সূক্ষ্মতা প্রকৃতপক্ষে যদ্বের সীমাবদ্ধতা নির্দেশ করে। লম্ফিত গণন ত্রুটির উপরই পরিমাপের সূক্ষ্মতা নির্ভরশীল।

পরম ত্রুটি, আপেক্ষিক ত্রুটি, শতকরা ত্রুটি ও আনুপাতিক ত্রুটি

পরম ত্রুটি: কোনো রাশির পরিমাপকৃত মান ও প্রকৃত মানের পার্থক্যকে পরম ত্রুটি বলে। x যদি একটি পরিমাপযোগ্য রাশির প্রকৃত মান হয় আর x_i যদি হয় তার পরিমাপকৃত মান, তাহলে পরম ত্রুটি হবে,

$$\Delta x = x_i - x \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (1.1)$$

Δx ধনাত্মক বা ঋণাত্মক হতে পারে। কিন্তু এর পরম মান সর্বদাই ধনাত্মক।

ধরা যাক, কোনো এক পরিমাপে কোনো রাশি x এর n সংখ্যক পরিমাপের মান যথাক্রমে $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ । পরিমাপযোগ্য এ রাশিটির প্রকৃত মান জানার কোনো পদ্ধতির অনুপস্থিতিতে গাণিতিক গড়কেই প্রকৃত মান হিসেবে বিবেচনা করা হয়। উল্লেখিত পরিমাপকৃত মানগুলোর গাণিতিক গড়ই হবে এই রাশিটির সর্বাধিক গ্রহণযোগ্য মান।

এ মান \bar{x} হলে,

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (1.2)$$

প্রত্যেকটি স্বতন্ত্র পরিমাপের মান রাশিটির প্রকৃত মানের চেয়ে পৃথক অর্থাৎ কম বা বেশি হয়ে থাকে। কোনো রাশির প্রত্যেকটি স্বতন্ত্র পাঠের মান ও রাশিটির প্রকৃত মানের পার্থক্যটি হচ্ছে ত্রুটি। তাহলে প্রত্যেকটি স্বতন্ত্র পরিমাপের জন্য ত্রুটি বা বিচ্যুতি হবে,

$$\Delta x_1 = x_1 - \bar{x}, \Delta x_2 = x_2 - \bar{x}, \dots, \Delta x_n = x_n - \bar{x}$$

সকল ত্রুটির অর্থাৎ Δx সমূহের গড় নিলে গড় ত্রুটি বা গড় বিচ্যুতি (mean deviation) পাওয়া যাবে। অর্থাৎ গড় ত্রুটি,

$$\bar{\Delta x} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots + \Delta x_n}{n} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (1.3)$$

এ গড় $\bar{\Delta x}$ অবশ্যই শূন্য হবে। যেহেতু কতগুলো রাশির গাণিতিক গড় এই রাশিগুলোর মধ্য মানকে নির্দেশ করে আর প্রত্যেক স্বতন্ত্র মান ও মধ্য মানের পার্থক্য তথা বিচ্যুতি ধনাত্মক বা ঋণাত্মক হবে এবং নিঃসন্দেহে এ বিচ্যুতিগুলোর সমষ্টি শূন্য হবে। এ জন্য ত্রুটি হিসেবের সময় স্বতন্ত্র মান থেকে গড় মানের পার্থক্যের পরম মান $|\Delta x|$ নেওয়া হয়। একে পরম ত্রুটি বলা হয়। সকল পরম ত্রুটি অর্থাৎ $|\Delta x|$ এর গড় নিলে গড় পরম ত্রুটি পাওয়া যায়।

$$\text{গড় পরম ত্রুটি বা বিচ্যুতি, } |\bar{\Delta x}| = \frac{|\Delta x_1| + |\Delta x_2| + \dots + |\Delta x_n|}{n} \quad \dots \quad (1.4)$$

অধিকাংশ সময়ে গড় পরম বিচ্যুতির পরিবর্তে বিচ্যুতিগুলোর বর্গের গড় নিয়ে তার বর্গমূল বের করা হয়। একে প্রমাণ বিচ্যুতি (standard deviation) বলে। প্রমাণ বিচ্যুতিকে ০ দিয়ে প্রকাশ করা হয়।

$$\therefore \sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad \dots \quad (1.5)$$

পরিমেয় রাশির শুন্দর মান

গড় পরম ক্রটি $|\bar{x} - \Delta x|$ হলে পরিমাপকৃত রাশির পরম মান, $x = \bar{x} \pm |\Delta x|$ । এ থেকে প্রতীয়মান হয় যে, কোনো ভৌত রাশি x এর পরিমাপ $\bar{x} + \Delta x$ এবং $\bar{x} - \Delta x$ এর মধ্যে অবস্থিত হবে। প্রমাণ বিচ্যুতি বিবেচনা করলে, রাশিটির সঠিক মান হবে $x = \bar{x} \pm \sigma$ অর্থাৎ কোনো ভৌত রাশি এর পরিমাপ $\bar{x} + \sigma$ এবং $\bar{x} - \sigma$ এর মধ্যে অবস্থিত হবে।

পরম ক্রটির পরিবর্তে আমরা কখনো কখনো আপেক্ষিক ক্রটি অথবা শতকরা ক্রটি ব্যবহার করে থাকি।

আপেক্ষিক ক্রটি: গড় পরম ক্রটি $|\bar{x} - \Delta x|$ ও ভৌত রাশিটির পরিমাপকৃত মান বা গড় মান \bar{x} এর অনুপাতকে আপেক্ষিক ক্রটি বলে।

$$\text{অর্থাৎ, আপেক্ষিক ক্রটি, } \delta_x = \frac{\text{গড় পরম ক্রটি}}{\text{গড় মান}} = \frac{|\Delta x|}{\bar{x}} \quad \dots \quad (1.6)$$

শতকরা ক্রটি: আপেক্ষিক ক্রটিকে শতকরা হিসাবে প্রকাশ করলে তাকে শতকরা ক্রটি বলে।

$$\text{শতকরা ক্রটি, } \delta_x = \frac{|\Delta x|}{\bar{x}} \times 100\% \quad \dots \quad (1.7)$$

সুতরাং শতকরা ক্রটি,

$$\delta_x = \frac{\text{প্রকৃত মান} - \text{পরিমাপকৃত মান}}{\text{প্রকৃত মান}} \times 100\% \quad \dots \quad (1.8)$$

আনুপাতিক ক্রটি: কোনো পরিমাপযোগ্য রাশি যদি বিভিন্ন সূচকের এক বা একাধিক রাশির গুণফল হয় তাহলে সংশ্লিষ্ট রাশিগুলোর সূচকের পরম মান ও আপেক্ষিক ক্রটির গুণফলের সমষ্টিকে ঐ পরিমাপ্য রাশিটির আনুপাতিক ক্রটি বলে।

ধরা যাক, x একটি পরিমাপযোগ্য ভৌত রাশি যা u, v ও w এর সাথে নিম্নোক্ত উপায়ে সম্পর্কযুক্ত,

$$x = u^p v^q w^r$$

এখন u, v, w তে ক্রটি হলে x এর পরিমাপেও ক্রটি হবে। u, v ও w পরিমাপে ক্রটি যথাক্রমে $\Delta u, \Delta v$ এবং Δw হলে x এর মানের আনুপাতিক ক্রটি হবে

$$\frac{\Delta x}{x} = p \frac{\Delta u}{u} + q \frac{\Delta v}{v} + r \frac{\Delta w}{w} \quad \dots \quad (1.9)$$

অর্থাৎ ভৌত রাশির সাথে যে সকল রাশি সংশ্লিষ্ট থাকে (এ ক্ষেত্রে u, v, w) তাদের প্রত্যেকের আনুপাতিক ক্রটি পৃথকভাবে নির্ণয় করে ঐ নির্ণীত ক্রটিগুলোর পরিমাণকে তাদের সংশ্লিষ্ট রাশিগুলোর সূচক দ্বারা গুণ করলে ঐ গুণফলগুলোর সমষ্টিই হবে পরিমাপযোগ্য ভৌত রাশিটির আনুপাতিক ক্রটির মান। কাজেই যে রাশির সূচক সংখ্যা বেশি সেই রাশিটি অধিক সতর্কতার সাথে পরিমাপ করতে হয়। উল্লেখযোগ্য যে, ক্রটি হিসাবের সময় সূচকের পরিমাণ তথা পরম মান বিবেচনা করা হয় অর্থাৎ খাণ্ডাত্মক চিহ্ন পরিহার করা হয়।

যেমন, আয়তন V নির্ণয়ের সমীকরণ,

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

সুতরাং V এর আনুপাতিক ক্রটি হবে

$$\frac{\Delta V}{V} = 3 \frac{\Delta r}{r}$$

সম্প্রসারিত কর্মকাণ্ড : পদার্থের গাঠনিক ধর্ম অধ্যায়ে ইয়ৎ শুণাক্ষের জন্য আমরা রাশিমালা পাই (অনু :

$$7.9) Y = \frac{MgL}{\pi r^2 l} \text{। ইয়ৎ শুণাক্ষ নির্ণয়ে আনুপাতিক ক্রটির রাশিমালা নির্ণয় কর।}$$

আমরা জানি, ইয়ৎ শুণাক্ষ

$$Y = \frac{MgL}{\pi r^2 l} = \frac{1}{\pi} MgLr^{-2}l^{-1}$$

$$\text{অতএব, আনুপাতিক ক্রটি, } \frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta M}{M} + \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta L}{L} + 2 \frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta l}{l} \quad \dots \quad (1.10)$$

উল্লেখ্য যে, সূত্রের ধূব রাশির জন্যে কোনো ক্রটি বিবেচিত হয় না।

সামগ্রিক ক্রটি বা মোট ক্রটি (Gross errors) : পর্যবেক্ষকের সতর্কতা বা মনোযোগিতার ঘাটতির কারণে এ ক্রটির উভয় হয়। পরীক্ষণ সম্পাদনের সময় সতর্কতার সাথে মনোসংযোগ করলে এ ক্রটি দূরীভূত হয়।

১.১৩। তাৎপর্যপূর্ণ অঙ্ক

Significant Figures

হিসাব নিকাশের ক্ষেত্রে কিংবা বিশেষ করে চূড়ান্ত ফলাফলের ক্ষেত্রে একটা সমস্যা প্রায়ই দেখা দেয় তাহলো দশমিকের পর কয়টা অঙ্ক রাখতে হবে। অনেককে বলতে শোনা যায় দশমিকের পর দুটো অঙ্কই যথেষ্ট। আসলে দশমিকের পর দুই অঙ্ক রাখার কোনো ধরাবাঁধা নিয়ম নেই। কোনো কোনো ক্ষেত্রে এক অঙ্ক রাখলেই যথেষ্ট আবার কোনো কোনো সময় তিন, চার বা পাঁচ অঙ্কও রাখতে হয়। এটা নির্ভর করে তাৎপর্যপূর্ণ অঙ্কের উপর। এখন স্বত্বাবতই প্রশ্ন আসে তাৎপর্যপূর্ণ অঙ্ক কী? যেকোনো পরিমাপের যে অঙ্কগুলো নির্ভরযোগ্যভাবে জ্ঞাত তাদের ঐ পরিমাপের তাৎপর্যপূর্ণ অঙ্ক বলা হয়। এদের মধ্যে শেষ অঙ্কটি অনিশ্চিত, বাকিগুলো সুনিশ্চিত।

ধরা যাক, মিটার ক্ষেত্রের সাহায্যে কোনো দণ্ডের দৈর্ঘ্য পরিমাপ করা হলো 4.7 cm। এখানে তাৎপর্যপূর্ণ অঙ্ক হলো দুটি। 4.7 cm কে 4.70 cm লেখা ভুল হবে। কেননা 4.70 cm এর অর্থ হলো তৃতীয় তাৎপর্যপূর্ণ সংখ্যা পর্যন্ত পরিমাপটি সঠিক। কিন্তু 4.7 cm বলতে 4.66 cm থেকে 4.74 cm এর মধ্যে যে কোনো পাঁচ বোায়। অপর পক্ষে 4.70 cm বলতে বোায় দশমিকের পরের সংখ্যাটি সুনিশ্চিত।

আবার ধরা যাক, কোনো দণ্ডের দৈর্ঘ্য মিটার ক্ষেত্রের সাহায্যে পরিমাপ করা হলো 15.64 cm। আমরা মিটার ক্ষেত্র থেকে সরাসরি 15.6 cm পড়তে পারি বাকি 0.04 cm চোখে আন্দাজ করে নিই। এক্ষেত্রে আমাদের পরিমাপটি চারটি তাৎপর্যপূর্ণ অঙ্কে প্রকাশ করা হয়েছে যার তিনটি নিশ্চিত এবং একটি অনিশ্চিত।

পরিমাপের বেলায় যে অঙ্ক (ঘৰ) পর্যন্ত আমরা নিশ্চিত এবং যে অঙ্কগুলো (শূন্যসহ) পরিমাপ প্রাকাশকারী সংখ্যার নির্ভুলতায় অবদান রাখে তাদেরকে তাৎপর্যপূর্ণ অঙ্ক (Significant figures) বলা যেতে পারে। যখন কোনো অঙ্কের স্থায়ী মান বোানোর জন্য শূন্য ব্যবহৃত হয় তখন শূন্য তাৎপর্যপূর্ণ সংখ্যা হয় না। উদাহরণস্বরূপ 12.5 kg-এর তিনটি তাৎপর্যপূর্ণ অঙ্ক রয়েছে। একে আমরা 12500 gm বা 12500000 mg হিসেবে লিখতেও এর তাৎপর্যপূর্ণ অঙ্ক তিনটিই থাকে। আবার মনে কর 71 mg-এর কথা, এখানে দুটো তাৎপর্যপূর্ণ অঙ্ক চারটি, যদিও এর বেলায় তিনটি তাৎপর্যপূর্ণ সংখ্যা। এক্ষেত্রে শূন্য থাকার অর্থ হলো নিকটবর্তী শতাংশ পর্যন্ত দৈর্ঘ্য পরিমাপ করা হয়েছে। দশমিকের পর কোনো অঙ্ক নেই এমন ক্ষেত্রে দশমিকের পূর্বের শূন্য বা শূন্যগুলো আমাদের উভয় সংকটে ফেলে দেয়। উপরিউক্ত উদাহরণগুলোতে এগুলো তাৎপর্যপূর্ণ নয়। কিন্তু কখনো কখনো তাৎপর্যপূর্ণ হয়। কোনো বস্তু সতর্কতার সাথে গণনা করে মনে কর তুমি পেলে 200 কারণ এটি 199 বা 201 নয়, যথার্থভাবেই এখানে দুটো শূন্যই তাৎপর্যপূর্ণ।

একটা উদাহরণ নেওয়া যাক। ধরা যাক, কোনো তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল নির্ণয় করতে গিয়ে আমরা এর ব্যাস বের করলাম 0.042 cm। সুতরাং ব্যাসার্ধ $r = \frac{0.042 \text{ cm}}{2} = 0.021 \text{ cm}$ এবং $\pi = 3.1416$ । তারটির প্রস্থচ্ছেদের

ক্ষেত্রফল $A = \pi r^2$ । উপরিউক্ত উপাত্ত ধরে প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল পাওয়া যায় $0.0013854456 \text{ cm}^2$ । এটি অত্যন্ত সঠিক ও নির্ভুল মান, নয় কি?

কিন্তু ব্যাসকে 0.0420 বলে আমরা সুনির্দিষ্ট করিনি। কারণ স্কুল গজটি মাত্র এক সেন্টিমিটারের সহস্রাংশের পরিমাপ দিতে সক্ষম। 0.0416 cm থেকে 0.0424 cm-এর মধ্যে যেকোনো প্রকৃত ব্যাস 0.042 cm পড়া যেতে পারে। এদের নিয়ে প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল মাপলে যথাক্রমে দাঁড়ায় $0.0013591824 \text{ cm}^2$ এবং $0.001411960704 \text{ cm}^2$ । এদের একটির প্রথম তাৎপর্যপূর্ণ অঙ্ক আমাদের কষিতি প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের প্রথমটির সাথে মিলে যায়, অপরটির দুটো অক্ষের সাথে আমাদের কষিতি প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের দুটো অঙ্ক মিলে।

আমরা পুনর্বিবেচনা করে দেখতে পাই যে, π -এর মানে পাঁচটি তাৎপর্যপূর্ণ অঙ্ক রয়েছে কিন্তু ব্যাসের বেলায় রয়েছে মাত্র দুটি এবং চূড়ান্ত ফলাফলে রয়েছে মাত্র দুটি। সুতরাং আমাদের সঠিক উত্তর হবে $A = 0.0014 \text{ cm}^2$ । গুণ বা ভাগের বেলায় তাৎপর্যপূর্ণ অঙ্ক হবে ন্যূনতম তাৎপর্যপূর্ণ অঙ্কবিশিষ্ট গুণকটির তাৎপর্যপূর্ণ অঙ্ক সংখ্যার সমান।

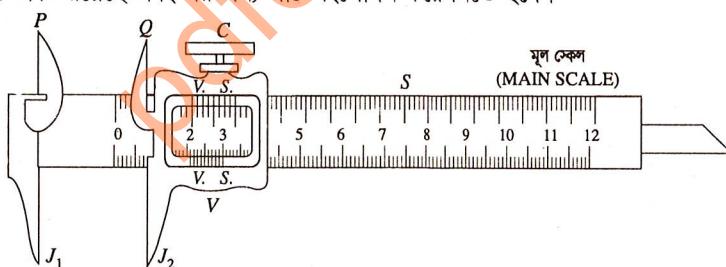
১.১৪। পরিমাপের কয়েকটি যন্ত্র

Few Measuring Instruments

পদাৰ্থবিজ্ঞানে বিভিন্ন রাশিৰ পরিমাণ অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। নিচে পরিমাপের কয়েকটি যন্ত্রের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দেওয়া হলো :

স্লাইড ক্যালিপার্স SLIDE CALIPERS

স্লাইড ক্যালিপার্সের অপর নাম ভার্নিয়ার ক্যালিপার্স। কারণ এই যন্ত্র দ্বারা মাপজোখের বেলায় ভার্নিয়ার পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। এই যন্ত্রের প্রধান অংশ একটি ইস্পাতের বা প্লাস্টিকের ক্ষেল S (চিত্র ১.৪)। ক্ষেলের নিচের দিকে সেন্টিমিটার ও উপরের দিকে ইঞ্জিনিয়েটর দাগ কাটা থাকে। এটি যন্ত্রের প্রধান ক্ষেল। প্রধান ক্ষেলের যে প্রান্তে শূন্য দাগ কাটা থাকে অর্থাৎ যে প্রান্ত থেকে সূচনা হয় সে প্রান্তে একটি ধাতব চোয়াল J_1 লাগান থাকে। প্রধান ক্ষেলের গায়ে J_2 চোয়ালযুক্ত ভার্নিয়ার ক্ষেল V পরানো থাকে। এই চোয়ালযুক্ত ভার্নিয়ার প্রধান ক্ষেলের উপর সামনে বা পিছনে সরানো যায়। এই ক্ষেলের সাথে একটি স্কুল C থাকে। এই স্কুল সাহায্যে ভার্নিয়ার ক্ষেলকে প্রধান ক্ষেলের গায়ে যেকোনো স্থানে আটকে রাখা যায়। চোয়াল দুটি লেগে থাকলে সাধারণত ভার্নিয়ার ক্ষেলের শূন্য দাগ প্রধান ক্ষেলের শূন্য দাগের সাথে মিলে যায়। অনেক যন্ত্রে নাও মিলতে পারে। তখন বুঝতে হবে যান্ত্রিক ক্রটি রয়েছে এবং এর জন্য পাঠ সংশোধন করে নিতে হবে।



চিত্র : ১.৪

এই যন্ত্র ব্যবহার করতে হলে প্রথমেই এর ভার্নিয়ার ধ্রুব নির্ণয় করতে হয়।

ভার্নিয়ার ধ্রুব :

একটি ভার্নিয়ার ক্ষেল দ্বারা ক্ষুদ্রতম যে দৈর্ঘ্য সঠিকভাবে পরিমাপ করা যায় সেটাই হচ্ছে ভার্নিয়ার ধ্রুব। অর্থাৎ ভার্নিয়ার ধ্রুবই হচ্ছে ভার্নিয়ার ক্ষেলের লাইট গণন (Least count)। প্রধান ক্ষেলের ক্ষুদ্রতম একঘর ও ভার্নিয়ার ক্ষেলের এক ঘরের দৈর্ঘ্যের পার্থক্যই ভার্নিয়ার ধ্রুব।

প্রধান ক্ষেলের ক্ষুদ্রতম ঘরের মানকে ভার্নিয়ার ক্ষেলের মোট ঘরসংখ্যা দিয়ে ভাগ করলে ভার্নিয়ার ধ্রুব পাওয়া যায়। প্রধান ক্ষেলের 1 ঘরের মান s এবং ভার্নিয়ার ক্ষেলের মোট ঘরসংখ্যা n হলে ভার্নিয়ার ধ্রুব (Vernier Constant),

$$VC = \frac{s}{n}$$

উদাহৰণ :

প্ৰধান ক্ষেলের ১ ঘৰেৰ মান, $s = 1 \text{ mm} = 0.1 \text{ cm}$

ভাৰ্নিয়াৰ ক্ষেলেৰ মোট ঘৰসংখ্যা, $n = 10$

$$\therefore \text{ভাৰ্নিয়াৰ ধ্ৰুব, } VC = \frac{s}{n} = \frac{0.1 \text{ cm}}{10} \\ = 0.01 \text{ cm}$$

যান্ত্ৰিক ত্ৰুটি

স্লাইড ক্যালিপার্সেৰ চোয়াল দুটি একত্ৰে মিলিয়ে যান্ত্ৰিক ত্ৰুটি নিৰ্ণয় কৰা হয়। যন্ত্ৰেৰ চোয়াল দুটি একত্ৰে মিলালে :

১. যদি ভাৰ্নিয়াৰ ক্ষেলেৰ শূন্য দাগ প্ৰধান ক্ষেলেৰ শূন্য দাগেৰ সাথে মিলে যায়, তাহলে যান্ত্ৰিক ত্ৰুটি শূন্য।
২. যদি ভাৰ্নিয়াৰ ক্ষেলেৰ শূন্য দাগ প্ৰধান ক্ষেলেৰ শূন্য দাগেৰ ডান দিকে থাকে, তাহলে যান্ত্ৰিক ত্ৰুটি ধনাত্মক।
৩. যদি ভাৰ্নিয়াৰেৰ শূন্য দাগ প্ৰধান ক্ষেলেৰ শূন্য দাগেৰ বাম দিকে থাকে তাহলে যান্ত্ৰিক ত্ৰুটি ঋণাত্মক।

ক্ষেলেৰ পাঠ

পৰীক্ষাধীন বস্তুকে দুই চোয়ালেৰ মধ্যে রেখে চোয়াল দুটি দ্বাৰা বস্তুটিৰ দুই প্ৰান্ত স্পৰ্শ কৰতে হয়। এই অবস্থায় ভাৰ্নিয়াৰেৰ শূন্য দাগ প্ৰধান ক্ষেলেৰ যে দাগ পাৰ হয়েছে তা দেখতে হয়। এই দাগেৰ পাঠই হচ্ছে প্ৰধান ক্ষেল পাঠ, M । এৰাৰ ভাৰ্নিয়াৰেৰ কত সংখ্যক দাগ প্ৰধান ক্ষেলেৰ যে কোনো একটি দাগেৰ সাথে মিলে গৈছে তা লক্ষ্য কৰতে হয়। এটি ভাৰ্নিয়াৰ সমপাতন V । ভাৰ্নিয়াৰ সমপাতনকে ভাৰ্নিয়াৰ ধ্ৰুব (VC) দ্বাৰা গুণন কৰে ভাৰ্নিয়াৰ ক্ষেল পাঠ নিৰ্ণয় কৰা হয়।

প্ৰধান ক্ষেল পাঠেৰ সাথে ভাৰ্নিয়াৰ ক্ষেল পাঠ যোগ কৰে বস্তুটিৰ আপাত দৈৰ্ঘ্য নিৰ্ণয় কৰা হয়। আপাত দৈৰ্ঘ্য থেকে যান্ত্ৰিক ত্ৰুটি ($\pm e$) বিৱোগ কৰে প্ৰকৃত দৈৰ্ঘ্য নিৰ্ণয় কৰা হয়।

স্লাইড ক্যালিপার্স তথা যেকোনো ভাৰ্নিয়াৰ যন্ত্ৰেৰ সাহায্যে যেকোনো একাৰ দৈৰ্ঘ্যেৰ পাঠ :

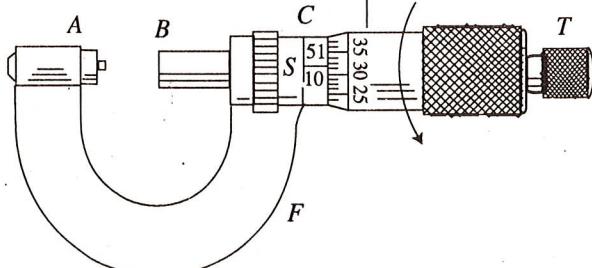
$$\text{দৈৰ্ঘ্য} = M + V \times VC - (\pm e) \quad \dots \quad \dots \quad (1.11)$$

M = প্ৰধান ক্ষেল পাঠ, V = ভাৰ্নিয়াৰ সমপাতন সংখ্যা

VC = ভাৰ্নিয়াৰ ধ্ৰুব, $\pm e$ = যান্ত্ৰিক ত্ৰুটি।

স্কু. গজ SCREW GAUGE

এই যন্ত্ৰেৰ অপৱ নাম মাইক্ৰোমিটাৰ স্কু. গজ। এই যন্ত্ৰেৰ সাহায্যে তাৱেৰ ব্যাসাৰ্ধ, সৰু চোঙেৰ (সিলিন্ডাৰ) ব্যাসাৰ্ধ ও ছোট দৈৰ্ঘ্য পৰিমাপ কৰা যায়। এতে রয়েছে দুই প্ৰান্তে দুটি সমান্তৰাল বাহুবিশিষ্ট U-আকৃতিৰ ফ্ৰেম বা কাঠামো F (চিত্ৰ-১.৫)। এৰ এক বাহুৰ সমতল পিঠ (face) A এৰ সাথে একটি সমতল প্ৰান্তবিশিষ্ট দণ্ড বা কীলক স্থায়ীভাৱে আটকানো রয়েছে এবং অপৱ বাহুতে রয়েছে একটি ফাঁপা নল C । এই নলেৰ রয়েছে মিলিমিটাৰেৰ দাগাক্ষিত একটি সৱল ক্ষেল। একটি বেলনাকৃতি টুপি T পৰিহিত একটি স্কু. এই ফাঁপা নল C -এৰ ভিতৱে চলাফেৰা কৰতে পাৰে।



চিত্ৰ : ১.৫

বেলনাকৃতি টুপি T এর কিনারাকে সাধারণত সমান পঞ্চাশ বা একশ ভাগ করা থাকে। স্তুর মাথা B যখন স্থায়ী কীলক বা সমতল প্রান্তবিশিষ্ট দণ্ড A স্পর্শ করে তখন বৃত্তাকার ক্ষেলের শূন্য দাগ রেখিক ক্ষেলের শূন্য দাগের সাথে মিলে যায়। এ রকম অবস্থায় দুটি ক্ষেলের শূন্য দাগ যদি না মিলে তাহলে বুঝতে হবে যান্ত্রিক ত্রুটি রয়েছে।

স্তুপিচ বা পিচ (Pitch) : টুপি T একবার ঘুরালে অর্থাৎ বৃত্তাকার ক্ষেলটি সম্পূর্ণ একবার ঘুরালে একটি রেখিক ক্ষেল বরাবর যে দৈর্ঘ্য অতিক্রম করে তাকে স্তুপিচ বা পিচ বলে।

লম্বিষ্ঠ গণন বা লম্বিষ্ঠ মান বা লম্বিষ্ঠ প্রুবক বা ন্যূনাঙ্ক (Least count) : এই যন্ত্রের সাহায্যে স্ফুরতম যে দৈর্ঘ্য পরিমাপ করা যায় তাই হচ্ছে ন্যূনাঙ্ক বা লম্বিষ্ঠ গণন। বৃত্তাকার ক্ষেলের মাত্র এক ভাগ ঘুরালে T -এর প্রান্ত বা স্তুর যতটুকু সরে আসে তাকে বলা হয় যন্ত্রের লম্বিষ্ঠ গণন (LC)। যন্ত্রের পিচকে বৃত্তাকার ক্ষেলের ভাগ সংখ্যা দিয়ে ভাগ করলে লম্বিষ্ঠ গণন পাওয়া যায়।

পিচ

$$\text{লম্বিষ্ঠ গণন } (LC) = \frac{\text{বৃত্তাকার ক্ষেল ভাগ সংখ্যা}}{\text{বৃত্তাকার ক্ষেলের ভাগ সংখ্যা}}$$

বৃত্তাকার ক্ষেলের ভাগ সংখ্যা 100 এবং যন্ত্রের পিচ 1 mm হলে

$$\text{লম্বিষ্ঠ গণন} = \frac{1}{100} \text{ mm বা } 0.01 \text{ mm}$$

স্তুর গজের যান্ত্রিক ত্রুটি (Instrumental error) : স্তুর গজে দুই ধরনের যান্ত্রিক ত্রুটি দেখা যায়; যথা : শূন্য ত্রুটি (Zero error) ও ব্যাকল্যাশ ত্রুটি বা পিছট ত্রুটি (Backlash error)।

শূন্য ত্রুটি (Zero error) : স্তুর মাথা যখন স্থায়ী কীলক বা সমতল প্রান্তবিশিষ্ট দণ্ড A স্পর্শ করে তখন বৃত্তাকার ক্ষেলের শূন্য দাগের সাথে মিলে যাওয়া উচিত। যদি না মিলে তাহলে বোঝাতে হবে যান্ত্রিক ত্রুটি রয়েছে।

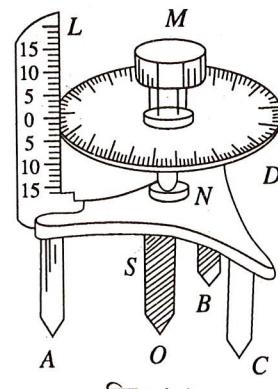
স্তুর গজের সাহায্যে দৈর্ঘ্য নির্ণয়ের পাঠ

$$d \text{ বা } l = \text{রেখিক ক্ষেল পাঠ } (L) + \text{বৃত্তাকার ক্ষেল ভাগ সংখ্যা } (C) \times \text{লম্বিষ্ঠ গণন } (LC) - (\pm \text{ যান্ত্রিক ত্রুটি } (\pm e))$$

$$\text{বা, } d \text{ বা, } l = L + C \times LC - (\pm e) \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (1.12)$$

ফেরোমিটার SPHEROMETER

ফেরোমিটার যন্ত্রের সাহায্যে কাচের বা অন্যান্য পাতলা পাতের পুরুত্ব এবং গোলীয় তলের বক্রতার ব্যাসার্ধ মাপা হয়। এ যন্ত্রের সাহায্যে গোলীয় তলের (spherical surface) বক্রতার ব্যাসার্ধ মাপা যায় বলে এর নাম হয়েছে ফেরোমিটার হাতলসহ একটি মাইক্রোমিটার স্তুর S (চিত্র ১.৬) এ যন্ত্রের প্রধান অংশ। স্তুর একটি নাটের মধ্য দিয়ে চলাফেরা করতে পারে। নাটটি তিনটি পা A , B ও C এর উপর ভর করে আছে। A , B , C পরম্পর থেকে সমান দূরত্বে থেকে একটি সমবাহু ত্রিভুজ তৈরি করে। স্তুর মাথায় লাগানো রয়েছে একটি ইস্পাতের বৃত্তাকার চাকতি D । এ চাকতির কিনারা তথা পরিধিকে কতগুলো সমান ভাগে দাগ কাটা হয়, ফলে এটি একটি বৃত্তাকার ক্ষেল পরিণত হয়। দাগকাটা বৃত্তাকার ক্ষেলটি সাধারণত 50, 100 বা 200 অংশে বিভক্ত থাকে। স্তুর ঘুরালে এ চাকতি তিনটি পায়ের একটির সাথে আটকানো রেখিক মিলিমিটার ক্ষেল L বরাবর ওঠানামা করতে পারে।



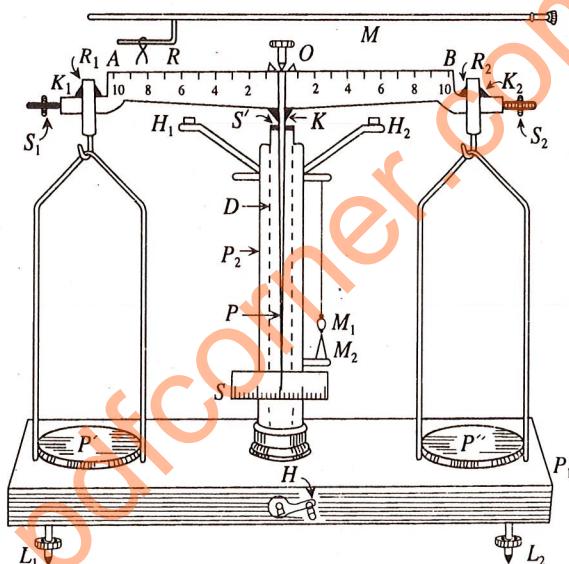
চিত্র : ১.৬

সাধারণ নিক্তি COMMON BALANCE

পরীক্ষাগারে যে যন্ত্রের সাহায্যে কোনো বস্তুর ভর পরিমাপ করা হয় তাকে সাধারণ নিক্তি বলে। একটি সাধারণ নিক্তির গঠন নিচে বর্ণনা করা হলো।

পাটাতন P_1 : এটি কাঠের তৈরি। পাটাতন তিনটি লেভেলিং স্ক্রুর L_1, L_2 ও L_3 এর উপর বসানো থাকে। দুটি সামনের দিকে একটা পেছনের দিকে (পেছনের স্ক্রু চিত্রে দেখানো হয়নি)। এ স্ক্রু তিনটির সাহায্যে নিক্তিকে অনুভূমিক করা হয় (চিত্র ১.৭)।

পিলার P_2 : এটি একটি ফাঁপা ধাতব দণ্ড। এটি পাটাতনের উপর খাড়া এবং দৃঢ়ভাবে আটকানো থাকে। ফাঁপা দণ্ডের মধ্যে একটি নিরেট দণ্ড D প্রবেশ করানো থাকে। পাটাতন সংলগ্ন একটি হাতল H এর সাহায্যে নিরেট দণ্ডটিকে খাড়ভাবে ঝওঠানামা করা যায়। নিরেট দণ্ডের মাথায় একটি ইস্পাত বা অ্যাগেটের পাত S বসানো থাকে। এর ওপরের দিকে দুটি ধাতব ধারক H_1, H_2 লাগানো থাকে। হাতল H ঘুরিয়ে নিক্তির বিমটি নিচে নামালে বিমটি এর ওপরে থাকে।



চিত্র : ১.৭

বিম বা তুলাদণ্ড AB : এটি একটি হাঙ্কা, লম্বা ধাতব দণ্ড। এর ঠিক মধ্যস্থলে নিচের দিকে ইস্পাত বা অ্যাগেট-এর তৈরি একটি স্কুরধার ত্রিশির টুকরো K থাকে। এ ত্রিশির টুকরোর সূচালো প্রান্ত নিম্নমুখী করে S' পাতের উপর এমনভাবে বসানো থাকে যেন বিমটি সহজে দোল খেতে পারে। এজন্য ত্রিশির টুকরো K -কে ফালক্রাম বলা হয়। ফালক্রামের দু পাশের বিমের দু অংশকে নিক্তির বাহু বলা হয়। ফালক্রামের দু পাশে বিমের সম্মুখ পৃষ্ঠে একটি দাগাক্ষিত ক্ষেল থাকে। এ ক্ষেলে প্রত্যেক পাশে মোট 10 টি সমান বড় ভাগ থাকে। একটি বড় ভাগ আবার 5 টি বা 10 টি সমান ছেট ছেট ভাগে বিভক্ত থাকে।

স্টি঱াপ R_1, R_2 : বিমের দু প্রান্তে দুটি স্কুরধার ত্রিশির K_1 ও K_2 -এর উপর দুটি স্টি঱াপ বসানো থাকে। স্টি঱াপ দুটির সাথে দুটি হক লাগান থাকে। দুটি সমান ওজনের পাল্লা P', P'' যথাক্রমে স্টি঱াপ R_1 ও R_2 থেকে ঝুলানো থাকে।

ক্ষু' রাইডার S_1, S_2 : বিমের দুই প্রান্তে দুটি ছোট ক্ষু' S_1 ও S_2 থাকে। এ ক্ষু' দুটি ঘূরিয়ে ডান বামে সরিয়ে বিমের ভারকেন্দ্র K ক্রিশিরের উপর রাখা হয়।

সূচক ও ক্ষেল P, S : সূচক P হচ্ছে বিমের ঠিক মাঝখানে লম্বভাবে আটকানো একটি সরু কাঁটা। বিমটি দোল খাওয়ার সাথে সাথে সূচকটি দুলতে থাকে এবং এর প্রান্ত পিলারের নিচে অবস্থিত ক্ষেল S এর গা ঘেঁষে চলতে পারে। বিমটি অনুভূমিক থাকলে সূচকটি ক্ষেলের মধ্যস্থলের দাগের সাথে মিলে থাকে।

ওলন দড়ি M_1 : পিলারের একপাশে একটি সূচাগ্র ছোট বস্তু M_1 সুতায় বেঁধে ঝুলানো থাকে। এটি ওলন দড়ি। আর একটি সূচাগ্র M_2 পিলারের গায়ে দৃঢ়ভাবে আটকানো থাকে। বিমটি অনুভূমিক অবস্থায় থাকলে M_1 ও M_2 এর সূচাগ্র প্রান্তদ্বয় মিলে থাকে।

রাইডার R : এটি দশ মিলিট্রাম ভরের একটি বাঁকানো তার। বিমের সমান্তরালে অবস্থিত একটি চলনকাঠি M এর সাহায্যে রাইডারকে বিমের সমুখ পৃষ্ঠে অবস্থিত ক্ষেলের যে কোনো দাগে রাখা যায়। রাইডারটিকে বিমের ডান বাহুর উপর বড় এক দাগের উপর রাখলে ডান দিকের পাল্লায় এক মিলিট্রাম ভর বাড়ানো হলো ধরতে হবে।

বাক্স : নিক্রিটি ভাসমান ধূলিকণা এবং বায়ুর বাপটা থেকে রক্ষা করার জন্য একটি কাচের বাক্সের মধ্যে রাখা হয়। বাক্সের সম্মুখের দরজা খুলে পরীক্ষণীয় বস্তুকে বাম পাল্লায় এবং বাটখারা ডান পাল্লায় চাপানো হয়।

নিক্রির সাহায্যে ভর নির্ণয়ের পদ্ধতি : ক্ষুরধার K এবং পাত S' মধ্যে ঘর্ষণের ফলে সূচক কাঁটা P দমিত দোলগতি প্রাপ্ত হয় এবং এতে করে সূচকের দোলনের বিস্তার ধীরে ধীরে কমতে থাকে ফলে সূচকটি স্থির অবস্থায় আসতে অনেক সময় নেয়। অথবা কালক্ষেপণ পরিহার করে দোলন অবস্থাতেই সূচকের স্থিতিবিন্দু নির্ণয় করা যায়। স্থিতিবিন্দু নির্ণয় করার জন্যে পিলারের নিচের দিকে অবস্থিত ক্ষেলের সর্ববামের দাগদিকে শূন্য ধরে সূচকটি দোল খাওয়ার সময় সূচকটির দিক পরিবর্তন বিন্দুর জন্য বামদিকে চারটি এবং ডানদিকে তিনটি (অর্থাৎ কয়েকটি বিজোড় সংখ্যক) দিক পরিবর্তন বিন্দুর পাঠ নেওয়া হয়। ডান দিকের তিনটি পাঠের গড় এবং বামদিকে চারটি পাঠের গড় পৃথকভাবে নির্ণয় করা হয়। এ দুটি প্রাপ্ত গড়ের গড়ই হচ্ছে সূচকের স্থিতিবিন্দু, P ।

নিক্রির পাল্লা দুটি খালি অবস্থায় যদি স্থিতিবিন্দু হয় P , বাম পাল্লায় কোনো বস্তু এবং ডান পাল্লায় বস্তুর ভর অপেক্ষা সামান্য কম ভরের বাটখারা W_1 গ্রাম চাপানো অবস্থায় স্থিতিবিন্দু Q এবং ডান পাল্লায় $W + 10 \text{ mg}$ ভরের জন্য স্থিতিবিন্দু R হলে দেখা যায় যে, স্থিতিবিন্দু ($Q - P$) ঘর সরাতে $\frac{10 \times (Q - P)}{(Q - R)}$ mg ভরের দরকার

$$\text{অতএব বস্তুর প্রকৃত ভর}, W = W_1 + \frac{10 \times (Q - P)}{(Q - R) \times 1000} \text{ গ্রাম} \dots \dots \quad (1.13)$$

১.১৫। ব্যবহারিক Practical

পরীক্ষণের নাম	ফ্রেরোমিটারের সাহায্যে গোলীয় তলের বক্রতার ব্যাসার্ধ নির্ণয়	
পরিয়ন্ত্র : ২		

মূল তত্ত্ব : কোনো গোলীয় তল যে গোলকের অংশ, সেই গোলকের ব্যাসার্ধকে ঐ গোলীয় তলের বক্রতার ব্যাসার্ধ বলে। বক্রতার ব্যাসার্ধ R হলে,

$$R = \left(\frac{d^2}{6h} + \frac{h}{2} \right) \dots \dots \quad (1)$$

এখানে,

R = বক্রতাৰ ব্যাসাৰ্ধ

d = ফেরোমিটাৱেৰ যেকোনো দুই পায়েৰ মধ্যবৰ্তী গড় দূৰত্ব।

h = বক্রতলেৰ পৃষ্ঠ স্পৰ্শ কৰানোৰ জন্য ফেরোমিটাৱেৰ ক্ষুকে যতটুকু ওপৱে উঠাতে বা নিচে নামাতে হয়।
ফেরোমিটাৱেৰ সাহায্যে h নিৰ্ণয়ৰ সূত্ৰ,

$$h = M \times পিচ + N \times LC \quad \dots \quad \dots \quad (2)$$

এখানে,

M = বৃত্তাকাৰ ক্ষেলেৰ পূৰ্ণ ঘূৰ্ণন সংখ্যা

N = বৃত্তাকাৰ ক্ষেলেৰ অতিৱিক্ষণ ভাগ সংখ্যা

L = লঘিষ্ঠ গণন

পিচ : ফেরোমিটাৱেৰ বৃত্তাকাৰ ক্ষেলটি সম্পূৰ্ণ একবাৰ ঘুৱালে এটি রৈখিক ক্ষেল বৱাবৰ যে দূৰত্ব অতিক্ৰম কৰে তাকে পিচ বলে।

$$\text{লঘিষ্ঠ গণন, } LC = \frac{\text{পিচ}}{\text{বৃত্তাকাৰ ক্ষেলেৰ মোট ভাগ সংখ্যা}}$$

যন্ত্ৰপাতি : ফেরোমিটাৱ, সমতল কাচপাত; লেঙ্গ/দৰ্পণ অৰ্থাৎ গোলীয় তল যাব বক্রতাৰ ব্যাসাৰ্ধ নিৰ্ণয় কৰতে হবে।

কাজেৰ ধাৰা :

১. রৈখিক ক্ষেলেৰ ক্ষুদ্রতম ভাগেৰ মান এবং বৃত্তাকাৰ ক্ষেলেৰ মোট ভাগ সংখ্যা দেখে নেয়া হয়।

২. বৃত্তাকাৰ ক্ষেলটি সম্পূৰ্ণ একবাৰ ঘুৱিয়ে এটি রৈখিক ক্ষেল বৱাবৰ যে দূৰত্ব অতিক্ৰম কৰে তা নিৰ্ণয় কৰা হয়। এটি ফেরোমিটাৱেৰ পিচ।

৩. যন্ত্ৰেৰ পিচকে বৃত্তাকাৰ ক্ষেলেৰ মোট ভাগ সংখ্যা দ্বাৰা ভাগ কৰে লঘিষ্ঠ গণন নিৰ্ণয় কৰা হয়।

৪. এবাৰ ফেরোমিটাৱেৰ মধ্যেৰ ক্ষুটিকে যথেষ্ট ওপৱে তুলে একে পৰীক্ষাধীন বস্তুৰ ওপৱেৰ তলেৰ উপৱ স্থাপন কৰে মধ্যেৰ ক্ষুটিকে নিচৰে দিকে নামিয়ে গোলীয় তলেৰ সাথে আলতোভাবে স্পৰ্শ কৰানো হয়। এ অবস্থায় বৃত্তাকাৰ ক্ষেলেৰ যে সংখ্যক দাগ রৈখিক ক্ষেলেৰ গায়ে লেগে থাকে তা দেখে নেওয়া হয়। এটি বৃত্তাকাৰ ক্ষেলেৰ আদি পাঠ।

৫. এৱপৱ ফেরোমিটাৱটিকে একটি সমতল কাচ পাতেৰ উপৱ রাখা হয় এবং বৃত্তাকাৰ ক্ষেলটিকে ঘুৱিয়ে ক্ষুৱ প্রান্ত সমতল কাচপাতেৰ গায়ে আলতোভাবে স্পৰ্শ কৰানো হয়।^১ বৃত্তাকাৰ ক্ষেলটি ঘুৱানোৰ সময় বৃত্তাকাৰ ক্ষেলেৰ আদি পাঠসূচক দাগটি যখন রৈখিক ক্ষেলকে অতিক্ৰম কৰে তখন বৃত্তাকাৰ ক্ষেলেৰ একটি পূৰ্ণ ঘূৰ্ণন সম্পন্ন হয়। ক্ষুৱ প্রান্ত সমতল কাচপাত স্পৰ্শ কৰাৰ পূৰ্বে বৃত্তাকাৰ ক্ষেল কয়টি পূৰ্ণ ঘূৰ্ণন M সম্পন্ন কৰে তা দেখে নেয়া হয়। ক্ষুৱ প্রান্ত সমতল কাচপাত স্পৰ্শ কৰানোৰ জন্য বৃত্তাকাৰ ক্ষেলেৰ পূৰ্ণ ঘূৰ্ণনেৰ পৱ অতিৱিক্ষণ আৱো কৰ ঘৰ বা দাগ অতিক্ৰম কৰতে হয় তা দেখে নেয়া হয়। এই পাঠ হচ্ছে অতিৱিক্ষণ ভাগ সংখ্যা, N ।

৬. ফেরোমিটাৱটিকে বস্তুৰ উপৱ পাঁচবাৰ রেখে কাজেৰ ধাৰা ৪ ও ৫-এৰ পুনৱাবৃত্তি কৰা হয়।

^১আলতোভাবে স্পৰ্শ কৰানো হয়েছে কিনা বোৰাৰ জন্য এই অবস্থায় ক্ষুটিকে সামান্য একটু ঘুৱিয়ে দেওয়া হয়। এতে ফেরোমিটাৱটি কাচপাতেৰ গায়ে আলতোভাবে ঘুৱিয়ে কেবলমাত্ৰ দোলা বৰ্ক কৰলেই ক্ষুটি কাচপাতেৰ সাথে আলতোভাবে লেগে থাকবে। এ অবস্থায় ক্ষু ও কাচপাতেৰ মধ্যে কোনো ফাঁক আছে কিনা।

৭. ফ্রেরোমিটারটিকে এবার এক টুকরো সাদা কাগজের উপর বসিয়ে একটু চাপ দিয়ে কাগজের উপর ফ্রেরোমিটারের তিনটি পায়ের তিনটি ছাপ ফেলা হয় এবং সমান দূরের যেকোনো দুই পায়ের ব্যবধানই d । এরপ তিনটি দূরত্ব মেপে গড় d নির্ণয় করা হয়।

৮. প্রাণ্ত উপাত্তসমূহ ছকে বসিয়ে থয়োজনীয় হিসাবের সাহায্যে বক্রতার ব্যাসার্ধ নির্ণয় করা হয়।

পর্যবেক্ষণ ও সন্ধিবেশন

১. রৈখিক ক্ষেলের শুন্দরতম এক ঘরের মান = m

২. বৃত্তাকার ক্ষেলের মোট ভাগ সংখ্যা =

৩. লঘিষ্ঠ গণন নির্ণয় :

বৃত্তাকার ক্ষেল সম্পূর্ণ একবার ঘুরালে রৈখিক ক্ষেলে ...mm দৈর্ঘ্য অতিক্রম করে। সুতরাং যন্ত্রের পিচ ...mm

পিচ

$$\therefore \text{লঘিষ্ঠ গণন} = \frac{\text{বৃত্তাকার ক্ষেলের মোট ভাগ সংখ্যা}}{\text{পিচ}} = \text{m}$$

৪. ফ্রেরোমিটারের যেকোনো দুই পায়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব (i) $d_1 = \text{m}$

(ii) $d_2 = \text{m}$

(iii) $d_3 = \text{m}$

$$\text{গড় দূরত্ব}, d = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3} = \text{m}$$

h নির্ণয়ের ছক

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	গোলীয় তলের উপর বৃত্তাকার ক্ষেলের আদি পাঠ	বৃত্তাকার ক্ষেলের পূর্ণ ঘূর্ণন সংখ্যা M	লঘিষ্ঠ গণন LC	বৃত্তাকার ক্ষেলের অতিরিক্ত ভাগ সংখ্যা N	$h = M \times \text{পিচ} + N \times LC$	গড় h	বক্রতার ব্যাসার্ধ R
1							
2							
3							
4							
5							

$$\text{হিসাব : বক্রতার ব্যাসার্ধ } R = \frac{d^2}{6h} + \frac{h}{2}$$

ফলাফল : প্রদত্ত গোলীয়তলের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $R = \text{m}$

সতর্কতা :

১. যন্ত্রের পিচ ও লঘিষ্ঠ গণন সতর্কতার সাথে নির্ণয় করা হয়।

২. স্কুর শীর্ষ সর্বদা একই দিক বরাবর ঘুরিয়ে পিছট জ্বিটি পরিহার করা হয়।

৩. স্কুর প্রান্ত গোলীয়তল ও কাচপাতের গায়ে আলতোভাবে স্পর্শ করেছে কিনা তা সতর্কতার সাথে নির্ণয় করা হয়।

পরীক্ষণের নাম	দোলন পদ্ধতিতে কোনো বস্তুর ভর নির্ণয়
পরিয়ন্ত : ২	

মূলতত্ত্ব : যদি উভয় পাল্লা খালি অবস্থায় নিতির স্থিতিবিন্দু P , বাম পাল্লায় পরীক্ষাধীন বস্তু এবং ডান পাল্লায় W ও $W_1 + 10$ মিলিগ্রাম ভরের জন্য নিতির স্থিতিবিন্দু যথাক্রমে Q এবং R হলে পরীক্ষাধীন বস্তুর প্রকৃত ওজন

$$W = W_1 + \frac{Q - P}{100 \times (Q - R)} \text{ গ্ৰাম} \quad \dots \quad (1)$$

যত্নপাতি : সাধাৰণ নিক্তি, পৱীক্ষাধীন বস্তু, ওয়েট বক্স।

কাজের ধাৰা :

- ১। লেভেলিং কুৰ সাহায্যে নিক্তিৰ পাটাতলকে অনুভূমিক কৰা হয়।
- ২। নিক্তিৰ বাকেৰে সামনেৰ কাচেৰ দৰজা সামান্য উঠিয়ে পাল্লা দুটি বাইৱে এনে তুলা বা পৱিক্ষাৰ কাপড় দিয়ে পাল্লা দুটি পৱিক্ষাৰ কৰে পুনৱায় যথাস্থানে স্থাপন কৰা হয়।
- ৩। পাল্লা দুটি খালি অবস্থায় রেখে হাতল H -এৰ সাহায্যে নিক্তিকে মুক্ত কৰা হয়। মুক্ত অবস্থায় যদি নিক্তিৰ সূচক ক্ষেল S এৰ মধ্য দাগেৰ দুই দিকে সমান সংখ্যক ঘৰ পৰ্যন্ত না দোলে তাহলে হাতল H বিপৰীত দিকে ঘুৱিয়ে নিক্তিকে স্থিৰ অবস্থায় আনা হয়। এবাৰ S_1 ও S_2 কু ঘুৱিয়ে এমন অবস্থানে আনা হয় যেন নিক্তি মুক্ত কৰলে সূচক ক্ষেলেৰ মধ্যদাগেৰ উভয় দিকে সমান সংখ্যক ঘৰ অতিক্ৰম কৰে।
- ৪। নিক্তিৰ পাল্লা দুটি খালি অবস্থায় নিক্তিৰ সূচকেৰ স্থিতিবিন্দু নিৰ্ণয় কৰতে হবে। এজন্যে ক্ষেল S এৰ সৰ্ববামেৰ দাগকে শূন্য ধৰে বাম দিকে সূচকেৰ তিনটি এবং ডান দিকে দুটি দিক পৱিবৰ্তন বিন্দু নিৰ্ণয় কৰে সূচকেৰ স্থিতিবিন্দু P নিৰ্ণয় কৰা হয়। পুৱে প্ৰক্ৰিয়া তিনবাৰ পুনৱাবৃত্তি কৰে গড় P নিৰ্ণয় কৰা হয়।
- ৫। এখন বাম পাল্লায় পৱীক্ষাধীন বস্তু রেখে ডান পাল্লায় একটি উগ্যুক্ত ভৱ W_1 রেখে উপৱেৱ পদ্ধতিতে তিনবাৰ সূচকেৰ স্থিতিবিন্দু বেৱ কৰে গড় Q নিৰ্ণয় কৰা হয়।
- ৬। ডান পাল্লায় অতিৰিক্ত 10 মিলিগ্ৰাম ভৱ চাপিয়ে পুনৱায় তিনবাৰ স্থিতিবিন্দু নিৰ্ণয় কৰা হয়। এই তিন স্থিতিবিন্দুৰ গড় হচ্ছে R ।
- ৭। P , Q এবং R এৰ প্ৰাপ্ত মান সমীকৰণ (1)-এ বসিয়ে পৱীক্ষাধীন বস্তুৰ প্ৰকৃত ভৱ W নিৰ্ণয় হয়।

পৰ্যবেক্ষণ ও সংৰিবেশন :

ক্ষেল সৰ্ববামেৰ দাগকে শূন্য ধৰা হয়।

বাম পাল্লায় চাপানো ভৱ	ডান পাল্লায় চাপানো ভৱ	বাম দিকেৰ দিক পৱিবৰ্তন বিন্দুৰ পাঠ	ডানদিকেৰ দিক পৱিবৰ্তন বিন্দুৰ পাঠ	বামদিকেৰ পাঠেৰ গড় l	ডান দিকেৰ পাঠেৰ গড় r	স্থিতিবিন্দুৰ অবস্থান $\frac{l+r}{2}$	স্থিতিবিন্দুৰ গড় অবস্থান
শূন্য	শূন্য	(i)	(i)				$P = \dots\dots$
		(ii)	(ii)				
		(iii)					
বস্তু	$W_1 g$	(i)	(i)				$Q = \dots\dots$
		(ii)	(ii)				
		(iii)					
বস্তু	$W_1 g + 10 mg$						$R = \dots\dots$

হিসাব :

$$W = W_1 + \frac{Q - P}{100 \times (Q - R)} g = g$$

ফলাফল :

প্রদত্ত বস্তুর ভর, $W = g$

সর্কর্কাৰ :

- ১। লেভেলিং স্কুল সাহায্যে যন্ত্রটিকে অনুভূমিক কৰে লেভেল ক্রটি পরিহার কৰতে হবে।
- ২। সূচকেৰ দোলনেৰ দিক পৰিৰবৰ্তনেৰ পাঠ নেওয়াৰ সময় নিকিৰ বাক্স বন্ধ রাখতে হবে।
- ৩। নিকিৰ বিম মুক্ত অবস্থায় থাকাৰ সময় পাল্লায় কোনো ভৱ চাপাবে না।
- ৪। সূচকেৰ পাঠ নেওয়াৰ সময় দৃষ্টিৱেখা ক্ষেলেৰ সাথে লম্বভাৱে রাখতে হবে।

সার-সংক্ষেপ

ভৌত জগৎ : আমাদেৱ চারপাশেৰ যা কিছু নিয়ে বস্তু জগৎ গঠিত তাকে বলা হয় ভৌত জগৎ।

মনোজগৎ : আমাদেৱ মন, আমাদেৱ আবেগ-অনুভূতি, মেহ-মমতা, প্ৰেম-ভালোবাসা, আনন্দ-বেদনা ইত্যাদি নিয়ে যে জগৎ গঠিত তাকে বলা হয় মনোজগৎ।

বলবিজ্ঞান : পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ যে শাখা পদাৰ্থেৰ ভৱ, জড়তা, গতি, বল ইত্যাদি নিয়ে আলোচনা কৰে তাকে বলবিজ্ঞান বলে।

তাপ ও তাপগতিবিজ্ঞান : পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ যে শাখা তাপমাত্ৰার পাথক্যেৰ দৰূণ তাপেৰ সংঘালন, তাপকে কাজে রূপান্তৰেৰ মাধ্যমে তাপীয় ইঞ্জিনেৰ কৰ্মপদ্ধতি আলোচনা কৰে তাকে তাপ ও তাপগতিবিজ্ঞান বলা হয়।

শব্দবিজ্ঞান : পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ যে শাখায় শব্দেৰ উৎপত্তি, সংঘালন, বিভিন্ন মাধ্যমে শব্দেৰ গতি, শব্দেৰ ব্যবহার ও শব্দদূষণ নিয়ে আলোচনা কৰা হয় তাকে শব্দবিজ্ঞান বলে।

আলোকবিজ্ঞান : আলোকবিজ্ঞান পাঠে জানা যায় আমৰা কীভাৱে দেখতে পাই, হীৱকেৰ দৃঢ়তি কী কৰে হয়। আলো কীভাৱে সংৰাগিত হয়, বিভিন্ন আলোক্যত্ব আমাদেৱ বিভিন্ন কাজে কীভাৱে সহায়তা কৰে।

তাড়িতচৌমৰক বিজ্ঞান : তাড়িতচৌমৰক বিজ্ঞানেৰ আলোচ্য বিষয় ছিৱ ও গতিশীল আধান, তড়িৎ ও চৌমৰক ক্ষেত্ৰেৰ পাৰস্পৰিক সম্পর্ক। তড়িৎ ও চৌমৰক মৌলিক সূত্ৰাবলি, তাদেৱ ব্যবহাৰ এবং নানাৰিধি তড়িৎ যন্ত্ৰপাতি নিয়েও আলোচনা কৰা হয় এ শাখায়।

আধুনিক পদাৰ্থবিজ্ঞান : আধুনিক পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ আলোচ্য বিষয় কোয়ান্টাম, পারমাণবিক ও নিউক্লীয় পদাৰ্থবিজ্ঞান ও আপেক্ষিকতা তত্ত্ব। ভাৰকে শক্তিতে রূপান্তৰ, বিভিন্ন ধৰনেৰ তেজক্ষিয়া এৰ অন্তৰ্ভুক্ত।

ইলেকট্ৰনিক্স : ইলেকট্ৰনিক্সেৰ আলোচ্য বিষয় অৰ্ধপৰিবাহী পদাৰ্থ, অৰ্ধপৰিবাহী ডায়োড, ট্ৰানজিস্টোৱ, যোগাযোগেৰ বিভিন্ন মাধ্যম, ৱেডিও, টেলিভিশন, ফোন, ফ্যাক্স, কম্পিউটাৱ, ইন্টাৱনেট ইত্যাদি।

ধাৰণা বা প্ৰত্যয় : ধাৰণা হলো কোনো ভাৱ বা চিন্তাধাৰা বা কোনো অমৃত মীতি বা কোনো সাধাৱণ অতিমত। কোনো কিছু সম্পর্কে সঠিক উপলক্ষি বা বোধগম্যতা হলো ঐ বিষয় সম্পর্কে ধাৰণা।

অনুকল্প : অনুকল্প হলো এমন ব্যাখ্যা বা সূত্ৰ বা তত্ত্ব যা এখনো সঠিকভাৱে প্ৰমাণিত হয়নি।

তত্ত্ব : কোনো কিছু ব্যাখ্যাৰ জন্য যে আনুষ্ঠানিক চিন্তাধাৰা, ভাৱ বা ধাৰণা তাকে তত্ত্ব বলে।

সূত্র : সাধাৱণভাৱে কোনো নিৰ্দিষ্ট শৰ্তে বা অবস্থায় সবসময় কী ঘটিবে তাৰ বৰ্ণনা হলো সূত্র।

স্বীকাৰ্য : সাধাৱণত কোনো বৈজ্ঞানিক তত্ত্ব একটি সাৰ্বিক বিৰুতি দিয়ে শুৱ হয়। একে বলা হয় স্বীকাৰ্য। স্বীকাৰ্য হলো তা যা সত্য বলে স্বীকাৰ কৰে নিয়ে এৰ উপৱ ভিত্তি কৰে কোনো যুক্তি বা তত্ত্ব প্ৰদান কৰা হয়। স্বীকাৰ্য তত্ত্বটিৰ ভিত্তি প্ৰদান কৰে।

নীতি : যেসব সাধাৱণ সূত্ৰ বিজ্ঞান বা পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ ভিত্তি গ্ৰেনো বলা হয় নীতি। কোনো যুক্তিক বা কাজেৰ ভিত্তি হিসাবে যে মৌলিক সত্য বা তত্ত্বকে বিবেচনা কৰা হয় তাই হচ্ছে নীতি।

পৰিমাপ : কোনো কিছুৰ পৰিমাণ নিৰ্ণয় কৰাকে পৰিমাপ বলে।

পৰিমাপেৰ একক : যে আৰ্দ্ধ পৰিমাপেৰ সাথে তুলনা কৰে ভৌত বাণিকে পৰিমাপ কৰা হয় তাকে বলা হয় পৰিমাপেৰ একক।

মৌলিক একক ও লক্ষ একক : যে সকল একক স্বাধীন বা নিরপেক্ষ, যেগুলো অন্য এককের উপর নির্ভর করে না বরং অন্যান্য একক এদের উপর নির্ভর করে তাদেরকে মৌলিক একক বলে। যেসব একক মৌলিক একক থেকে লাভ করা যায় তাদের বলা হয় লক্ষ একক।

সমস্যা সমাধানে প্রয়োজনীয় সমীকরণসমূহ

ক্রমিক নং	সমীকরণ নং	সমীকরণ	অনুচ্ছেদ
১	1.9	$\frac{\Delta x}{x} = p \frac{\Delta u}{u} + q \frac{\Delta r}{r} + r \frac{\Delta w}{w}$	১.১২
২	1.11	দৈর্ঘ্য = $M + V \times VC - (\pm e)$	১.১৮
৩	1.12	d বা $l = L + C \times LC - (\pm e)$	১.১৮
৮	1.13	$W = W_1 + \frac{10 \times (Q - P)}{(Q - R) \times 100}$ গ্রাম	১.১৮
৫	1	$R = \frac{d^2}{6h} + \frac{h}{2}$	১.১৫

গাণিতিক উদাহরণ

গাণিতিক উদাহরণ ১.১। একটি গোলকের পরিমাপ্য ব্যাসার্ধ (2.5 ± 0.2) cm হলে এর আয়তন পরিমাপে শতকরা ত্রুটি কত? [চ. বো. ২০১৫]

আমরা জানি, গোলকের আয়তন,

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$\therefore \text{আয়তনের আনুপাতিক ত্রুটি}, \frac{\Delta V}{V} = \frac{3\Delta R}{R}$$

$$\text{বা}, \frac{\Delta V}{V} = \frac{3 \times 0.2 \text{ cm}}{2.5 \text{ cm}} = 0.24$$

$$\therefore \text{আয়তন পরিমাপের শতকরা ত্রুটি}, \delta V = \frac{\Delta V}{V} \times 100\% = 0.24 \times 100\% = 24\%$$

উ: 24%

এখানে,

$$\text{পরিমাপ্য ব্যাসার্ধ}, R = (2.5 \pm 0.2) \text{ cm}$$

$$\text{পরম ত্রুটি}, |\Delta R| = 0.2 \text{ cm}$$

$$\text{শতকরা ত্রুটি}, \delta V = ?$$

গাণিতিক উদাহরণ ১.২। সরল দোলকের সাহায্যে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান নির্ণয়ের জন্য $g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$ সূত্রটি ব্যবহার করা যায়। কোনো পরীক্ষণে $L = (100 \pm 0.1)$ cm এবং দোলনকাল 2.1 s পাওয়া গেল। 20 দোলনের সময় নির্ণয় করা হলো, যেখানে সূক্ষ্মতা 1 s। g এর মান নির্ণয়ে শতকরা ত্রুটি নির্ণয় কর।

আমরা জানি,

$$\text{শতকরা ত্রুটি}, \delta g = \text{আনুপাতিক ত্রুটি} \times 100\%$$

$$\text{আমরা জানি}, g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2}$$

$$\begin{aligned} \text{আবার}, g \text{ নির্ণয়ে আনুপাতিক ত্রুটি}, \frac{\Delta g}{g} &= \frac{\Delta L}{L} + \frac{2\Delta T}{T} \\ &= \frac{0.1 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} + \frac{2 \times 0.05 \text{ s}}{2.1 \text{ s}} \\ &= 0.05 \end{aligned}$$

$\therefore g$ পরিমাপের শতকরা ত্রুটি,

$$\delta g = \frac{\Delta g}{g} \times 100\% = 0.05 \times 100\% = 5\%$$

উ: 5%

এখানে,

$$\text{দোলকের দৈর্ঘ্য}, L = 100 \text{ cm}$$

$$\text{দোলনকাল}, T = 2.1 \text{ s}$$

$$\text{দৈর্ঘ্য নির্ণয় পরম ত্রুটি}, \Delta L = 0.1 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{দোলনকাল নির্ণয়ে পরম ত্রুটি}, \Delta T &= \frac{1}{20} \text{ s} \\ &= 0.05 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\text{শতকরা ত্রুটি}, \delta g = ?$$

গণিতিক উদাহরণ ১.৩। একজন শিক্ষার্থী তার ব্যবহারিক ক্লাসে g এর মান নির্ণয় করে পেল 9.79 m s^{-2} । আবার সে যখন 0.01 kg ভরের একটি বাটখাড়া কোনো স্প্রিং নিক্ষিতে ঝুলিয়ে ওজন নিল তখন সে সেটির ওজন পেল 0.0981 N । তার নির্ণীত g এর মানের শতকরা ক্রমিক কত?

আমরা জানি,

$$W = mg \quad \therefore g = \frac{W}{m} = \frac{0.0981 \text{ N}}{0.01 \text{ kg}} \\ = 9.81 \text{ m s}^{-2}$$

$$\therefore g \text{ এর প্রকৃত মান} = 9.81 \text{ m s}^{-2}$$

এখানে,

$$\text{পরিমাপ্য মান} = 9.79 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{বাটখাড়ার ভর, } m = 0.01 \text{ kg}$$

$$\text{বাটখাড়ার ওজন, } W = 0.0981 \text{ N}$$

$$g \text{ নির্ণয়ে শতকরা ক্রমিক, } \delta g = ?$$

আমরা জানি, শতকরা ক্রমিক, $\delta g = \frac{\text{প্রকৃত মান} - \text{পরিমাপ্য মান}}{\text{প্রকৃত মান}} \times 100\% \\ = \frac{9.81 \text{ m s}^{-2} - 9.79 \text{ m s}^{-2}}{9.81 \text{ m s}^{-2}} \times 100\% = 0.204\%$

$$\text{উ: } 0.204\%$$

অনুশীলনী

ক-বিভাগ : বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

সঠিক/সর্বোৎকৃষ্ট উত্তরের বৃত্ত (●) ভরাট কর :

- ১। কোনো কিছু সম্পর্কে সঠিক উপলব্ধি বা বোধগম্যতাকে কী বলে ?
 (ক) ধারণা ○ (খ) সূচৰ ○
 (গ) নীতি ○ (ঘ) তত্ত্ব ○
- ২। সাধারণভাবে কোনো নির্দিষ্ট শর্তে সব সময় কী ঘটবে তার বর্ণনাকে কী বলে ?
 (ক) নীতি ○ (খ) সূচৰ ○
 (গ) ধারণা ○ (ঘ) অনুকল্প ○
- ৩। বিনা প্রয়াগে কোনো কিছু মেনে নেওয়াকে বলে—
 [রা. বি. ২০১৬-২০১৭; সি. বো. ২০১৫]
 (ক) তত্ত্ব ○ (খ) স্থীরায় ○
 (গ) নীতি ○ (ঘ) ধারণা ○
- ৪। নিচের কোনটি মৌলিক একক ?
 [ঢ. বি. ২০১৬-২০১৭]
 (ক) coulomb ○ (খ) ampere ○
 (গ) volt ○ (ঘ) ohm ○
- ৫। কোনটি মৌলিক রাশি নয় ?
 (ক) তড়িৎ বিভব ○ (খ) তাপমাত্রা ○
 (গ) দীপন তীব্রতা ○ (ঘ) পদার্থের পরিমাণ ○
- ৬। পিকো (p) কোনটি ?
 [চ. বি. ২০১৫-২০১৬; দি. বো. ২০১৫]
 (ক) 10^{12} ○ (খ) 10^9 ○
 (গ) 10^{-9} ○ (ঘ) 10^{-12} ○
- ৭। কোয়ান্টাম তত্ত্ব আবিষ্কার করেন কোন বিজ্ঞানী ?
 (ক) টমাস ইয়ং ○ (খ) আনেন্ট রাদারফোর্ড ○
 (গ) ম্যাক্স প্ল্যান্ক ○ (ঘ) আলবার্ট আইনস্টাইন ○

- ৮। আপেক্ষিক ত্ৰুটি ও শতকৰা ত্ৰুটিৰ মধ্যে সম্পর্ক—
 (ক) শতকৰা ত্ৰুটি = আপেক্ষিক ত্ৰুটি $\times 100$
 (খ) শতকৰা ত্ৰুটি = আপেক্ষিক ত্ৰুটি $\times 100\%$
 (গ) আপেক্ষিক ত্ৰুটি = শতকৰা ত্ৰুটি $\times 100$
 (ঘ) আপেক্ষিক ত্ৰুটি = শতকৰা ত্ৰুটি $\times 100\%$
- [চ. বো. ২০১৫]
- ৯। পুনৱৃত্তিক ত্ৰুটি কোনটি ?
 (ক) ক্রু গেজেৰ শূন্য ত্ৰুটি
 (খ) দৃষ্টিভ্ৰম ত্ৰুটি
 (গ) অনিয়মিত ত্ৰুটি
 (ঘ) সামগ্ৰিক ত্ৰুটি
- [চ. বো. ২০১৫]
- ১০। কোনো একটি রাশিৰ প্ৰকৃত মান ও পরিমাপকৃত মানেৰ পাৰ্থক্যকে কোন ধৰনেৰ ত্ৰুটি বলে ?
 (ক) আপেক্ষিক ত্ৰুটি
 (খ) পৱন ত্ৰুটি
 (গ) সামগ্ৰিক ত্ৰুটি
 (ঘ) পুনৱৃত্তিক ত্ৰুটি
- [চ. বো. ২০১৯]
- ১১। একজন শিক্ষার্থী একটি সিলিন্ডাৱেৰ ব্যাসাৰ্ধ নিৰ্ণয়েৰ জন্য 0.001cm লম্বিষ্ঠ গণনেৰ একটি ক্রু গেজ ব্যবহাৰ কৱল।
 তাৰ প্ৰাপ্ত ফলাফলেৰ সৰ্বাধিক সঠিক মান কোনটি ?
 (ক) 1.4 cm
 (খ) 1.41 cm
 (গ) 1.402 cm
 (ঘ) 1.4021 cm
- ১২। একটি ফ্ৰেমোমিটাৱেৰ বৃত্তাকাৰ ক্ষেলেৰ ভাগ সংখ্যা 50। বৃত্তাকাৰ ক্ষেলটি একবাৰ ঘূৰালে এটি বৈধিক ক্ষেল বৰাবৰ
 1mm দূৰত্ব অতিক্ৰম কৱে। ফ্ৰেমোমিটাৱটিৰ লম্বিষ্ঠ গণন হবে—
 (ক) 0.2 cm
 (খ) 0.02 cm
 (গ) 0.002 cm
 (ঘ) 0.0002 cm
- ১৩। কোনো গোলীয় তলেৰ বক্রতাৰ ব্যাসাৰ্ধ নিৰ্ণয় কৱাৰ জন্য কোন সমীকৰণটি ব্যবহৃত হয় ?
 [ই. বি. ২০১৭-২০১৮; রা. বো. ২০১৭; ঘ. বো. ২০১৫; চ. বো. ২০১৭]
 (ক) $R = \frac{d}{h} + \frac{h}{2}$
 (খ) $R = \frac{d^2}{2} + \frac{h}{2}$
 (গ) $R = \frac{d^2}{6h} + \frac{h}{2}$
 (ঘ) $R = \frac{d^2}{12} + \frac{h^2}{d}$
- ১৪। নিচেৰ কোনটি লক্ষ রাশি ?
 (ক) তাপমাত্ৰা
 (খ) ভৱ
 (গ) সময়
 (ঘ) কম্পাঙ্ক
- [চ. বো. ২০১৫]
- ১৫। পদাৰ্থেৰ পৱিমাণেৰ এস আই একক হলো—
 (ক) অ্যাস্পিয়াৱ
 (খ) ক্যাডেলা
 (গ) মোল
 (ঘ) কিলোগ্ৰাম
- [কু. বো. ২০১৫; ব. বো. ২০১৬]
- ১৬। এক আলোকবৰ্ষ হলো—
 (ক) $9.4 \times 10^{12}\text{ km}$
 (খ) $9.4 \times 10^{15}\text{ km}$
 (গ) $9.4 \times 10^{18}\text{ km}$
 (ঘ) $9.4 \times 10^{21}\text{ km}$
- [কু. বো. ২০১৫]
- ১৭। নিচেৰ কোনটি 1GHz ও 1MHz এৰ অনুপাতেৰ সমান ?
 (ক) 10^9
 (খ) 10^6
 (গ) 10^3
 (ঘ) 10^{-3}
- [চ. বো. ২০১৫]

১৮। এক পারসেক কত আলোক বর্ষের সমান ?

- | | | | |
|----------|-----------------------|----------|-----------------------|
| (ক) 3.26 | <input type="radio"/> | (খ) 3.36 | <input type="radio"/> |
| (গ) 3.46 | <input type="radio"/> | (ঘ) 3.56 | <input type="radio"/> |

১৯। এককের সঠিক ক্রম কোনটি?

- | | |
|--|-----------------------|
| (ক) পারসেক > মেগামিটার > অ্যাংস্ট্রোম > আলোক বছর | <input type="radio"/> |
| (খ) আলোক বছর > পারসেক > মেগামিটার > অ্যাংস্ট্রোম | <input type="radio"/> |
| (গ) পারসেক > আলোক বছর > মেগামিটার > অ্যাংস্ট্রোম | <input type="radio"/> |
| (ঘ) অ্যাংস্ট্রোম > পারসেক > মেগামিটার > আলোক বছর | <input type="radio"/> |

[ঢ. বো. ২০১৬]

২০। একীভূত পারমাণবিক ভর একক (u) হচ্ছে—

- | | |
|--|-----------------------|
| (i) $^{12}_6\text{C}$ এর ভরের $\frac{1}{12}$ | <input type="radio"/> |
| (ii) $^{16}_8\text{O}$ এর ভরের সমান | <input type="radio"/> |
| (iii) $1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$ | <input type="radio"/> |

নিচের কোনটি সঠিক?

- | | | | |
|--------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
| (ক) i ও ii | <input type="radio"/> | (খ) i ও iii | <input type="radio"/> |
| (গ) ii ও iii | <input type="radio"/> | (ঘ) i, ii ও iii | <input type="radio"/> |

২১। তিনটি বিশৃঙ্খলা দেওয়া হলো—

- | | |
|---|-----------------------|
| (i) পদার্থবিজ্ঞান প্রকৃতির ঘটনা ও সূত্র নিয়ে আলোচনা করে। | <input type="radio"/> |
| (ii) পদার্থবিজ্ঞানের আলোচ্য বিষয় পদার্থ, শক্তি ও এদের পরম্পরার কৃপাত্তর। | <input type="radio"/> |
| (iii) পদার্থবিজ্ঞান একটি মৌলিক বিজ্ঞান। | <input type="radio"/> |

নিচের কোনটি সঠিক?

- | | | | |
|--------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
| (ক) i | <input type="radio"/> | (খ) i ও ii | <input type="radio"/> |
| (গ) ii ও iii | <input type="radio"/> | (ঘ) i, ii ও iii | <input type="radio"/> |

২২। মৌলিক রাশি হলো—

- | | |
|---|-----------------------|
| (i) তড়িৎ প্রবাহমাত্রা (ii) পদার্থের পরিমাণ | <input type="radio"/> |
| (iii) দীপন তৈর্তা | <input type="radio"/> |

[ঢ. বো. ২০১৭]

নিচের কোনটি সঠিক?

- | | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
| (ক) i ও ii | <input type="radio"/> | (খ) ii ও iii | <input type="radio"/> |
| (গ) i ও iii | <input type="radio"/> | (ঘ) i, ii ও iii | <input type="radio"/> |

২৩। স্ফেরোমিটারের লম্বিষ্ঠ ধ্রুবকের মান 0.02 mm হলে নিচের কোন বেধটি নির্ভুলভাবে মাপা যাবে ?

- | | | | |
|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|
| (ক) 0.005 mm | <input type="radio"/> | (খ) 0.001 mm | <input type="radio"/> |
| (গ) 0.01 mm | <input type="radio"/> | (ঘ) 0.03 mm | <input type="radio"/> |

২৪। একটি সূক্ষ্ম তারের ব্যাস কোন যন্ত্রটি দিয়ে পরিমাপ করবে ?

[রা. বি. ২০১৫-২০১৬]

- | | | | |
|------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| (ক) স্লাইড ক্যালিপার্স | <input type="radio"/> | (খ) স্লুগজ | <input type="radio"/> |
| (গ) স্ফেরোমিটার | <input type="radio"/> | (ঘ) সব কয়টি দ্বারা | <input type="radio"/> |

২৫। স্লাইড ক্যালিপার্স দ্বারা ন্যূনতম কত দূরত্ব মাপা যায় ?

[রা. বি. ২০১৪-২০১৫]

- | | | | |
|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| (ক) 1 mm | <input type="radio"/> | (খ) 0.01 mm | <input type="radio"/> |
| (গ) 0.1 mm | <input type="radio"/> | (ঘ) ভার্নিয়ার ধ্রুবক | <input type="radio"/> |

- ২৬। পাখিৰ উড়া পৰ্যবেক্ষণ কৰে উড়োজাহাজেৰ মডেল তৈৰি কৰেন কে ? [ই. বি. ২০১৫-২০১৬]
- (ক) জেমস ওয়াট
 - (খ) ক্রিশ্চিয়ান
 - (গ) লিওনৰ্দো দা ভিঞ্চি
 - (ঘ) আল হাজেন
- ২৭। মাইক্ৰোওয়েভ উৎপন্নেৰ যন্ত্ৰ নিয়ে কাজ কৰাৰ সময় পকেটেৰ চকলেট গলে যেতে দেখে মাইক্ৰোওয়েভ ওভেন তৈৰিৰ কথা ভাবেন কে ?
- (ক) ম্যাক্ৰোওয়েল
 - (খ) মাইকেল ফ্যারাডে
 - (গ) পাৰ্সি স্পেনসাৰ
 - (ঘ) ম্যাক্ৰো প্ল্যান্ক
- ২৮। নিউটনীয় বা চিৱায়ত বলবিদ্যাৰ অপৰিবৰ্তনীয় রাশি নয় কোনটি ? [কু. বি. ২০১৫-২০১৬]
- (ক) স্থান
 - (খ) কাল বা সময়
 - (গ) বেগ বা দ্রুতি
 - (ঘ) ভৱ
- ২৯। একটি স্লাইড ক্যালিপার্সেৰ মূল ক্ষেলেৰ ৯৯ ভাগ ভাৰ্নিয়াৰ ক্ষেলেৰ 100 ভাগেৰ সমান। ভাৰ্নিয়াৰ দ্রুবকেৰ মান কত ? [ঢ. বি. ২০১১-২০১২]
- (ক) 0.01
 - (খ) 0.1
 - (গ) 0.001
 - (ঘ) 0.0001
- ৩০। একটি স্লাইড ক্যালিপার্সেৰ প্ৰধান ক্ষেলেৰ ক্ষুদ্ৰতম ঘৰেৰ মান 1mm এবং ভাৰ্নিয়াৰ ক্ষেলেৰ 40 ঘৰ প্ৰধান ক্ষেলেৰ 39 ঘৰেৰ সমান। এই ক্ষেলেৰ ভাৰ্নিয়াৰ দ্রুবক কত ? [কুয়েট ২০০৬-২০০৭; বুয়েট ২০১৬-২০১৭]
- (ক) 0.0025 cm
 - (খ) 0.0025 mm
 - (গ) 0.0025 m
 - (ঘ) কোনোটিই নহ
- ৩১। পাতলা পাতেৰ পুৱৃত্ত এবং বক্রতলেৰ ব্যাসাৰ্ধ পৰিমাপেৰ যন্ত্ৰেৰ নাম কী ? [ৱা. বি. ২০১৭-২০১৮]
- (ক) স্ফেরোমিটাৰ
 - (খ) স্লাইড ক্যালিপাৰ্স
 - (গ) স্কুলজ
 - (ঘ) ভাৰ্নিয়াৰ ক্ষেল
- ৩২। সূৰ্যেৰ রশি কেন্দ্ৰীভূত কৰে আগুন জুলানোৰ কৌশল জানতেন কোন বিজ্ঞানী ? [ৱা. বি. ২০১৫-২০১৬]
- (ক) থমাস ইয়ং
 - (খ) আকিমিডিস
 - (গ) গ্যালিলিও
 - (ঘ) ম্যাক্ৰো প্ল্যান্ক
- ৩৩। স্কুলজ দ্বাৰা ন্যূনতম কত দূৰত্ব মাপা যাবে ? [ৱা. বি. ২০১৪-২০১৫]
- (ক) 1mm
 - (খ) 0.01mm
 - (গ) 0.1mm
 - (ঘ) যন্ত্ৰেৰ লঘিষ্ঠ গণন
- ৩৪। একোৱা (যাৰ সংকেত E) এককেৰ কত গুণ ? [ই. বি. ২০১৭-২০১৮]
- (ক) 10^9
 - (খ) 10^{12}
 - (গ) 10^{15}
 - (ঘ) 10^{18}
- ৩৫। এক টেৰামিটাৰ সমান কত ?
- (ক) 10^9 m
 - (খ) 10^{12} m
 - (গ) 10^{15} m
 - (ঘ) 10^{18} m
- ৩৬। সনাতনী বলবিদ্যায় কোন দুটিকে দ্রুব ধৰা হয় ? [খ. বি. ২০১৪-২০১৫]
- (ক) স্থান ও কাল
 - (খ) স্থান ও দ্রুতি
 - (গ) দ্রুতি ও কাল
 - (ঘ) স্থান ও তুলণ

- ৩৭। নিচের কোন ক্রটি শুধু ক্লু জাতীয় যন্ত্রে থাকে ? [চ. বি. ২০১৫]
 (ক) ব্যক্তিগত ক্রটি (খ) নিয়মিত ক্রটি
 (গ) পিছট ক্রটি (ঘ) লেভেল ক্রটি
- ৩৮। লেভেল ক্রটি কোন যন্ত্রের পরিমাপের জন্য প্রযোজ্য ? [য. বো. ২০১৭]
 (ক) স্কুগজ (খ) মিটার স্কেল
 (গ) উদস্থিতি নিকি (ঘ) ফ্রেরোমিটার
- ৩৯। ১ মাইল ও ১ কিলোমিটার দূরত্বের মধ্যে পার্থক্য মিটারে কত ? [মেডিকেল ২০১৭-২০১৮]
 (ক) ০.৬২৯ m (খ) ০.৯০৬ m
 (গ) ০.৯৬০ m (ঘ) ০.৬০৯ m
- ৪০। নিকি অনুভূমিক না থাকলে যে ক্রটি হয় তাকে—বলে।
 (ক) শূন্য ক্রটি (খ) লম্বন ক্রটি
 (গ) লেভেল ক্রটি (ঘ) পিছট ক্রটি
- ৪১। পর্যবেক্ষণজনিত ক্রটি কোনটি ? [দি. বো. ২০১৯; য. বো. ২০১৯]
 (ক) পিছট ক্রটি (খ) লেভেল ক্রটি
 (গ) এলোমেলো ক্রটি (ঘ) লম্বন ক্রটি
- ৪২। পর্যবেক্ষকের দৃষ্টির দিকের পরিবর্তনের কারণে লক্ষ্যবস্তুর অবস্থানের আপাত পরিবর্তন হওয়ার কারণে পরিমাপে যে ক্রটি হয় তাকে কী বলে ?
 (ক) ব্যক্তিগত ক্রটি (খ) লম্বন ক্রটি
 (গ) সূচক ক্রটি (ঘ) এলোমেলো ক্রটি
- ৪৩। এক ইঞ্চি সমান নিচের কোনটি ? [রা. বি. ২০১৭-২০১৮]
 (ক) 2.54×10^4 মাইক্রোন (খ) 2.54×10^5 মাইক্রোন
 (গ) 2.54×10^{-4} cm (ঘ) কোনোটিই নয়
- ৪৪। স্কু ক্ষয় হওয়ার ফলে যন্ত্রে যে ক্রটির উত্তব হয় তাকে কী বলে ?
 (ক) লম্বন ক্রটি (খ) সূচক ক্রটি
 (গ) পিছট ক্রটি (ঘ) লেভেল ক্রটি
- ৪৫। একটি ভার্নিয়ার স্কেলের প্রধান স্কেলে ক্ষুদ্রতম এক ঘর এবং ভার্নিয়ার স্কেলের এক ঘরের দৈর্ঘ্যের পার্থক্যকে কী বলে ?
 (ক) লঘিষ্ঠ গণন (খ) পিচ
 (গ) ভার্নিয়ার ক্রিবক (ঘ) খণ্ডাংশ
- ৪৬। একটি স্কুগজের বৃত্তাকার স্কেলকে সম্পূর্ণ একবার ঘুরালে রৈখিক স্কেল বরাবর যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে কী বলে ?
 (ক) পিচ (খ) ভার্নিয়ার ক্রিবক
 (গ) লঘিষ্ঠ গণন (ঘ) খণ্ডাংশ
- ৪৭। একটি ফ্রেরোমিটারের বৃত্তাকার স্কেলটি সম্পূর্ণ একবার ঘুরালে এটি রৈখিক স্কেল বরাবর যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে কী বলে ?
 (ক) লঘিষ্ঠ গণন (খ) ভার্নিয়ার ক্রিবক
 (গ) পিচ (ঘ) খণ্ডাংশ
- ৪৮। স্কুগজ বা ফ্রেরোমিটারের লঘিষ্ঠ গণন হচ্ছে—
 (ক) বৃত্তাকার স্কেল ভাগসংখ্যা (খ) বৃত্তাকার স্কেল ভাগসংখ্যা × পিচ
 (গ) বৃত্তাকার স্কেল ভাগসংখ্যা (ঘ) পিচ + বৃত্তাকার স্কেল ভাগসংখ্যা

- ৪৯। মৌলিক একক হলো— [সি. বো. ২০১৬]
- i. মিটার ও কেলভিন ii. সেকেন্ড ও অ্যাপিয়ার iii. ক্যান্ডেলা ও মোল
নিচের কোনটি সঠিক ?
- | | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/> (ক) i ও ii | <input type="radio"/> (খ) i ও iii | <input type="radio"/> |
| <input type="radio"/> (গ) ii ও iii | <input type="radio"/> (ঘ) i, ii ও iii | <input type="radio"/> |
- ৫০। পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত অনুকল্পকে বলে— [চ. বো. ২০১৬]
- (ক) নীতি
 - (খ) স্বীকার্য
 -
 - (গ) সূত্র
 - (ঘ) তত্ত্ব
- ৫১। পরিমাপে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক উভয় প্রকার ক্রটি হয় কোন কারণে ? [ব. বো. ২০১৬]
- (ক) যত্রের
 - (খ) পরিবেশগত
 -
 - (গ) তত্ত্বীয়
 - (ঘ) ব্যক্তিগত
- ৫২। পদার্থ পরিমাপের এসআই একক কোনটি ? [ব. বো. ২০১৬]
- (ক) কিলোগ্রাম
 - (খ) পাউড
 -
 - (গ) লিটার
 - (ঘ) মোল
- ৫৩। কোন দুটি ভৌত জগতের উপাদান ? [ব. বো. ২০১৬]
- (ক) সময় ও ত্বরণ
 - (খ) ভর ও স্থান
 -
 - (গ) স্থান ও বেগ
 - (ঘ) ভর ও তাপমাত্রা
- ৫৪। নিচের কোনটি SI একক ? [সি. বো. ২০১৭]
- (ক) সেন্টিমিটার
 - (খ) মাইল
 -
 - (গ) মিটার
 - (ঘ) ফুট
- ৫৫। একটি আদর্শ বা যুক্তিপূর্ণ আচরণ ভিত্তি যার সাপেক্ষে অন্যান্য বিষয় তুলনা, বিচার বিশ্লেষণ ও পরিমাপ করা হয় তাকে
কী বলে ? [রা. বো. ২০১৬]
- (ক) সূত্র
 - (খ) নীতি
 -
 - (গ) অনুকল্প
 - (ঘ) স্বীকার্য
- ৫৬। কোনো কিছু ব্যাখ্যার জন্য যে আনুষানিক চিন্তাধারা তাকে বলে— [কু. বো. ২০১৬]
- (ক) স্বীকার্য
 - (খ) তত্ত্ব
 -
 - (গ) অনুকল্প
 - (ঘ) সূত্র
- ৫৭। অলোক বর্ষ কিসের একক ? [ঘ. বো. ২০১৬]
- (ক) সময়
 - (খ) দূরত্ব
 -
 - (গ) ত্বরণ
 - (ঘ) বেগ
- ৫৮। প্রধান ক্ষেত্র পাঠ M , ভার্নিয়ার পাঠ V এবং ভার্নিয়ার ধ্রুবক V_c হলে দৈর্ঘ্য, L নির্ণয়ের সূত্র হবে — [সি. বো. ২০১৬]
- (ক) $L = M + V_c$
 - (খ) $L = MV + V_c$
 -
 - (গ) $L = MV_c + V$
 - (ঘ) $L = M + V \times V_c$
- ৫৯। কোয়ান্টাম তত্ত্বের ধারণা কোন বিজ্ঞানী সম্প্রসারিত করেন ? [দি. বো. ২০১৬]
- (ক) আইজাক নিউটন
 - (খ) রাদারফোর্ড
 -
 - (গ) আলবার্ট আইনস্টাইন
 - (ঘ) ম্যার্ক প্ল্যান্ক
- ৬০। $V = \frac{4}{3} \pi r^3$ সমীকরণে r এর মান পরিমাপে যদি 2% ক্রটি হয় তবে V নির্ণয়ে ক্রটি হবে— [সি. বো. ২০১৬]
- (ক) 1%
 - (খ) 2%
 -
 - (গ) 4%
 - (ঘ) 6%

- ৬১। কোনো গোলকের ব্যাসার্ধের প্রকৃত মান 3 cm এবং পরিমাপ্য মান 2.98 cm । গোলকটির আয়তন পরিমাপে শতকরা ত্রুটি কত ? [ব. বো. ২০১৭]
- (ক) 0.02% ○ (খ) 0.066% ○
 (গ) 0.66% ○ (ঘ) 2% ○
- ৬২। একটি গোলকের ব্যাসার্ধ $R = (10 \pm 0.1) \text{ cm}$ হলে এর আয়তনের শতকরা ত্রুটি কত ? [দি. বো. ২০১৭]
- (ক) 1% ○ (খ) 2% ○
 (গ) 3% ○ (ঘ) 4% ○
- ৬৩। নিচের সাহায্যে ভর পরিমাপে কোন ত্রুটি পরিহার করা হয় ? [ব. বো. ২০১৫]
- (ক) পিছট ত্রুটি ○ (খ) লেভেল ত্রুটি ○
 (গ) শূন্য ত্রুটি ○ (ঘ) পর্যবেক্ষণমূলক ত্রুটি ○
- ৬৪। একটি দণ্ডের পরিমাপকৃত দৈর্ঘ্য 100 cm এবং প্রকৃত মান 100.4 cm হলে, এর পরিমাপের শতকরা ত্রুটি কত ? [খ. বি. ২০১৭-২০১৮]
- (ক) 0.0398 ○ (খ) 0.398 ○
 (গ) 0.4% ○ (ঘ) 0.4016 ○
- ৬৫। পরিমাপের যথার্থতা কার সাথে সম্পর্কিত ? [য. বো. ২০১৭]
- i. ত্রুটি ii. যন্ত্রের iii. ভুলের
 নিচের কোনটি সঠিক ?
- (ক) i ও ii ○ (খ) ii ও iii ○
 (গ) i ও iii ○ (ঘ) i, ii ও iii ○
- কোনো বস্তুর ভর ($100 \text{ kg} \pm 2\%$) এবং আয়তন ($10 \text{ m}^3 \pm 3\%$) নির্দেশনার আলোকে (৬৫) ও (৬৬) মৎ প্রশ্নের উত্তর দাও : [য. বো. ২০১৭]
- ৬৬। এই বস্তুর ঘনত্বের শতকরা ত্রুটি কত ?
- (ক) 10 ○ (খ) 5 ○
 (গ) 0.5 ○ (ঘ) 0.1 ○
- ৬৭। এই বস্তুর ঘনত্বের পরম ত্রুটির সাধারণ মান কোনটি ?
- (ক) 5 kg m^{-3} ○ (খ) 5 gm m^{-3} ○
 (গ) 0.5 kg m^{-3} ○ (ঘ) 0.5 kg ft^{-3} ○
- ৬৮। $x = 3u^3$ হলে x নির্ণয়ের আনুপাতিক ত্রুটি কত ?
- (ক) $\frac{\Delta u}{u}$ ○ (খ) $\frac{3\Delta u}{u}$ ○
 (গ) $\frac{(\Delta u)^3}{u}$ ○ (ঘ) $3\left(\frac{\Delta u}{u}\right)^3$ ○
- ৬৯। অভিকর্ষজ ত্ত্বরণ নির্ণয়ের জন্য আমরা রাশিমালা পাই $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$ । g নির্ণয়ের আনুপাতিক ত্রুটি নির্ণয়ের রাশিমালা হবে—
- (ক) $\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta l}{l}$ ○ (খ) $\frac{\Delta g}{g} = \frac{4\pi\Delta l}{l} - \frac{8\pi\Delta T}{T}$ ○
 (গ) $\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta l}{l} + \left(\frac{\Delta T}{T}\right)^2$ ○ (ঘ) $\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta l}{l} - \left(\frac{\Delta T}{T}\right)^2$ ○

- ৭০। নিচেৰ কোনটিৱ একক অন্য তিনিটিৱ একক হতে ভিন্ন ? [কু. ৰো. ২০১৭]
- (ক) ঘনত্ব \times আয়তন \times বেগ ○ (খ) ভৱেগেৰ পৰিবৰ্তনেৰ হাৰ ○
 (গ) ইয়ং-এৰ স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক \times ক্ষেত্ৰফল ○ (ঘ) ভৱ \times অভিকৰ্ষজ ত্বৰণ ○
- ৭১। এক ন্যানোমিটাৰ সমান কত মিটাৰ ? [বঙ্গবন্ধু বি. প্র. বি. ২০১৬-২০১৭]
- (ক) 10^{-8} m ○ (খ) 10^{-7} m ○
 (গ) 10^{-14} m ○ (ঘ) 10^{-9} m ○
- ৭২। একটি গোলকেৰ ব্যাসাৰ্ধ পৰিমাপে 1.5% ভুল হলে ঐ গোলকেৰ আয়তন পৰিমাপে শতকৰা কত ভুল হবে ? [চা. বি. (৭ কলেজ) ২০১৬-২০১৭]
- (ক) 1.5% ○ (খ) 4.5% ○
 (গ) 3.375% ○ (ঘ) 3.0% ○
- ৭৩। $1 \text{ Mpc} = ?$ [মা. ভা. বি. প্র. বি. ২০১৫-২০১৬]
- (ক) 3.084×10^{19} km ○ (খ) 3.84×10^9 km ○
 (গ) 3.84×10^{19} km ○ (ঘ) 3.084×10^9 km ○
- ৭৪। চাপ একটি মৌগিক রাশি। এৰ এসআই একক হচ্ছে— [ৰা. ৰো. ২০১৭]
- i. প্যাসকেল ii. নিউটন / মিটাৰ^২ iii. ডাইন / সেমি^২
 নিচেৰ কোনটি সঠিক ?
- (ক) i ও ii ○ (খ) i ও iii ○
 (গ) ii ও iii ○ (ঘ) i, ii ও iii ○
- ৭৫। বৃত্তাকাৰ ক্ষেলোৰ পূৰ্ণ ঘূৰন সংখ্যা M , বৃত্তাকাৰ ক্ষেলোৰ অতিৰিক্ত ভাগ সংখ্যা N এবং লগিষ্ট গণন L_c হলে ফেরোমিটাৰেৰ সাহায্যে h বিৰ্যয়েৰ সূত্ৰ কোনটি ?
- (ক) $h = M + L_c$ ○ (খ) $h = M \times N + L_c$ ○
 (গ) $h = M \times \text{পিচ} + L_c$ ○ (ঘ) $h = M \times \text{পিচ} + N \times L_c$ ○
- ৭৬। সৰ্বাপেক্ষা ছোট একক কোনটি ? [কু. ৰো. ২০১৯]
- (ক) মিলিমাইক্রোন ○ (খ) অ্যাংস্ট্ৰোমিটাৰ ○
 (গ) এক্স-ৱে ইউনিট ○ (ঘ) অটোমিটাৰ ○
- ৭৭। সৱলদোলকেৰ সাহায্যে কোনো স্থানেৰ g -এৰ মান পাওয়া গেলে 10 m s^{-2} । ঐ স্থানেৰ g -এৰ প্ৰকৃত মান 9.81 m s^{-2} হলে পৰিমাপেৰ শতকৰা ত্ৰুটি কত ? [ৰা. ৰো. ২০১৯]
- (ক) 19.63% ○ (খ) 19% ○
 (গ) 1.93% ○ (ঘ) 0.193% ○
- ৭৮। একটি স্কুলজেৱ লঘিষ্ঠ প্ৰুণকেৰ মান 0.01 mm । এটি দ্বাৰা নূনতম কত বেধ মাপা যাবে ? [ৰা. ৰো. ২০১৯]
- (ক) 1 mm ○ (খ) 0.10 mm ○
 (গ) 0.01 mm ○ (ঘ) 0.001 mm ○
- ৭৯। নিচেৰ কোনটি লক্ষ রাশি ? [চ. ৰো. ২০১৯]
- (ক) কম্পাক্ষ ○ (খ) ভৱ ○
 (গ) সময় ○ (ঘ) তাপমাত্ৰা ○

বহুনির্বাচনি প্রশ্নাবলীর উত্তরমালা

১। (ক)	২। (খ)	৩। (খ)	৪। (খ)	৫। (ক)	৬। (ঘ)	৭। (গ)	৮। (খ)	৯। (ক)	১০। (খ)
১১। (গ)	১২। (গ)	১৩। (গ)	১৪। (ঘ)	১৫। (গ)	১৬। (ক)	১৭। (গ)	১৮। (ক)	১৯। (গ)	২০। (খ)
২১। (ঘ)	২২। (ঘ)	২৩। (ঘ)	২৪। (খ)	২৫। (ঘ)	২৬। (গ)	২৭। (গ)	২৮। (গ)	২৯। (ক)	৩০। (ক)
৩১। (ক)	৩২। (খ)	৩৩। (ঘ)	৩৪। (ঘ)	৩৫। (খ)	৩৬। (ক)	৩৭। (গ)	৩৮। (গ)	৩৯। (ঘ)	৪০। (ঘ)
৪১। (ঘ)	৪২। (খ)	৪৩। (ক)	৪৪। (গ)	৪৫। (গ)	৪৬। (ক)	৪৭। (গ)	৪৮। (গ)	৪৯। (ঘ)	৫০। (গ)
৫১। (ক)	৫২। (ক)	৫৩। (খ)	৫৪। (গ)	৫৫। (খ)	৫৬। (খ)	৫৭। (খ)	৫৮। (ঘ)	৫৯। (গ)	৬০। (ঘ)
৬১। (ঘ)	৬২। (গ)	৬৩। (খ)	৬৪। (গ)	৬৫। (ক)	৬৬। (খ)	৬৭। (গ)	৬৮। (খ)	৬৯। (ক)	৭০। (ক)
৭১। (ঘ)	৭২। (খ)	৭৩। (ক)	৭৪। (ঘ)	৭৫। (ঘ)	৭৬। (ঘ)	৭৭। (গ)	৭৮। (গ)	৭৯। (ক)	

খ-বিভাগ : সূজনশীল প্রশ্ন (CQ)

- ১। পদার্থবিজ্ঞান হলো একটি বিশ্বয়কর বিষয়। বিজ্ঞানের এমন কোনো শাখা নেই যা পদার্থবিজ্ঞানের দ্বারা সমৃদ্ধ হয়নি। কৃষি, শিল্প, চিকিৎসাবিজ্ঞান, জীববিজ্ঞান, জ্যোতির্বিজ্ঞান, আবহাওয়া বিজ্ঞান, সমুদ্র বিজ্ঞান, ভূতত্ত্ব ইত্যাদিতে রয়েছে পদার্থবিজ্ঞানের বিভিন্ন নীতি, অনুকল্প, সূত্র ও তত্ত্বের থ্রয়োগ।
- (ক) পদার্থবিজ্ঞান কী?
- (খ) সূত্র ও তত্ত্বের পার্থক্য ব্যাখ্যা কর।
- (গ) পদার্থবিজ্ঞানের অবদানে প্রযুক্তি কীভাবে সমৃদ্ধ হয়েছে তা উদ্দীপকের আলোকে ব্যাখ্যা কর।
- (ঘ) পদার্থবিজ্ঞান একটি বিশ্বয়কর বিষয়— তোমার যুক্তি দাও।
- ২। বিভিন্ন পদার্থবিজ্ঞানীদের পর্যবেক্ষণ পরীক্ষা নিরীক্ষা ইত্যাদির ফলে প্রকৃতির বিভিন্ন ঘটনা সম্পর্কে অনুকল্প, সূত্র, নীতি, তত্ত্ব আবিষ্কৃত হয়েছে। এদের মধ্যে উল্লেখযোগ্য কয়েকজন হলেন—আর্কিমিডিস, ফ্যারাডে, নিউটন, গ্যালিলিও, আইনস্টাইন ও প্ল্যান্ক।
- (ক) পর্যবেক্ষণ কী?
- (খ) উদাহরণসহ অনুকল্প কী ব্যাখ্যা কর।
- (গ) বিজ্ঞানীদের কেউ কেউ অনেক ঘটনা পরীক্ষালক্ষ ফলাফল দ্বারা প্রমাণ করেছেন। এ রকম দুটি ঘটনা বর্ণনা কর।
- (ঘ) পদার্থবিজ্ঞান, সূত্র, তত্ত্ব ও নীতি বিকাশে গ্যালিলিও, নিউটন ও আইনস্টাইনের অবদানের তুলনা কর।

গ-বিভাগ : সাধারণ প্রশ্ন

- ১। ভৌত বিজ্ঞানের প্রার্থী ব্যাখ্যা কর।
- ২। পদার্থবিজ্ঞানের পরিসর এবং এর বিশ্বয়কর অবদান ব্যাখ্যা কর।
- ৩। পদার্থবিজ্ঞানে ধারণা বলতে কী বোঝায়?
- ৪। পদার্থবিজ্ঞানে সূত্র কাকে বলে?
- ৫। পদার্থবিজ্ঞানে নীতি বলতে কী বোঝায়?
- ৬। পদার্থবিজ্ঞানে স্বীকার্য কী বা কাকে বলে? [ঢা. বো. ২০১৯]
- ৭। পদার্থবিজ্ঞানে অনুকল্প কাকে বলে? [অভিন্ন প্রশ্ন (খ সেট) ২০১৮]
- ৮। পদার্থবিজ্ঞানে তত্ত্ব এর অর্থ কী?
- ৯। সূত্রের সাথে তত্ত্বের তফাত কী? ব্যাখ্যা কর। [বা. বো. ২০১৬]
- ১০। পদার্থবিজ্ঞানের সাথে গণিতের সম্পর্ক আলোচনা কর।

- ১১। পদার্থবিজ্ঞানের সাথে রসায়নের সম্পর্ক আলোচনা কর।
- ১২। পদার্থবিজ্ঞানের সাথে জীববিজ্ঞানের সম্পর্ক আলোচনা কর।
- ১৩। পদার্থবিজ্ঞানের সাথে জ্যোতির্বিজ্ঞানের সম্পর্ক আলোচনা কর।
- ১৪। পদার্থবিজ্ঞানের সাথে প্রযুক্তিবিদ্যার সম্পর্ক আলোচনা কর।
- ১৫। পদার্থবিজ্ঞানের সাথে চিকিৎসাবিজ্ঞানের সম্পর্ক আলোচনা কর।
- ১৬। পদার্থবিজ্ঞানের সাথে কৃষির বিজ্ঞানের সম্পর্ক আলোচনা কর।
- ১৭। পদার্থবিজ্ঞানের সাথে সাহিত্য ও সংস্কৃতির সম্পর্ক বিশ্লেষণ কর।
- ১৮। পদার্থবিজ্ঞানের সাথে সমাজবিজ্ঞানের সম্পর্ক আলোচনা কর।
- ১৯। পদার্থবিজ্ঞানের সাথে দর্শনের সম্পর্ক বিশ্লেষণ কর।
- ২০। খেলাধুলায় পদার্থবিজ্ঞানের অবদান বিশ্লেষণ কর।
- ২১। স্থান, সময় ও তরের চিরায়ত ধারণা ও আধুনিক ধারণা ব্যাখ্যা কর।
- ২২। মৌলিক রাশি ও লক্ষ রাশি বলতে কী বুব ?
- ২৩। কোনো রাশি পরিমাপ করতে এককের প্রয়োজন হয় কেন ? [রা. বো. ২০১৭]
- ২৪। পরিমাপের এককের আন্তর্জাতিক পদ্ধতির প্রয়োজন হয়েছিল কেন ? [সি. বো. ২০১৯]
- ২৫। মৌলিক একক কাকে বলে ?
- ২৬। লক্ষ একক কাকে বলে ? [চ. বো. ২০১৬; সি. বো. ২০১৬]
- ২৭। মাত্রা কী ?
- ২৮। পর্যবেক্ষণ ও পরীক্ষণের ক্রমবিকাশ ও গুরুত্ব ব্যাখ্যা কর।
- ২৯। পরিমাপের ত্রুটি ব্যাখ্যা কর।
- ৩০। পরিমাপের লম্বন ত্রুটি কাকে বলে ? [দি. বো. ২০১৭]
- ৩১। পরিমাপের সকল যন্ত্রে পিছট ত্রুটি থাকবে কিনা ব্যাখ্যা কর। [য. বো. ২০১৭]
- ৩২। পরিমাপের শুন্দতা ও সূক্ষ্মতার মধ্যে পার্থক্য কী ?
- ৩৩। পরম ত্রুটি কী ?
- ৩৪। গড় বিচ্ছুতি কাকে বলে ?
- ৩৫। প্রমাণ বিচ্ছুতি কাকে বলে ?
- ৩৬। আপেক্ষিক ত্রুটি কী ?
- ৩৭। শতকরা ত্রুটি কী ?
- ৩৮। আনুপাতিক ত্রুটি কাকে বলে ?
- ৩৯। কোনো ফর্মুলায় যে রাশিটির সূচক সর্বাধিক সেই রাশিটি সর্বাধিক শুন্দতার সাথে পরিমাপ করতে হয়—ব্যাখ্যা কর।
- ৪০। সূত্রে কোনো ধূর্ব রাশি থাকলে ত্রুটিতে তার অবদান কতটুকু ?
- ৪১। সাধারণ নিকির সূচকের স্থিতিবিন্দু কীভাবে নির্ণয় করা হয় ?
- ৪২। স্ফোরেমিটারের লঘিষ্ঠ ধূর্বক 0.01 mm বলতে কী বুব ? [য. বো. ২০১৯]

ঘ-বিভাগ : গাণিতিক সমস্যা

- ১। একজন শিক্ষার্থী একটি লোহার সিলিন্ডারের দৈর্ঘ্য সাত বার পরিমাপ করে পাঠ পেলো যথাক্রমে 7.62 cm , 7.66 cm , 7.63 cm , 7.59 cm , 7.60 cm , 7.64 cm এবং 7.61 cm ।
নির্ণয় কর : (i) দণ্ডটির দৈর্ঘ্যের গাণিতিক গড়, (ii) গড় মান হতে বিচ্ছুতি, (iii) গড় বিচ্ছুতি, (iv) আপেক্ষিক ত্রুটি, (v) শতকরা ত্রুটি (vi) প্রমাণ বিচ্ছুতি।

- উ:** (i) $\bar{a} = 7.62 \text{ cm}$, (ii) $\Delta a_1 = 0 \text{ cm}$, $\Delta a_2 = 0.04 \text{ cm}$, $\Delta a_3 = 0.01 \text{ cm}$, $\Delta a_4 = -0.03 \text{ cm}$,
 $\Delta a_5 = -0.02 \text{ cm}$, $\Delta a_6 = 0.02 \text{ cm}$, $\Delta a_7 = -0.01 \text{ cm}$, (iii) $\Delta \bar{a} = 0.0186 \text{ cm}$, (iv)
 0.00244 cm (v) $\delta = 0.244\%$ (vi) 0.00845 cm
- ২। $m = (1.5 \pm 02) \text{ kg}$ ভরের একটি গোলকে $r = (2.5 \pm 01) \text{ m}$ দৈর্ঘ্য একটি সূতা দ্বারা অনুভূমিক বৃত্তাকার
পথে $v = (15 \pm 0.5) \text{ m s}^{-1}$ দ্রুতিতে ঘূরানো হচ্ছে। গোলকটির উপর ক্রিয়াশীল বলের মান $F = \frac{mv^2}{r}$ হলে বল
নির্ণয়ে (i) আনুপাতিক ক্রটি এবং (ii) শতকরা ক্রটি নির্ণয় কর। [উ: (i) 0.24 (ii) 24 %]
- ৩। একজন ছাত্র পরীক্ষাগারে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান পেল 9.78 m s^{-2} । আবার সে যখন 0.02 kg ভরের একটি
বাটখাড়াকে স্প্রিং নিক্তিতে ঝুলিয়ে দিল তখন দেখল 0.196 N বল দেখাচ্ছে। তার নির্ণীত অভিকর্ষজ ত্বরণের
শতকরা ক্রটি নির্ণয় কর। [উ: 0.204 %]
- ৪। $V = \frac{4}{3} \pi r^3$ সমীকরণে r -এর মান পরিমাপে যদি 2% ক্রটি হয় তবে V এর ক্রটি কত হবে? [উ: 6%]
- ৫। একটি গোলকের ব্যাসার্ধ, R পরিমাপ করা হলো। $R = (10 \pm 0.1)$ হলে এর আয়তনের শতকরা ক্রটি কত? [শা. বি. প্র. বি. ২০১৫-২০১৬]
- ৬। একটি বৃত্তের ব্যাসার্ধ $(2.5 \pm 0.2) \text{ cm}$ হলে এর ক্ষেত্রফল পরিমাপের শতকরা ক্রটি কত? [উ: 16%]
[রা. বি. ২০১৭-২০১৮]
- ৭। একটি স্লাইড ক্যালিপার্সের প্রধান ক্লেলের ক্ষুদ্রতম এক ঘরের মান 1 mm এর ভার্নিয়ার ক্লেলের 10 ঘর 9 ঘরের
সমান। এই ক্লেলের ভার্নিয়ার ধ্রুবক কত? [উ: 1mm] [বুয়েট. ২০০৯-২০১০]
- ৮। একটি স্লাইড ক্যালিপার্সের প্রধান ক্লেলের ক্ষুদ্রতম এক ঘরের মান 1 mm এর ভার্নিয়ার ক্লেলের 40 ঘর প্রধান
ক্লেলের 39 ঘরের সমান। ভার্নিয়ার ধ্রুব কত হবে? [উ: 0.025 mm] [কুয়েট ২০০৬-২০০৭]
- ৯। একটি স্লাইড ক্যালিপার্সের প্রধান ক্লেলের ক্ষুদ্রতম এক ঘরের মান 1 mm ভার্নিয়ার ক্লেলের 20 ঘর প্রধান ক্লেলের
19 ঘরের সমান। এই ক্লেলের ভার্নিয়ার ধ্রুবক কত? [উ: 0.05 mm] [জা. বি. ২০১৫-২০১৬]
- ১০। পরীক্ষাগারে ফাইরুজ একটি মাইক্রোমিটার স্ক্রু গজের সাহায্যে সরু তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল নির্ণয়ের জন্য
তারটির ব্যাস পরিমাপ করছে। সে বৈধিক ক্লেল পাঠ পেল 4 mm এবং বৃত্তাকার ক্লেলের ভাগ সংখ্যা পেল 10 :
বৃত্তাকার ক্লেলের মোট ভাগ সংখ্যা 100 এবং বৈধিক ক্লেলের এক ভাগের মান 1 mm । তারটির প্রস্থচ্ছেদের
ক্ষেত্রফল কত? [উ: 13.2 mm²]
- ১১। একটি ফেরোমিটারের বৃত্তাকার ক্লেলের মোট ভাগসংখ্যা 100 এবং বৃত্তাকার ক্লেলকে সম্পূর্ণ একবার ঘূরালে বৈধিক
ক্লেল বরাবর 1 mm দূরত্ব অতিক্রম করে। ফেরোমিটারের যেকোনো দুই পায়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 52 mm ।
ফেরোমিটারের সাহায্যে একটি উত্তল লেন্সের বক্রতলের উচ্চতা পাওয়া গেল 3.82 mm । ফেরোমিটারের লঘিষ্ঠ
গণন এবং উত্তল লেন্সের বক্রতার ব্যাসার্ধ নির্ণয় কর। [উ: 0.01 mm; 11.99 cm]
- ১২। পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবরেটরিতে মূনতাসির ও ইকরা সাধারণ নিক্তির সাহায্যে একটি মার্বেলের ওজন নির্ণয়ের সময় বাম
পাল্লায় শূন্য ভর চাপিয়ে সূচকের বাম দিকের দিক পরিবর্তন বিন্দুর গড় পাঠ পেল 9 এবং ডান দিকের দিক পরিবর্তন
বিন্দুর গড় পাঠ পেল 7 । এবার বাম পাল্লায় মার্বেলটি চাপিয়ে এবং ডান পাল্লায় 55 g ভর চাপিয়ে সূচকের বাম দিকের
দিক পরিবর্তন বিন্দুর গড় পাঠ পেল 5 এবং ডান দিকে দিক পরিবর্তন বিন্দুর গড় পাঠ পেল 3 । পরে বাম পাল্লায়
অতিরিক্ত 10 g ভর চাপিয়ে সূচকে কর বাম দিকের দিক পরিবর্তন বিন্দুর গড় পাঠ পেল 3 এবং ডান দিকে দিক
পরিবর্তন বিন্দুর পাঠ পেল 1 । মার্বেলটির ভর কত? [উ: 55.02 g]
- ১৩। যদি $A = B^n C^m$ এবং A, B ও C এর মাত্রা যথাক্রমে LT , $L^2 T^{-1}$ এবং LT^2 হয় তবে m ও n এর মান
কত? [উ: $\frac{3}{5}$ এবং $\frac{1}{5}$] [জা. বি. ২০১৭-২০১৮]