প্রথম অধ্যায়

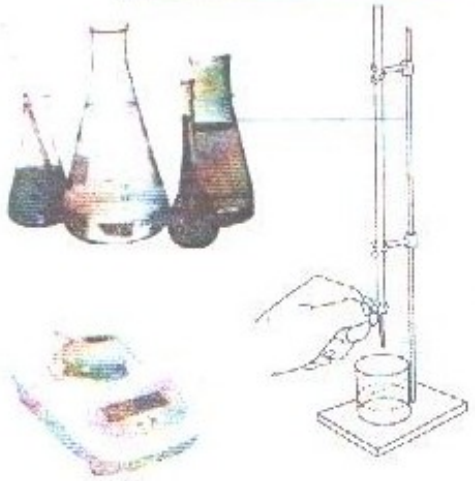
ল্যাবরেটরিভিত্তিক শিক্ষকের তত্ত্বীয় আলোচনা = ১৫ পিরিয়ড

ল্যাবরেটরির নিরাপদ ব্যবহার
Safe Use of Laboratory

অধ্যায়ের প্রধান শব্দসমূহ (Key Words) : ল্যাবরেটরি নিরাপত্তা বিধি, গ্লাস যন্ত্রপাতি, বার্নার, আয়তনিক বিশ্লেষণ, টাইট্রেশন, ল্যাবরেটরি বর্জ্য, কেমিক্যাল ব্যালেন্স ও রাইডার ধ্রুবক, বিকারক, রাসায়নিক দ্রব্যের পরিমিত ব্যবহার, পরিবেশের ওপর রাসায়নিক দ্রব্যের ক্ষতিকর প্রভাব, হ্যাজার্ড সিম্বল, সেমিমাইক্রো ও মাইক্রো বিশ্লেষণ, ফার্স্ট-এইড বক্স।

ভূমিকা (Introduction)

রসায়ন হলো ল্যাবরেটরি বা পরীক্ষাগারকেন্দ্রিক বিজ্ঞান। পরীক্ষাগারে বিভিন্ন রাসায়নিক পদার্থের বৈশিষ্ট্য পরীক্ষা, পর্যবেক্ষণের মাধ্যমে শিক্ষার্থীরা রসায়নের বিষয়বস্তুকে সঠিকভাবে জানতে পারে। ল্যাবরেটরিতে বিভিন্ন রাসায়নিক দ্রব্যাদি নিয়ে কাজ করতে হয়। সব রাসায়নিক যৌগই কম-বেশি ক্ষতিকর, কোনোটা কম আবার কোনোটা বেশি। কোনো কোনো রাসায়নিক পদার্থ সতর্কতার অর্থেই বিপজ্জনক। তাই কতগুলো সতর্কতা রসায়নের শিক্ষার্থীদের জানা আবশ্যক। যেমন ল্যাবরেটরিতে নিজের ও সহপাঠীর সুরক্ষার কৌশল, গ্লাস সামগ্রী ব্যবহারবিধি, নির্ভুল পরিমাপ প্রক্রিয়া, পরিবেশের ওপর রাসায়নিক দ্রব্যের ক্ষতিকর প্রভাব এবং প্রভাব হ্রাসকরণ উপায়, রাসায়নিক দ্রব্যের পরিমিত ব্যবহার নিশ্চিতকরণ এবং সর্বোপরি যেহেতু ল্যাবরেটরিতে আগুন নিয়ে কাজ প্রায়ই করতে হবে বা বিভিন্ন বিষাক্ত রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহার করতে হবেই, তাই সর্বোচ্চ সচেতনতার পাশাপাশি দুর্ঘটনার হাত থেকে রক্ষার কৌশল জেনে রাখতে হবে।



শিখন ফল : এ অধ্যায় পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা—

১. ল্যাবরেটরিতে নিজের ও সহপাঠীর নিরাপত্তা নিশ্চিত করে যথাযথ কাজ করতে পারবে।
২. নিয়মানুযায়ী ও নিরাপত্তার সাথে গ্লাসসামগ্রী ব্যবহার করতে পারবে।
৩. ল্যাবরেটরি, যন্ত্রপাতি ও গ্লাসসামগ্রী পরিচ্ছন্ন রাখতে পারবে।
৪. যথাযথ যন্ত্র ব্যবহার করে পদার্থের ভর নির্ভুল পরিমাপ করে প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করতে পারবে।
৫. টাইট্রেশন কালে কনিকেল ফ্লাস্ক, ব্যুরেট, পিপেট ও ওয়াশ বোতলের সঠিক ব্যবহার করতে পারবে।
৬. নিরাপত্তা নিশ্চিত করে তাপীয় পরীক্ষা সম্পাদন করতে পারবে।
৭. বোতলের বিকারক বা রিএজেন্টকে (reagent) ভেজালমুক্ত রাখতে পারবে।
৮. প্রয়োজনীয় সতর্কতা অবলম্বন করে রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহার ও ল্যাবরেটরি ঝুঁকি হ্রাস করতে পারবে।

৯. রাসায়নিক দ্রব্য সঠিকভাবে ও যথাস্থানে সংরক্ষণ ও পরিত্যাগ করতে পারবে।
১০. পরিবেশের ওপর ল্যাবরেটরিতে রাসায়নিক দ্রব্যের অতিরিক্ত ব্যবহারের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১১. ল্যাবরেটরিতে রাসায়নিক দ্রব্যের পরিমিত ব্যবহারে সচেতনতা প্রদর্শন করবে।
১২. রাসায়নিক বিশ্লেষণে সেমিমাইক্রো ও মাইক্রো অ্যানালিটিক্যাল পদ্ধতি ব্যবহার করে দেখাতে পারবে।
১৩. দুর্ঘটনা প্রতিরোধে নিরাপত্তাসামগ্রী সংরক্ষণ ও প্রয়োজনে তা ব্যবহার করতে পারবে।
১৪. ল্যাবরেটরি দুর্ঘটনায় ফার্স্ট-এইড বক্স ব্যবহারবিধি জেনে প্রাথমিক চিকিৎসা দিতে পারবে।

টিপস্ : ওয়েবসাইট *(Ref:http:// www.sciencelab. com/msdsList. php)* থেকে সংশ্লিষ্ট রাসায়নিক পদার্থসমূহের Material Safety Data Sheet (MSDS) সংরক্ষণ প্রক্রিয়া ও সতর্ক ব্যবহার জেনে নাও।

১.১ ল্যাবরেটরি ব্যবহার বিধি : পোশাক, নিরাপদ গ্লাস, মাস্ক ও হ্যান্ড গ্লাভস
Laboratory Rules to Use : Dress, Safety Glass, Mask & Hand Gloves

ল্যাবরেটরিতে কাজ শুরু করার পূর্বে প্রতিটি শিক্ষার্থীকে প্রথমত মানসিক প্রস্তুতি, দ্বিতীয়ত কলেজ-ড্রেস বা ইউনিফরম রক্ষা, তৃতীয়ত পরীক্ষাকালীন ব্যবহৃত রাসায়নিক পদার্থের ক্ষতিকর সংস্পর্শ এবং ভাঙ্গা কাচের আঘাত ইত্যাদি থেকে দেহকে রক্ষা করতে নিম্নোক্ত বিধি অনুসরণ করতে হয় :

(১) অ্যাপ্রন (apron) : প্রত্যেক শিক্ষার্থী রসায়ন পরীক্ষাগারে ঢোকার আগে সাদা অ্যাপ্রন বা ল্যাব কোট পরে নিতে হবে। এতে প্রথমত শিক্ষার্থীর মানসিক প্রস্তুতি লাভ; দ্বিতীয়ত রাসায়নিক দ্রব্য থেকে কলেজ ড্রেস সুরক্ষা ও তৃতীয়ত রাসায়নিক দ্রব্যের স্পর্শ থেকে শরীরের ত্বক রক্ষা পায়। অ্যাপ্রন বা ল্যাব কোট সাদা সুতি কাপড় দিয়ে তৈরি করা হয়। সুতি কাপড়ের অ্যাপ্রন আরামদায়ক হয়। সাদা সুতি কাপড় শরীরের তাপশক্তি বিকিরণে সহায়ক হয়। অ্যাপ্রন বা ল্যাব কোটটি বেশি ঢিলেঢালা হওয়া বাঞ্ছনীয় নয়। ল্যাব কোট হবে হাফ-হাতা, যেন হাতায় কোনো রাসায়নিক পদার্থ সহজে লেগে না যায়; কিংবা ল্যাব কোটের কোনো অংশ যেন সহজে বুনসেন বার্নারের শিখার সংস্পর্শে না আসতে পারে।

(২) নিরাপদ চশমা : রাসায়নিক পরীক্ষা কাজ করার সময় চোখে **নিরাপদ চশমা বা গগলস্** ব্যবহার করতে হবে; এতে ছিটকে পড়া রাসায়নিক পদার্থ, রাসায়নিক পদার্থের ধোঁয়া থেকে চোখ রক্ষা পায়। ল্যাবরেটরিতে ব্যবহৃত অনেক রাসায়নিক পদার্থের বাষ্প কোমল চোখের জন্য ক্ষতিকর হতে পারে। অথবা কাজ করার সময় অসতর্ক মুহূর্তে ক্ষতিকর রাসায়নিক পদার্থ ছিটকে চোখে পড়তে পারে। এমন কী যে কোনো সময়ে কোনো দুর্ঘটনায়ও রাসায়নিক ল্যাবে বিষাক্ত ধোঁয়ার সৃষ্টি হতে পারে। তাই রাসায়নিক পরীক্ষাগারে এ ধরনের অনাকাঙ্ক্ষিত দুর্ঘটনার ক্ষতিকর প্রভাব থেকে নিজেকে রক্ষা করতে নিরাপদ চশমা বা safety glass ব্যবহার করতে হয়।

চিত্র ১.১ : অ্যাপ্রন, নিরাপদ চশমা, গ্লাভস ও ক্যাপ।

(৩) হ্যান্ড গ্লাভস : রাসায়নিক পদার্থের বোতল ধরার আগে হাতে **হ্যান্ড গ্লাভস্** পরতে হবে; এতে ক্ষয়কারক রাসায়নিক পদার্থ যেমন- এসিড, ক্ষার ও বিভিন্ন ক্ষতিকারক রাসায়নিক পদার্থের সংস্পর্শ হাতে ঘটবে না। বাজারে কম দামে পাওয়া

সিনথেটিক জিটেক্স, লাটেক্স ও ভিনাইল হ্যান্ড গ্লাভস পচনশীল নয় এবং অধিক দাহ্য। তাই পরিবেশবান্ধব পচনযোগ্য নাইট্রাইল রাবার গ্লাভস ব্যবহার করা উচিত। গাঢ় এসিড ব্যবহারের সময় এসিডের বোতলের গায়ে অসাবধানতাবশত গাঢ় এসিড লেগে থাকলে এবং তা হাতের সংস্পর্শে আসলে তখন হাতের ক্ষতি হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। এক্ষেত্রে হাতে হ্যান্ড গ্লাভস পরা থাকলে হাতের কোনো ক্ষতি হওয়ার সম্ভাবনা থাকে না। ল্যাবরেটরিতে ব্যবহৃত ফিল্টার পেপার, কাচের টুকরা, ভাঙ্গা কর্ক ইত্যাদিকে ডাস্ট-বিনে ফেলার ক্ষেত্রে হাতে হ্যান্ড-গ্লাভস ব্যবহার করা উচিত। এক্ষেত্রে ল্যাবরেটরিতে ব্যবহৃত রাসায়নিক বস্তু দ্বারা সৃষ্ট ক্ষতিকর প্রভাবের মাত্রার ওপর নির্ভর করে বিভিন্ন প্রকার হ্যান্ড-গ্লাভস ব্যবহার করতে হয়। বাজারে বিভিন্ন ধরনের হ্যান্ড-গ্লাভস পাওয়া যায়। যেমন–

(ক) জিটেক্স গ্লাভস (Zetex gloves) : ছোটখাটো জ্বলন্ত বস্তু নিয়ে কাজ করার সময় জিটেক্সগ্লাভস ব্যবহার করা হয়। এটি তাপ রোধক অ্যাসবেস্টস গ্লাভসের বিকল্প রূপে ব্যবহৃত হয়।

(খ) লাটেক্স গ্লাভস (Latex gloves) : চামড়ায় ক্ষয় ও জ্বালা সৃষ্টিকারী রাসায়নিক পদার্থের ব্যবহার কালে লাটেক্স গ্লাভস ব্যবহার করা হয়। এটি সংক্রমক পদার্থের বিরুদ্ধেও প্রতিরোধ সৃষ্টি করে।

(গ) ভিনাইল গ্লাভস (Vinyl gloves) : এটি পলিভিনাইল ক্লোরাইড বা PVC দিয়ে তৈরি করা হয়। সাধারণত মৃদু ক্ষয়কারী পদার্থ এবং ত্বকে বিরক্তিকর অনুভূতি সৃষ্টিকারী রাসায়নিক পদার্থের ব্যবহার কালে ভিনাইল গ্লাভস হাতে পরা হয়।

(ঘ) নিওপ্রিন গ্লাভস (Neoprene gloves) : এটি পলিক্লোরোপ্রিন দিয়ে তৈরি। এটি বেশ নরম এবং তাপরোধী। মৃদু ক্ষয়কারক পদার্থ, তেল জাতীয় পদার্থ ও জৈব দ্রাবক পদার্থ নিয়ে ল্যাবে কাজ করার বেলায় নিউপ্রিন গ্লাভস হাতে পরা শ্রেয়।

(ঙ) প্রাকৃতিক রাবার গ্লাভস : সাধারণ রাবার গ্লাভস সাধারণত ব্যবহৃত হয় মৃদু ক্ষয়কারক পদার্থের সংস্পর্শ থেকে ত্বককে রক্ষা করার উদ্দেশ্যে। এটি বৈদ্যুতিক শক্ (sock) প্রতিরোধকও বটে।

(৪) মাস্ক : ক্ষতিকারক গ্যাস বা রাসায়নিক পদার্থের বাষ্পের প্রস্তুতি বা ব্যবহারের আগে মাস্ক পরতে হবে। এক্ষেত্রে ল্যাবরেটরি প্রেকটিক্যাল বইয়ে নির্দেশনা দেয়া থাকে। সাধারণত বিভিন্ন পরীক্ষায় CO_2, NH_3, NO_2, H_2S, SO_2 প্রভৃতি ক্ষতিকর গ্যাস উৎপন্ন হয়। এসব গ্যাসের প্রভাবে শ্বাসকষ্ট, মাথা ধরা ও চোখে পানি আসা, জ্বালা করা ইত্যাদি ঘটে। মাস্ক পরে এসব ক্ষতির মাত্রা কমানো যায়।

(৫) পায়ে জুতা পরতে হবে (স্যান্ডল নয়)।

(৬) লম্বা চুল বেঁধে মাথায় ক্যাপ পরতে হবে।

বাজারের প্লাস্টিকের চশমা ব্যবহারের ক্ষেত্রে দেখতে হবে ঐ প্লাস্টিকের চশমার দুই পার্শ্বে যেন রক্ষা প্লেট (shields) থাকে, যাতে কোনো রাসায়নিক দ্রব্য ও ধোঁয়া ইত্যাদি চোখের পার্শ্ব দিয়ে প্রবেশ করতে না পারে। ল্যাবরেটরিতে এরূপে নিজের ও সহপাঠীর সুরক্ষা নিশ্চিত করে পরীক্ষা কাজ সুসম্পন্ন করা যাবে।

(৭) ল্যাবরেটরিতে ঢোকার পর সব দরজা জানালা খোলা না থাকলে নিজে ঐ সব জানালা খুলে দিয়ে পর্যাপ্ত বায়ু চলাচলের ব্যবস্থা রাখতে হবে।

টিপস্ : (১) সিনথেটিক কাপড়, অলংকার পরিধান করবে না। টাইট কাপড় পড়বে।
(২) সিনথেটিক গ্লাভসের পরিবর্তে নাইট্রাইল গ্লাভস ব্যবহার করা উচিত, কারণ এটি মাইক্রো অর্গানিজম বা অণুজীব দ্বারা আক্রান্ত হয়ে মাটিতে মিশে যায়।

১.১.১ ল্যাবরেটরিতে শিক্ষার্থীর কর্মকাণ্ড ও করণীয়

How to behave during Lab. Activities

পরীক্ষাগারে নিরাপদ পরিবেশ সৃষ্টি ও অক্ষুণ্ন রাখতে হলে কতিপয় 'সোনালি বিধি' (golden rules) পালন অত্যাবশ্যক। সেগুলো হলো- নিয়মানুবর্তিতা, যত্নশীলতা, অধ্যবসায়, পরিশ্রম, সুবিবেচনা ও পরিচ্ছন্নতা।

১। ল্যাবরেটরিতে আসার আগে বই পড়ে স্বচ্ছ ধারণা নিয়ে ভালোভাবে প্রস্তুত হয়ে আসতে হবে।

২। ল্যাবরেটরিতে চিৎকার, জোরে জোরে কথা বলা অবশ্যই পরিহার করতে হবে, যাতে করে মনোনিবেশে ব্যাঘাত না ঘটে।

৩। যে ডেস্কে কাজ করতে হবে, সে ডেস্কটি যাতে অত্যন্ত পরিচ্ছন্ন থাকে, সেদিকে খেয়াল রাখতে হবে। ল্যাবরেটরি ত্যাগের আগে ব্যবহৃত সকল কাচ সামগ্রী উত্তমরূপে ধৌতকরণ সামগ্রী দিয়ে ধুয়ে ডেস্কের ওপরে সাজিয়ে রাখতে হবে।

৪। কোনো একটা কাজ সম্পন্ন করার সাথে সাথে এবং ল্যাবরেটরি ত্যাগ করার আগে অবশ্যই সাবান দিয়ে হাত ধুয়ে নিতে হবে।

৫। অযথা বুনসেন বার্নার জ্বালিয়ে রাখা যাবে না।

৬। বইপত্র, খাতা, ব্যাগ, পানীয় বোতল ডেস্কের ওপর ছড়িয়ে ছিটিয়ে রাখা ঠিক নয়।

৭। পরীক্ষণ পদ্ধতি সতর্কতার সাথে অনুসরণ করতে হবে।

৮। ব্যালেন্স পরিচ্ছন্ন রাখা আবশ্যক। ব্যালেন্সের প্যান এবং আশপাশ রাসায়নিক দ্রব্য মুক্ত রাখতে হবে।

৯। তাড়াহুড়া করে কাজ শেষ করে চলে যাওয়ার প্রবণতা পরিহার করতে হবে।

১০। কাজ করার সময় সম্পূর্ণ মনোযোগী হতে হবে, কোনোক্রমেই অন্যমনস্ক হওয়া যাবে না।

১১। রাসায়নিক দ্রব্যের গন্ধ ও স্বাদ নেয়া স্বাস্থ্যের পক্ষে ঝুঁকিপূর্ণ। তাই রাসায়নিক দ্রব্যের কখনো সরাসরি গন্ধ ও স্বাদ নেয়া যাবে না।

১২। রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহারের সময় বোতলের লেভেল সঠিকভাবে দেখে নিশ্চিত হয়ে ব্যবহার করতে হবে। ব্যবহার শেষে ঐ রাসায়নিক দ্রব্যের বোতল যথাস্থানে রাখতে হবে।

১৩। রাসায়নিক বর্জ্য পদার্থকে ল্যাবরেটরিতে রাখা ডাস্টবিনে পরিত্যাগ করতে হবে।

১৪। গাঢ় এসিডকে পানিসহকারে লঘুকরণের বেলায় বইয়ে দেয়া নির্দেশমতো সতর্কতার সাথে লঘুকরণ করতে হবে।

১৫। উত্তপ্ত গ্লাসের যন্ত্রপাতিকে ঠাণ্ডা পানিতে ডুবানো যাবে না; এতে উত্তপ্ত গ্লাস সামগ্রী ফেটে যায়।

১৬। ল্যাবরেটরিতে অনেক সহপাঠী এক সাথে কাজ করতে হয়, তখন নিজের নিরাপত্তার সাথে অন্যান্য সহপাঠীদের নিরাপত্তার বিষয়ও গুরুত্বসহকারে মনে রাখা প্রয়োজন।

সর্বোপরি ল্যাবরেটরিতে শিক্ষকের নির্দেশ মতো পরীক্ষা কাজ শেষ করে গণনা কাজসহ সিদ্ধান্ত সম্পন্ন করতে হয়।

১.২ গ্লাস সামগ্রী ব্যবহারের নিরাপদ কৌশল
Safe-Techniques to Use Lab Apparatus

ল্যাবরেটরিতে গ্লাস সামগ্রী ব্যবহার করে অধিকাংশ পরীক্ষা কাজ করতে হয়। গ্লাস সামগ্রীর মধ্যে রয়েছে গ্লাস টেস্টটিউব, বিকার, ফানেল, কনিকেল ফ্লাস্ক, মেজারিং বা পরিমাপক ফ্লাস্ক, পিপেট, ব্যুরেট, মেজারিং সিলিন্ডার, গোলতলী ফ্লাস্ক, গ্লাস রড, গ্লাস টিউব, লিবিগ শীতক ইত্যাদি। ল্যাবরেটরিতে কাজের সময় এ সব গ্লাসের তৈরি যন্ত্রপাতি আঘাতে সহজে ভেঙে যায়। ভাঙা গ্লাস ধারালো হয় এবং গায়ে লাগলে চামড়া কেটে গিয়ে রক্তপাত হতে পারে।

(ক) গ্লাসের যন্ত্রপাতি ভাঙার সম্ভাব্য ঝুঁকি বা কারণগুলো হলো—

(১) গ্লাস সামগ্রী ধোয়ার সময় পানির ট্যাপে বা বেসিনে আঘাত লাগা।

(২) হোল্ডার দ্বারা গ্লাস টিউব ফিটিং কালে বেশি চাপ দেয়া ও ব্যবহার কালে সতর্ক না থাকা।

(৩) ক্ল্যাম্প দ্বারা স্ট্যান্ডের সাথে আটকানোর সময় অসতর্কভাবে অধিক চাপ প্রয়োগে গ্লাস সামগ্রী ভেঙে যায়।

(৪) গ্লাস যন্ত্রের বাইরের দেওয়ালে পানি থাকা অবস্থায় উত্তপ্ত করা।

(৫) ছিদ্র করা কর্ক বা রবার স্টপারের মধ্যে গ্লাস টিউব বা থার্মোমিটার ফিট করতে বিশেষ সতর্কতা নিতে হয়। যেমন গ্লাস টিউব ও স্টপারকে টাওল (কাপড়) জড়িয়ে স্টপারের ছিদ্র পথে গ্লাসটিউব চেপে ঢুকাতে হবে। যদি এ সময় গ্লাস ভেঙে যায়; তবে ভাঙা গ্লাস হাত কাটবে না। যদি সহজে গ্লাস টিউব না ঢোকে,তখন ছিদ্র বড় করে এবং পানি বা গ্লিসারিন দিয়ে ভিজিয়ে নিতে হবে। অসতর্কতাবশত এক্ষেত্রে হাত কেটে যেতে পারে।

(৬) গ্লাস সামগ্রী ওপর থেকে নিচে পড়ে গেলে ভেঙে যায়। এ সব ব্যাপারে সতর্কতাই গ্লাস সামগ্রী নষ্ট হওয়া থেকে রক্ষা করা সম্ভব।

(খ) গ্লাস সামগ্রীর শ্রেণিকরণ ভিত্তিতে এদের ব্যবহার : রাসায়নিক ল্যাবে ব্যবহৃত গ্লাস সামগ্রীকে এদের তৈরিতে ব্যবহৃত গ্লাস বা কাচের উপাদান অনুসারে (১) Soft glass বা কোমল গ্লাস সামগ্রী ও (২) শক্ত গ্লাস বা পাইরেক্স গ্লাস (pyrex glass) এ দু'শ্রেণিতে বিভক্ত করা যায়। Soft গ্লাস দিয়ে তৈরি গ্লাস সামগ্রী হলো কাচনল, বিকার, ওয়াচ-গ্লাস, ফানেল, রি-এজেন্ট বা বিকারক বোতল, লিবিগ শীতক ইত্যাদি। Soft গ্লাস বা কোমল গ্লাসে তৈরি সামগ্রী বুনসেন বার্নারের শিখায় উত্তপ্ত করলে সহজে গলে নরম হয়ে যায় অর্থাৎ কোমল গ্লাস কম তাপ সহ্য করতে পারে। কোমল গ্লাস সামগ্রী বাদামি বা খুব স্বচ্ছ থাকে না। অপরদিকে পাইরেক্স বা শক্ত গ্লাস দিয়ে তৈরি সামগ্রী হলো কনিকেল ফ্লাস্ক, পিপেট, ব্যুরেট, মেজারিং সিলিন্ডার, মেজারিং ফ্লাস্ক বা আয়তনিক ফ্লাস্ক ইত্যাদি। শক্ত গ্লাসের তৈরি সামগ্রী উচ্চ তাপসহ ও খুব শক্ত হয়। তাই ল্যাবের বিভিন্ন কাজের জন্য পাইরেক্স গ্লাস সামগ্রী নিরাপদে ব্যবহার করা যায়। যেমন উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্তকরণ, রাসায়নিক পদার্থ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত গোলতলি ফ্লাস্ক, পাতন প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত ফ্লাস্ক ও ভ্যাকুয়াম পরিস্রাবণ প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি পাইরেক্স গ্লাস দ্বারা তৈরি করা হয়।

রাসায়নিকভাবে, পাইরেক্স গ্লাস হলো জিংক ও বেরিয়াম বোরো সিলিকেটস্ অথবা অ্যালুমিনো সিলিকেটস্ মিশ্রণ দিয়ে তৈরি গ্লাস। অপরদিকে কোমল গ্লাস বা Soft গ্লাস হলো সোডিয়াম ও ক্যালসিয়াম সিলিকেটস্ -এর মিশ্রণ থেকে তৈরি গ্লাস। কোনো রাসায়নিক পদার্থের মিশ্রণ বা কোনো দ্রবণকে তাপ দিতে হলে শক্ত গ্লাস বা পাইরেক্স গ্লাস নির্মিত বিকার অথবা কনিকেল ফ্লাস্ক ব্যবহার করতে হয়।

আমরা এখন ল্যাবরেটরিতে ব্যবহার্য বিভিন্ন গ্লাসের যন্ত্রপাতি চিনে নেব।[চিত্র : ১.২ ও ১.৩]

১.৩ ল্যাবরেটরি, যন্ত্রপাতি ও গ্লাস সামগ্রী পরিষ্কার করার কৌশল
Techniques to Clean Equipments, Glass Apparatus and Laboratory

স্কুল-কলেজের কেমিস্ট্রি ল্যাবরেটরি বা রসায়ন পরীক্ষাগারের নিজস্ব বৈশিষ্ট্যের অবকাঠামো থাকে। এ পরীক্ষাগারের মধ্যে থাকে বিভিন্ন প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি, রাসায়নিক দ্রব্যাদি এবং বিভিন্ন পরীক্ষা সংশ্লিষ্ট গ্লাস সামগ্রী। সাধারণত কাঠামোগতভাবে, কেমিস্ট্রি ল্যাবরেটরি রূপে দু'সারি দীর্ঘ টেবিল থাকে, প্রতিটি দীর্ঘ টেবিলে শিক্ষার্থীর ব্যবহারযোগ্য ডেস্ক এবং ডেস্কের ওপর রিএজেন্ট বোতল সাজিয়ে রাখার শেল্‌ফ যুক্ত থাকে। এ ছাড়া পানি সরবরাহের ওয়াটার সাপ্লাই নল ও বেসিন এবং বুনসেন বার্নারের গ্যাস সাপ্লাই নল বিন্যস্ত থাকে। রাসায়নিক দ্রব্যাদি সংরক্ষণের জন্য পৃথক আলমারি, শেল্‌ফ থাকে, গ্লাস সামগ্রী এবং ধাতব ও প্লাস্টিক যন্ত্রপাতিকে পৃথক আলমারিতে রাখা হয়।

(১) ল্যাবরেটরি পরিষ্কার রাখার কৌশল : ল্যাবরেটরির সমস্ত দায়িত্বে থাকেন ল্যাবরেটরি সহকারী, ডেমনস্ট্রেটর ও দায়িত্ব প্রাপ্ত রসায়ন বিভাগের শিক্ষক। তাদের তত্ত্বাবধানে ল্যাবরেটরি সুসজ্জিত থাকে। এছাড়া প্রতিটি শিক্ষার্থীর দায়িত্ব রয়েছে নিজের ল্যাবরেটরি ব্যবহারের পর পরিষ্কার পরিচ্ছন্ন রাখা। তাই ল্যাবরেটরি পরিষ্কার রাখার কৌশলগত শিক্ষার্থীর দায়িত্ব ও ভূমিকা হলো :

(i) পানির সিংকে পরীক্ষাকালে বর্জ্য সামগ্রী যেমন, ভাঙা গ্লাস টিউব, ব্যবহৃত ফিল্টার পেপার, ছেড়া কাগজ ইত্যাদি না ফেলা। এ সব বর্জ্য সামগ্রী ল্যাবরেটরিতে নির্দিষ্ট স্থানে রাখা (ডাস্টবিনে ফেলতে হবে)।

(ii) পরীক্ষাকালে ব্যবহৃত রি-এজেন্ট বোতল ব্যবহার শেষে শেল্‌ফে যথাস্থানে রাখতে হবে; টেবিলের ওপর রাখা যাবে না।

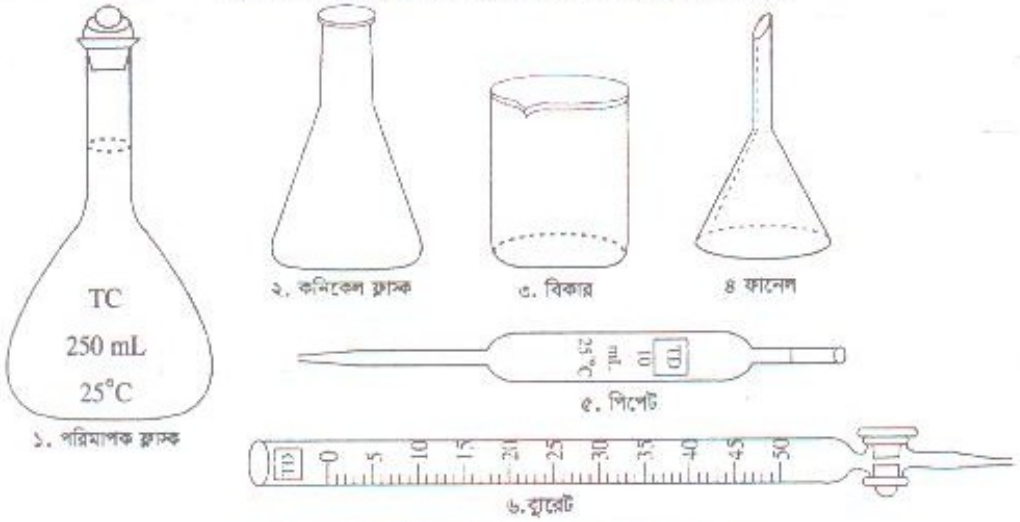
(iii) পরীক্ষা শেষে ব্যবহৃত গ্লাসটিউব পরিষ্কার করে স্ট্যান্ডে শুকানোর জন্য রেখে সাজিয়ে টেবিলে রাখতে হবে।

(২) যন্ত্রপাতি পরিষ্কার রাখার কৌশল : একাদশ ও দ্বাদশ শ্রেণির সিলেবাস মতে পরীক্ষা কাজে বিভিন্ন গ্লাস সামগ্রী, কেমিক্যাল ব্যালেন্স, বুনসেন বার্নার, থার্মোমিটার, ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়। এছাড়া কর্মমুখী রসায়নে ব্যবহৃত প্রেসার ক্যানিং যন্ত্র, বিভিন্ন প্রকার কৌটা ও ক্রিম মেসিন রয়েছে।

কেমিস্ট্রি ল্যাবে কেমিক্যাল ব্যালেন্স ব্যবহৃত হয় পদার্থের সঠিক ওজন নেয়ার জন্য। এটি একটি মূল্যবান যন্ত্রপাতি। শিক্ষকের নিকট থেকে ব্যবহার বিধি জেনে কেমিক্যাল ব্যালেন্স ব্যবহার করতে হয়। এতে যত্ন নিতে হয় যেন ব্যালেন্সের ওপর এবং আশেপাশে কোনো রাসায়নিক পদার্থ পড়ে না থাকে। কাজ শেষ করে ব্যালেন্সের প্যান টিস্যু পেপার বা ফ্লানেল কাপড় দিয়ে মুছে নিতে হবে। ওয়েট-বক্সের ওয়েটগুলোকে সঠিক স্থানে রাখতে হবে। ব্যালেন্সের বক্সের দরজা বন্ধ রাখতে হবে।

(৩) গ্লাস সামগ্রী পরিষ্কার রাখার কৌশল : পরিষ্কার গ্লাস সামগ্রী নিয়েই পরীক্ষা কাজ শুরু করতে হয়। অপরিচ্ছন্ন, অস্বচ্ছ গ্লাস সামগ্রী নিয়ে রাসায়নিক পরীক্ষার কাজ করা যেতে পারে না। সাধারণত ট্যাপের পানিতে গ্লাস সামগ্রী ধুয়ে নিতে হয়। তবে তৈলাক্ত পদার্থ থাকলে বিশেষত ব্যুরেটের স্টপকক পরিষ্কার করার কাজে বোতলে সংরক্ষিত ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ ($K_2Cr_2O_7$ ও গাঢ় H_2SO_4 এসিড মিশ্রণ) দিয়ে সতর্কতার সাথে ও গ্লাভস পরা হাতে পরিষ্কার করা হয়। টেস্টটিউব পরিষ্কার করার সময় বাম হাতে টেস্টটিউব নিয়ে ট্যাপের পানিতে ডান হাতে করে ব্রাশ ব্যবহার করতে হয়। রঙিন পদার্থ যেমন লৌহ লবণ, কপার লবণ, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$ ইত্যাদির দ্রবণ টেস্টটিউবে ব্যবহার করে শেষে না ধুয়ে রেখে দিলে ঐ সব পদার্থ টেস্টটিউবের ভিতরের গায়ে লেগে থাকে। পরে পরিষ্কার করতে গিয়ে অনেক সময় লাগে। তাই গ্লাস সামগ্রী ব্যবহার শেষে পানিতে ধুয়ে পরিষ্কার করে রাখতে হয়। টেস্টটিউব পরিষ্কার করে টেস্টটিউব স্ট্যান্ডে সাজিয়ে রাখা হয়।

চিত্র ১.২ : টেস্টটিউব ব্রাশ ও স্ট্যান্ডে রাখা পরিষ্কার গ্লাস টিউব।



চিত্র ১.৩ : আয়তনিক বিশ্লেষণ কাজে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি।

টিপস্ : পিপেট, ব্যুরেট, কনিকেল ফ্লাস্ক পাইরেক্স কাচ দ্বারা তৈরি; এজন্য এগুলো তাপে সহজে ভাঙ্গে না।

চেক করা : ব্যুরেট, পিপেট, কনিক্যাল ফ্লাস্ক, ফানেল প্রভৃতি কাচের পাত্রসমূহ ধোয়ার পর যদি দেখ এদের গায়ে ফোঁটা ফোঁটা পানির কণা দেখা যায় তাহলে বুঝবে এটি পরিষ্কার হয়নি।

১.৩.১ ল্যাবরেটরিতে ব্যবহৃত গ্লাস সামগ্রী ধৌতকরণ
Washing the Used up Glass Apparatus

ল্যাবরেটরিতে গ্লাস সামগ্রী ব্যবহারের পর ব্যবহৃত গ্লাস সামগ্রীকে ধৌতকরণের জন্য নিম্নোক্ত তিনটি পরিষ্কারক মিশ্রণের মধ্য থেকে যেটি উপযুক্ত হবে সেটিকে ব্যবহার করে গ্লাস সামগ্রী পানি দিয়ে পরিষ্কার করতে হয়।

(ক) Na_2CO_3 দ্রবণ : সোডিয়াম কার্বনেটের 10% লঘু দ্রবণে ময়লা গ্লাস সামগ্রী ডুবিয়ে কিছুক্ষণ রেখে ব্রাশ দিয়ে ঘষে ময়লা পরিষ্কার করে পানিতে ধুয়ে নিতে হয়।

(খ) ডিটারজেন্ট ডেকন-90 : রাসায়নিক ল্যাবের প্রায় সব গ্লাস সামগ্রী পরিষ্কার করার জন্য ডেকন-90 অত্যন্ত কার্যকর একটি পরিষ্কারক ডিটারজেন্ট। বিভিন্ন ধরনের ময়লা যেমন- গ্রিজ, আলকাতরা জাতীয় পদার্থ, সিলিকোন তেল, পলিমারিক অবশেষ প্রভৃতিও দূর করার জন্য ডেকন-90 বেশ কার্যকর ডিটারজেন্ট। ডেকন-90 হলো একটি পরিবেশ বান্ধব ডিটারজেন্ট; এটি পানিতে তেমন দূষণ সৃষ্টি করে না। এটি 100% অণুজীব দ্বারা ভাঙ্গনযোগ্য বা biodegradeable এবং ফসফেট মুক্ত পরিষ্কারক।

(গ) ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ : রাসায়নিক ল্যাবের গ্লাস সামগ্রীকে পরিষ্কার করার জন্য সর্বোত্তম পরিষ্কারক রূপে ব্যবহৃত হয় ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ'। গ্লাস সামগ্রীর গায়ে লেগে থাকা গ্রিজ বা তৈল জাতীয় পদার্থ দূরীকরণে ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ খুবই কার্যকর।

ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ প্রস্তুতি : নিম্নোক্ত উপাদান মিশিয় ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ তৈরি করা হয় :

(i) পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) : 4.0 g
(ii) পানি (পাতিত) : 40.0 mL
(iii) গাঢ় H_2SO_4 (2M) : 40.0 mL

প্রস্তুত প্রণালি : একটি 250 mL পাইরেক্স গ্লাস বিকারে 4g $K_2Cr_2O_7$ গুড়াকে 40 mL পাতিত পানিতে দ্রবীভূত করা হয়। এর মধ্যে অল্প অল্প করে 2M ঘনমাত্রার 40mL H_2SO_4 মিশ্রিত করা হয়। তখন তাপোৎপাদী বিক্রিয়া ঘটে, তাই মিশ্রণের তাপমাত্রা 70—80°C পর্যন্ত হয়। মিশ্রণটি কক্ষ তাপমাত্রায় শীতল হলে গ্লাসের স্টপার বিশিষ্ট রি-এজেন্ট বা বিকারক বোতলে ভর্তি করা হয়। মিশ্রণ তৈরির পর স্বচ্ছ বর্ণ থাকলেও অনেকবার ব্যবহার করার পর এটি সবুজ রং ধারণ করে। তখন এ ক্রোমিক এসিড মিশ্রণের জারণ ক্ষমতা থাকে না; তাই এ মিশ্রণ ব্যবহার করা হয় না।

ক্রোমিক এসিড মিশ্রণের ব্যবহার বিধি : হাতে লাটেক্স গ্লাভস পরে অতি সাবধানতার সাথে ময়লাযুক্ত গ্লাস সামগ্রী যেমন পিপেট, ব্যুরেট, কনিকেল ফ্লাস্ক ইত্যাদিকে ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ দ্বারা পূর্ণ করে প্রয়োজন মতো কয়েক ঘণ্টা বা একদিন রেখে ঐ ক্রোমিক এসিড মিশ্রণকে আবার গ্লাস স্টপার যুক্ত বিকারক বোতলে ঢেলে রাখতে হয়। এরপর গ্লাস সামগ্রীকে পানি দিয়ে ভালোভাবে ধুয়ে পরিষ্কার করা হয়। কিছু কিছু তৈলাক্ত পদার্থ ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ দ্বারা খুব ধীরে ধীরে জারিত হয়। তখন ময়লাযুক্ত গ্লাস সামগ্রীকে ক্রোমিক এসিড মিশ্রণে কয়েকদিন পর্যন্ত ডুবিয়ে রাখা হয়। ব্যুরেটের স্টপ-কক (stop-cock) এর ভিতরের গ্রিজ পরিষ্কার এরূপে করা হয়ে থাকে।

ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ প্রস্তুতি ও ব্যবহারে সাবধানতা : ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ তৈরিতে গাঢ় H_2SO_4 এসিড মিশ্রণ ডাইক্রোমেট লবণের দ্রবণে যোগ করা হয়, তখন তাপোৎপাদী বিক্রিয়া ঘটে। গাঢ় H_2SO_4 পানিশোষী ও ক্ষয়কারক পদার্থ। তাই গাঢ় H_2SO_4 এসিড ব্যবহার কালে চোখে সেফটি গ্লাস বা গগলস্, হাতে লাটেক্স গ্লাভস্ বা ভিনাইল গ্লাভস পরতে হয়। ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ ব্যবহার কালেও একই সাবধানতা অনুসরণ করতে হয়। ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ যেন হাত, পা বা শরীরে না লাগে, সেদিকে সতর্ক থাকতে হবে। যদি ঐ এসিড ত্বকে কোথাও লেগে যায়; তখন প্রচুর পানি দিয়ে ধুয়ে শেষে 5% $NaHCO_3$ দ্রবণ দিয়ে ভালোভাবে ধুয়ে নিতে হবে।

১.৪ আয়তনিক বিশ্লেষণ কাজে ব্যবহৃত রাসায়নিক নিক্তি বা ব্যালেন্স
Chemical Balance Used for Volumetric Analysis

আয়তনিক বিশ্লেষণ কাজে রাসায়নিক পদার্থকে গ্রাম এককের দশমিক দ্বিতীয় স্থান থেকে চতুর্থ স্থান পর্যন্ত সঠিকভাবে (0.01 – 0.0001g) পরিমাপের জন্য ব্যবহৃত নিক্তিকে **রাসায়নিক নিক্তি বা কেমিক্যাল ব্যালেন্স** (Chemical balance) বলে। কেমিক্যাল ব্যালেন্স দুই প্রকার : (১) পল-বুঙ্গি ও (২) সারটোরিয়াস (Sartorius). উভয় ব্যালেন্সের পার্থক্য হলো, পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সে এটির ওপরের বীম বা অক্ষদণ্ডকে 100 ভাগ করে বাম প্রান্তের দাগে 0 (শূন্য) ও ডান প্রান্তের দাগে 100 চিহ্নিত থাকে (চিত্র ১.৪)। 5g বা 10g রাইডারকে 0 (শূন্য) দাগে রেখে ব্যালেন্সের সমতা করা হয়। সারটোরিয়াস ব্যালেন্সে ওপরের বীমটির মাঝখানে 0 (শূন্য) দাগ ধরে বাম ও ডানদিকে 50টি করে দাগাংকিত থাকে। সারটোরিয়াস ব্যালেন্সের এখন ব্যবহার নেই। [বর্তমান সিলেবাসেও নেই।] বর্তমানে কেমিক্যাল ব্যালেন্স রূপে প্রধানত পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স (Paul Bunge balance) অথবা ডিজিটাল ব্যালেন্স এক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়। আমরা এখন পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স ও 'ইলেকট্রনিক ডিজিটাল ব্যালেন্স'-এর গঠন ও ব্যবহার পদ্ধতি জানতে পারব। এছাড়া ক্ষয়কারক রাসায়নিক পদার্থের মোটামুটি ওজন নেয়ার জন্য এক প্রকার ব্যালেন্স বা নিক্তি ব্যবহৃত হয়, এদেরকে রাফ ব্যালেন্স (Rough balance) বলা হয়। রাফ ব্যালেন্সের সাহায্যে বস্তুর সঠিক ওজন নেয়া যায় না।

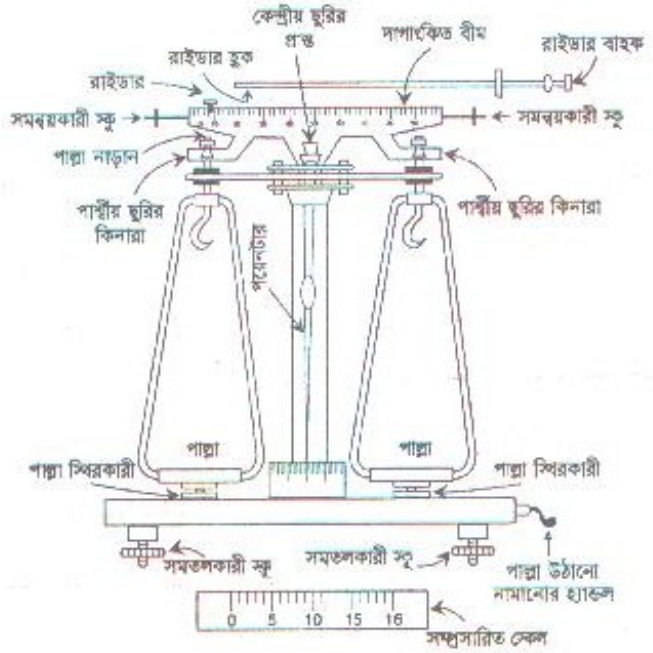
ব্যবহারের ক্ষেত্র : কেবলমাত্র প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থের ওজন গ্রাম এককের দশমিক চতুর্থ স্থান পর্যন্ত সঠিকভাবে নেয়ার জন্য কেমিক্যাল ব্যালেন্স বা রাসায়নিক নিক্তি ব্যবহৃত হয়। কলেজ ও বিশ্ববিদ্যালয়ের কেমিস্ট্রি ল্যাবরেটরিতে এবং ওষুধ শিল্পোৎপাদনে মূলত কেমিক্যাল ব্যালেন্স ব্যবহৃত হয়। প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থের চারটি বৈশিষ্ট্য থাকে; যেমন এরা বিশুদ্ধ রাসায়নিক পদার্থ, এরা বায়ুর উপাদানের সাথে বিক্রিয়া করে না, রাসায়নিক নিক্তির ক্ষয় করে না, এদের দ্বারা প্রস্তুত দ্রবণের ঘনমাত্রা দীর্ঘদিন অপরিবর্তিত থাকে। এরূপ প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ হলো অনার্দ্র Na_2CO_3, অক্সালিক এসিড, $K_2Cr_2O_7$ ইত্যাদি। অপরদিকে যে সব রাসায়নিক পদার্থের মধ্যে প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থের এক বা একাধিক বৈশিষ্ট্য না থাকে; বিশেষত অবিশুদ্ধ ও ক্ষয়কারক হয়, এদেরকে সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ বলে। যেমন, কস্টিক সোডা, HCl এসিড, H_2SO_4 এসিড, $KMnO_4$ ইত্যাদি। প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ থেকে প্রমাণ দ্রবণ (0.1M) তৈরি করা হয়।

উল্লেখ্য সেকেন্ডারি পদার্থের ওজন নিতে রাফ ব্যালেন্স ব্যবহৃত হয়।

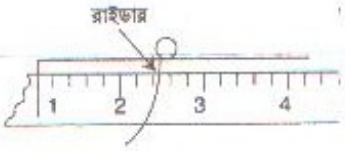
১.৪.১ পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স
Paul Bunge Balance

ল্যাবরেটরিতে শুষ্ক রাসায়নিক পদার্থের ওজন নির্ণয়ের জন্য রাসায়নিক নিক্তি ব্যবহৃত হয়। এ ধরনের একটি পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স বা নিক্তি নিচের চিত্রে (চিত্র নং ১.৪) দেখানো হলো। এ ধরনের নিক্তিতে ধাতুর তৈরি একটি দাগাঙ্কিত অক্ষদণ্ড বা বীম (beam) থাকে। এ অক্ষের দু'প্রান্তে দুটি সমন্বয়কারী স্ক্রু থাকে। এ অক্ষদণ্ডের ঠিক মাঝখানে একটি এবং মধ্যবিন্দু থেকে সমদূরবর্তী দু'প্রান্তে মোট তিনটি ছুরির ফলক (Knife edge) থাকে। দু'প্রান্তের দুটি ফলক থেকে দুটি পাল্লা (pan) ঝুলানো থাকে। একটি ফাঁপা খাড়া দণ্ডের এগেট (agate) সমতলের ওপরে নিক্তির অক্ষদণ্ডের মধ্যবর্তী ফলকটি স্থাপন করা হয়। এ ফাঁপা দণ্ডের মধ্য দিয়ে বীম ও পাল্লার উঠানো নামানোর জন্য একটি সচল দণ্ড বাইরের হ্যান্ডলের সাথে যুক্ত করা হয়। ফাঁপা দণ্ডের গোড়ায় একটি ছোট স্কেল থাকে। নিক্তির বীম বা অক্ষদণ্ডের সঙ্গে যুক্ত শলাকা এ স্কেলের ওপর দিয়ে চলাচল করে।

রাসায়নিক নিক্তির একটি পৃথক ওজন বাক্স (weight box) থাকে (চিত্র ১.৫)। তাতে ১ থেকে ১০০ গ্রাম এবং ৫ থেকে ৫০০ মিলিগ্রাম পরিমাপের অনেকগুলো ওজন থাকে। রাসায়নিক নিক্তির বাম পাল্লায় রাসায়নিক দ্রব্যটি এবং এরপর ডান পাল্লায় এসব ওজন স্থাপন করে কোনো দ্রব্যের ওজন গ্রাম এককের দুই দশমিক স্থান পর্যন্ত নির্ণয় করা যায়। কিন্তু রাসায়নিক মাত্রিক বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় সূক্ষ্ম সঠিক ওজন নির্ণয়ের স্বার্থে প্রায়ই তিন ও চার দশমিক স্থান পর্যন্ত মান প্রয়োজন হয়। সেক্ষেত্রে রাইডার বলা হয়। তখন 5 mg অথবা 10 mg রাইডার নিক্তির অক্ষদণ্ড বা বীমের বামদিকের 0 (শূন্য) দাগে রেখে নিক্তির ডানদিকের সমন্বয়কারী স্ক্রু (Screw) ঘুরিয়ে নিক্তির সমতা সাধন করতে হয়।



চিত্র ১.৪ : পলবুঙ্গি রাসায়নিক নিক্তি।



চিত্র ১.৫ : ওজন বাক্স ও বীম স্কেলের ওপর রাইডার।

রাইডার ও রাইডার ধ্রুবক : পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সে এক গ্রামের চতুর্থ দশমিক স্থান পর্যন্ত পরিমাপের জন্য 5 mg অথবা 10 mg ভরের স্থানান্তর যোগ্য Al ধাতুর একটি লুপ (loop) যুক্ত বা পেছানো তার ব্যালেন্সের বীমের ওপর ব্যবহৃত হয়, এটিকে **নিক্তির রাইডার** বলে। পল-বুঙ্গি নিক্তিতে ওজন নেয়ার পূর্বে 5 mg রাইডার বীমের 0 (শূন্য) দাগে রেখে ডান দিকের বীমের স্ক্রু সরিয়ে সমতা আনয়ন করা হয়। কাজেই 0 দাগ থেকে রাইডারকে 100 দাগে বীমের ডানদিকে নিলে প্রকৃতপক্ষে ডান পাল্লায় 5 mg × 2 = 10 mg ওজন যোগ করার সামিল (কারণ বামে 0 দাগে 5 mg রাইডার রেখে স্ক্রু নেড়ে ডানদিকে 100 দাগে অদৃশ্য 5 mg ওজন যোগ করে সমতা আনয়ন করা হয়েছে। এখন বামের 5 mg রাইডারকেও 100 দাগে রাখলে মোট 10 mg কার্যকর হয়ে থাকে।) সুতরাং 100 ভাগ দৈর্ঘ্যের বীম বা অক্ষদণ্ডটি 10 mg ওজনের রাইডারের সচল কার্যক্ষেত্র।

রাইডার ধ্রুবক : রাসায়নিক নিক্তির বীমের দৈর্ঘ্যের ওপর প্রতি শতাংশে ব্যবহৃত রাইডারের ওজনের পার্থক্যকে রাইডার ধ্রুবক (rider constant) বলে।

রাইডার ধ্রুবক গণনা :

(i) 5 mg রাইডার ব্যবহার করলে তখন রাইডার ধ্রুবক হবে = (5 mg × 2)/100 = 0.1 mg = 0.0001 g.

(ii) যদি 10 mg রাইডার ব্যবহৃত হয়, তখন রাইতার ধ্রুবক হবে = 10 mg × 2/100 = 0.2 mg = 0.0002 g.

কিন্তু সারটোরিয়াস ব্যালেন্সের বেলায় বীমের মাঝখানে 0 দাগ এবং ডানে ও বামে 50টি করে দাগ থাকে। এক্ষেত্রে 5mg রাইডার ব্যবহৃত হলে রাইডার ধ্রুবক হবে 5mg ÷ 50 = 0.0001g এবং 10mg রাইডার ব্যবহৃত হলে রাইডার ধ্রুবক হবে 10 ÷ 50 = 0.0002g। রাইডার বাম দিকের দাগে থাকলে রাইডারজনিত ওজন পাল্লায় রাখা ওজন থেকে বিয়োগ করতে হবে এবং ডানদিকের দাগে থাকলে রাইডারজনিত ওজন পাল্লায় রাখা ওজনের সাথে যোগ হয়। কিন্তু পল-বুঙ্গির বেলায় রাইডারজনিত ওজন সব সময় পাল্লায় রাখা ওজনের সাথে যোগ হয়।

পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সের ব্যবহার বিধি ও বস্তুর ওজন গ্রহণ :

কোনো বস্তু ওজন করার সময় পাল্লায় স্থাপিত ওজনের সঙ্গে রাইডারজনিত ওজন যোগ করলে বস্তুর প্রকৃত ওজন পাওয়া যায়। সাধারণত রাসায়নিক নিক্তির বাম পাল্লায় ওজন করার বস্তু এবং ডান পাল্লায় ওজনগুলো স্থাপন করা হয়।

উদাহরণ দিয়ে তা বোঝানো যাক। মনে কর আয়তনিক বিশ্লেষণের জন্য প্রয়োজনীয় নির্দিষ্ট ঘনমাত্রার যেমন ডেসিমোলার (0.1M) 500 mL বা 0.5 L মেজারিং ফ্লাস্কে একটি দ্রবণ প্রস্তুতির জন্য Na_2CO_3 ওজন করতে হবে। 500 mL ফ্লাস্কে 0.1M Na_2CO_3 প্রস্তুতির জন্য 0.1 মোল Na_2CO_3 বা 5.3g Na_2CO_3 প্রয়োজন হয়। এ উদ্দেশ্যে একটি ওজন বোতলে (Weighing bottle-এ) যথেষ্ট পরিমাণ Na_2CO_3 নেয়া হয়। Na_2CO_3সহ ওজন বোতলের ১ম ওজন নেয়া হয়। এরপর ঐ নির্দিষ্ট ঘনমাত্রার দ্রবণ প্রস্তুতির জন্য যতটুকু Na_2CO_3 প্রয়োজন তা অথবা তার কাছাকাছি ওজনের Na_2CO_3 ঐ 500 mL আয়তনিক ফ্লাস্ক বা মেজারিং ফ্লাস্কে (measuring flask-এ) স্থানান্তরিত করার পর ওজন বোতলের আবার ২য় ওজন নেয়া হয়। এ দু ওজনের পার্থক্যই গৃহীত Na_2CO_3এর ওজন।

মনে কর, এ উদ্দেশ্যে ১ম ওজন নেয়ার সময় পলবৃঙ্গি ব্যালেন্সের বাম পাল্লায় Na_2CO_3 পূর্ণ ওজন বোতল স্থাপন করে ডান পাল্লায় ১টি 20g, ১টি 5g, ১টি 2g, ১টি 1g, ১টি 500mg, ১টি 100mg ও ১টি 50mg ওজন স্থাপনের পর অবশিষ্ট সমতা বিধানের জন্য নিক্তির বীমের ডানদিকে 25 দাগ পর্যন্ত 10 mg রাইডার সরাতে হলো।

সুতরাং রাইডার ধ্রুবক হলো $= \frac{10\text{ mg} \times 2}{100} = 0.0002\text{g}$;

এক্ষেত্রে Na_2CO_3 পূর্ণ ওজন বোতলের, ১ম ওজন

$= (20 + 5 + 2 + 1)\text{g} + (500 + 100 + 50)\text{mg} + 25$ রাইডার দাগ $\times$ রাইডার ধ্রুবক

$= (20 + 5 + 2 + 1)\text{g} + (0.5 + 0.1 + 0.05)\text{g} + (25 \times 0.0002)\text{g} = \boxed{28.6550\text{g}}$

অনুরূপভাবে, ২য় ওজন $= (20 + 2)\text{g} + (0.5 + 0.02 + 0.01)\text{g} + (10 \times 0.0002)\text{g}$

$= (22\text{g} + 0.5 + 0.03\text{g} + 0.0020\text{g}) = \boxed{22.5320\text{g}}$

∴ আয়তনিক ফ্লাস্কে গৃহীত Na_2CO_3 এর ওজন = (১ম ওজন – ২য় ওজন) = (28.6550g – 22.5320g) = 6.123g

এরূপে প্রস্তুত Na_2CO_3 দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা বা মোলারিটি নিম্নরূপে গণনা করা হয়।

Na_2CO_3 এর মোলার ঘনমাত্রা, $M = \frac{\text{গৃহীত } Na_2CO_3 \text{ এর মোল সংখ্যা}}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন}}$

∴ প্রস্তুত Na_2CO_3 এর মোলার ঘনমাত্রা, $M = \frac{\left(\frac{6.123}{106}\right)\text{ mol}}{0.5\text{ L}} = 0.116\text{ mol L}^{-1}$ বা (M)

এখন মোলারিটি, মোলার দ্রবণ ও ডেসিমোলার দ্রবণের সংজ্ঞা নিচে দেয়া হলো :

(১) মোলারিটি (Molarity) : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যেমন কক্ষ তাপমাত্রায় কোনো দ্রবের এক লিটার দ্রবণে ঐ দ্রবের যত মোল (বা গ্রাম আণবিক ভর) দ্রবীভূত থাকে, দ্রবের ঐ মোল সংখ্যাকে ঐ দ্রবণে ঐ দ্রবের মোলারিটি বলে।

∴ দ্রবণের মোলারিটি $= \frac{\text{মোল এককে দ্রবের পরিমাণ}}{\text{লিটার এককে দ্রবণের আয়তন}}$

(২) মোলার দ্রবণ : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো দ্রবের এক লিটার দ্রবণে এক মোল দ্রব দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে ঐ দ্রবের এক মোলার দ্রবণ বলে। মোলার দ্রবণকে 1M দ্বারা বোঝানো হয়। যেমন কক্ষ তাপমাত্রায় এক লিটার দ্রবণে এক মোল Na_2CO_3 বা 106g Na_2CO_3 দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে 1M Na_2CO_3 দ্রবণ বলা হয়।

(৩) ডেসিমোলার দ্রবণ : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো দ্রবের এক লিটার দ্রবণে 0.1 mol দ্রব দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে ঐ দ্রবের ডেসিমোলার (0.1M) দ্রবণ বলে। যেমন কক্ষ তাপমাত্রায় এক লিটার দ্রবণে 0.1 mol Na_2CO_3 বা 10.6g Na_2CO_3 দ্রবীভূত করা হলে ঐ দ্রবণটি হবে 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণ।

MCQ-1.1 : রাসায়নিক নিক্তিতে সঠিকভাবে ওজন নেয়া যায়—
(ক) 0.1g (খ) 0.01g
(গ) 0.001g (ঘ) 0.0001g

উল্লেখ্য মোলারিটি এককে নির্দিষ্ট ঘনমাত্রার দ্রবণ তৈরি করা হয় নির্দিষ্ট আয়তনের মেজারিং ফ্লাস্ক বা আয়তনিক ফ্লাস্কে। আয়তনিক ফ্লাস্ক সাধরণত 250 mL, 500 mL অথবা 1000 mL বা 1 L আয়তনের হয়ে থাকে। দ্রবণের মধ্যে দ্রব ও দ্রাবক উভয়ই থাকে। তাই মোলারিটি গণনার সময় ব্যবহৃত দ্রাবকের পরিমাণ গণনার হিসেবে ধরা হয় না; শুধুমাত্র দ্রবণের আয়তন ব্যবহৃত আয়তনিক ফ্লাস্ক থেকে জেনে নেয়া হয়। এ ছাড়া ব্যবহৃত দ্রবের গ্রাম -আণবিক ভর বা মোল পরিমাণ হিসেবে ব্যবহৃত হয়। প্রকৃতপক্ষে কোনো দ্রবণের প্রতি লিটারে দ্রবের গ্রাম-আণবিক ভর বা এর ভগ্নাংশ অথবা এর পূর্ণ গুণিতক পরিমাণ দ্রবীভূত থাকলে সংশ্লিষ্ট দ্রবণের ঘনমাত্রাকে মোলারিটি এককে নিম্ন রূপে প্রকাশ ও নামকরণ করা হয়।

প্রতি লিটার দ্রবণে দ্রবীভূত দ্রবের পরিমাণ	দ্রবণের মোলারিটি	দ্রবণের মাত্রা	দ্রবণের নাম
1 মোল দ্রব	1	1 M	মোলার দ্রবণ
0.5 মোল দ্রব	0.5	0.5 M	সেমি মোলার
0.1 মোল দ্রব	0.1	0.1 M	ডেসি মোলার
0.01 মোল দ্রব	0.01	0.01 M	সেন্টি মোলার
0.001 মোল দ্রব	0.001	0.001M	মিলি মোলার
2 মোল দ্রব	2	2 M	দুই মোলার
x মোল দ্রব	x	x M	x মোলার

জেনে নাও : ল্যাবরেটরিতে গুণগত বিশ্লেষণ ও মাত্রিক বিশ্লেষণের টাইট্রেশন প্রভৃতির ক্ষেত্রে মোলার দ্রবণের ব্যবহারই অধিক। এছাড়া পরীক্ষাগারে নির্দিষ্ট ঘনমাত্রার দ্রবণ প্রস্তুতিতে এর বহুল ব্যবহার আছে। তবে এক্ষেত্রে মনে রাখা দরকার দ্রবণের মোলারিটি তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। দ্রবের ভরের উপর তাপমাত্রার কোনো প্রভাব না থাকলেও দ্রবণের আয়তন তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। এ কারণে ল্যাবরেটরিতে সঠিক গণনার কাজে মোলারিটি একক ব্যবহার করলে তখন অবশ্যই তাপমাত্রার উল্লেখ করার প্রয়োজন হয়।

শিক্ষার্থীর কাজ :

সমস্যা-১.১ : পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সের বাম পাল্লায় Na_2CO_3 ভর্তি ওজন বোতল রেখে ডান পাল্লায় 10g, 5g, 2g, 500mg, 100mg, 50mg ও 20mg ওজন চাপানো হলো। ব্যালেন্সের পয়েন্টারকে শূন্য দাগে নিতে 10mg রাইডারটিকে বিমের 30 নম্বর দাগে রাখা হলো। নমুনা ভর্তি ওজন বোতলের মোট ভর নির্ণয় কর। (রাইডার বিমে 100টি ভাগ আছে) [উ: 17.676g]

সমস্যা-১.২ : পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সের বাম পাল্লায় অক্সালিক এসিড ভর্তি ওজন বোতল রেখে ডান পাল্লায় 20g, 10g, 5g, 1g, 500mg দুটি 200mg, 50mg, 20mg ওজন চাপানো হলো। শেষে 5mg ভরের রাইডারটিকে 60 নম্বর দাগে রেখে ব্যালেন্সের পয়েন্টারকে শূন্য দাগে আনা গেল। নমুনা ভর্তি ওজন বোতলের মোট ভর কত হবে তা গণনা কর। [উ: 36.976g]

১.৪.২ ডিজিটাল ব্যালেন্স : 2-ডিজিট ও 4-ডিজিট

Digital Balance : 2-digit and 4-digit

বর্তমানে পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সের পরিবর্তে কেমিস্ট্রি ল্যাবরেটরিতে রাসায়নিক পদার্থের ভর মাপার জন্য বিভিন্ন ডিজিটাল ব্যালেন্স ব্যবহৃত হয়। ডিজিটাল ব্যালেন্সগুলো খুব সংবেদনশীল বা sensitive হওয়ায় পদার্থের ভরের সূক্ষ্ম পরিমাপ করা সম্ভব। এদের ব্যবহার বিধি জেনে সঠিকভাবে ব্যবহার করতে হয়। ডিজিটাল ব্যালেন্সকে টপ লোডিং (top loading) ব্যালেন্সও বলা হয়। এদের একটি মাত্র পাল্লা বা প্যান (pan) থাকলেও পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সের মতো দু-প্যানবিশিষ্ট ব্যালেন্সের ন্যায় কাজ করে।

ব্যবহারের ক্ষেত্র : 2-ডিজিটাল ব্যালেন্স দ্বারা 1g এর 100 ভাগের 1 ভাগ অর্থাৎ 0.01 g ভর পর্যন্ত সঠিকভাবে মাপা যায়। কিন্তু 4-ডিজিটাল ব্যালেন্স দ্বারা 1g এর 10 হাজার ভাগের 1 ভাগ অর্থাৎ 0.0001 g ভর পর্যন্ত সঠিকভাবে মাপা যায়। পূর্বে ব্যবহৃত রাফ ব্যালেন্সের স্থলে 2-ডিজিটাল ব্যালেন্স ম্যাক্রো ও সেমি মাইক্রো গুণগত বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে প্রয়োজনীয় বিকারক প্রস্তুতিতে বস্তুর ভর পরিমাপে ব্যবহৃত হয়। যেমন, কস্টিক সোডা (NaOH) পিলেট, Na_2CO_3, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, অক্সালিক এসিড ইত্যাদি। অপরদিকে, 4-ডিজিটাল ব্যালেন্স সেমি মাইক্রো ও মাইক্রো গুণগত ও ভরভিত্তিক

আয়তনিক বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে প্রয়োজনীয় **প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থের** প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুতিতে বস্তুর ভর পরিমাপে ব্যবহৃত হয়। যেমন অক্সালিক এসিড, $K_2Cr_2O_7$, সোডিয়াম থায়োসালফেট ($Na_2S_2O_3$) ইত্যাদি।

প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ : যে সব শুষ্ক রাসায়নিক পদার্থ (১) বিশুদ্ধ অবস্থায় প্রস্তুত করা যায়, (২) বাতাসের সংস্পর্শে জলীয় বাষ্প বা, O_2 সহ বিক্রিয়া করে না, (৩) ওজন নেয়ার সময় রাসায়নিক নিক্তিকে ক্ষয় করে না, এবং (৪) এদের প্রস্তুত দ্রবণ দীর্ঘকাল ঘনমাত্রায় অপরিবর্তিত থাকে, তাদেরকে প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ বলে। যেমন- অনার্দ্র Na_2CO_3, কেলাসিত অক্সালিক এসিড ($H_2C_2O_4.2H_2O$), পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) জারক, (৫) কেলাসিত সোডিয়াম অক্সালেট ($Na_2C_2O_4.2H_2O$) বিজারক পদার্থ ইত্যাদি।

সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ : যে সব পদার্থের মধ্যে প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থের ৪টি বৈশিষ্ট্যের যেমন বিশুদ্ধ অবস্থায় প্রস্তুত করা, (২) বায়ুর সংস্পর্শে অপরিবর্তন, (৩) ওজন নেয়ার সময় রাসায়নিক নিক্তির ক্ষতি না করা এবং (৪) প্রস্তুত করা দ্রবণ দীর্ঘদিন অপরিবর্তিত থাকা ইত্যাদির কোনো একটি বা একাধিক বৈশিষ্ট্য থাকে না, তাদেরকে সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ বলে। যেমন, (১) কস্টিক সোডা (NaOH) ক্ষার, (২) সালফিউরিক এসিড (H_2SO_4), (৩) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) জারক পদার্থ, (৪) সোডিয়াম থায়োসালফেট ($Na_2S_2O_3.5H_2O$) বিজারক পদার্থ ইত্যাদি সেকেন্ডারি পদার্থ।

চিত্র ১.৬ : 2-ডিজিটাল ইলেকট্রনিক ব্যালেন্স

চিত্র ১.৭ : 4-ডিজিটাল ইলেকট্রনিক ব্যালেন্স

ব্যবহার বিধি বা কার্য পদ্ধতি : ডিজিটাল ব্যালেন্স-2 ডিজিট : চিত্র ১.৬ মতে ব্যালেন্সটিকে পরিষ্কার সমতল টেবিলের ওপর রাখা হয়। কোনো রাসায়নিক পদার্থের ওজন নেয়ার সময় ঐ রাসায়নিক পদার্থ সরাসরি ব্যালেন্সের প্যানের ওপর রাখা যাবে না। এতে ব্যালেন্সের ক্ষতি হয়। তাই কঠিন রাসায়নিক বস্তুকে ছোট বিকারে বা ওয়াচ গ্লাসে বা শুষ্ক কাগজের টুকরার ওপরে নিয়ে ব্যালেন্সের গোলাকার প্যানের ওপর রাখা হয়। এছাড়া ওজন-বোতলে (weighing bottle) ও রাসায়নিক বস্তু নিয়ে ওজন করা হয়। কেবল 4-ডিজিটাল ব্যালেন্সের বেলায় ওজন-বোতল ব্যবহৃত হয়।

(১) এখন ডিজিটাল ব্যালেন্স ব্যবহারের জন্য 'on' (অন) বোতামটি চাপ দিয়ে অপেক্ষা করতে হয়—যতক্ষণ না ডিজিটাল পর্দায় জিরো (0.00 g বা 0.000 g) রিডিং ভেসে ওঠে। এবার বস্তুর ওজন নেয়ার খালি পাত্র বা container যেমন কাগজের টুকরা, খালি ছোট বিকার বা ওজন-বোতলটিকে ব্যালেন্সের প্যানের ওপর রেখে 'tare' বা 'Zero' বোতলটি চাপ দিতে হয়। তখন খালি পাত্রের ওজন ডিজিটাল ব্যালেন্সের মেমোরিতে (memory-তে) সংরক্ষিত থাকে, যা পরবর্তী পাত্র ও বস্তুর মোট ওজন থেকে খালি পাত্রের ওজন বাদ পড়ে যায়। তাই এক্ষেত্রেও ডিজিটাল পর্দায় পূর্বের মতো জিরো (0.00 g বা 0.0000 g) রিডিং প্রদর্শিত হয়।

(২) এবার খালি পাত্রের ওপর স্পেচুলা বা চামচের সাহায্যে আস্তে আস্তে রাসায়নিক বস্তু প্রয়োজন মতো যোগ করে ঐ বস্তুর ভর ডিজিটাল পর্দার রিডিং থেকে রেকর্ড করা হয়। পরে সুইচ অফ্ করে পাত্রসহ গৃহীত রাসায়নিক বস্তুকে সরিয়ে নেয়া হয়।

ডিজিটাল ব্যালেন্স-4 ডিজিট : সূক্ষ্ম পরিমাপের এরূপ ব্যালেন্সে চিত্র ১.৭ মতে, বস্তুর ভর পরিমাপের সময় বাতাস চলাচলের চাপের প্রভাব মুক্ত রাখতে ব্যালেন্সের গোলাকার প্যানটি কাচের দেওয়ালে আবদ্ধ থাকে। তাই ঐ প্যানের ওপর ওজন বোতলসহ বস্তু রাখা এবং নেয়ার জন্য গ্লাস স্লাইডিং এর ব্যবস্থা থাকে। এক্ষেত্রে ওজন বোতলে রাসায়নিক বস্তু নিয়ে ১ম ওজন এবং পরে আয়তনিক ফ্লাস্কের মুখে রাখা ফানেলের ওপর ঐ ওজন বোতলের মুখ খুলে এবং বোতলের গায়ে তর্জনী

আঙ্গুলের মৃদু আঘাত করে প্রয়োজনীয় বস্তু ফানেলের ওপর ঢেলে নেয়া হয়। পরে অবশিষ্ট বস্তুর ২য় ওজন নেয়া হয় (বুঙ্গি ব্যালেন্সের মতো)।

(১) প্রথমে ওজন-বোতলটি শুষ্ক ও পরিষ্কার করে নেয়া হয়। চিত্র ১.৭ মতে, এক টুকরা টিস্যু পেপার অথবা ভাঁজ করা কাগজ দ্বারা ওজন বোতলকে ধরতে হয়। [হাতের আঙ্গুল দ্বারা সরাসরি ধরা যাবে না; আঙ্গুলের আর্দ্রতা ওজন-বোতলে লেগে ভর পরিমাপে ত্রুটি দেখা দেয়।]

(২) এবার সংশ্লিষ্ট রাসায়নিক বস্তুর গুঁড়া ঐ ওজন-বোতলে নেয়া হয়। এখন ওজন নেয়ার জন্য ব্যালেন্সের on (অন্) বোতাম চাপ দিয়ে ডিজিটাল পর্দায় 0.0000 g এ আনা হয়; অথবা 'tare' বোতাম চেপে 0.0000 g রিডিং এ আনা হয়। এখন স্লাইডিং গ্লাস সরিয়ে প্যানের ওপর রাসায়নিক বস্তু ভর্তি ওজন বোতল রাখা হয়। ডিজিটাল পর্দায় প্রদর্শিত রিডিং **১ম ওজনরূপে রেকর্ড করা হয়**।

(৩) এরপর ওজন বোতল বের করে নিয়ে আয়তনিক ফ্লাস্কে রাখা ফানেলের ওপর ওজন-বোতল খুলে কাত করে তর্জনী আঙ্গুলের মৃদু আঘাত করে বা স্প্যাচুলা (spatula) বা ইস্পাতের ছোট চামচ দ্বারা প্রয়োজন মতো রাসায়নিক বস্তু ঢেলে নিয়ে পুনরায় ওজন বোতলটির ভর মেপে নেয়া হয়। [প্রয়োজনে একাধিক বার অনুরূপভাবে ওজন পরীক্ষা করা যেতে পারে।] শেষ বারের ওজনটি রেকর্ড করা হয়। ১ম ওজন ও শেষ ওজনের পার্থক্য থেকে গৃহীত বস্তুর ভর গণনা করা হয়।

ব্যবহারে সাবধানতা :

(১) 4-ডিজিটাল ব্যালেন্সে ধারণ ক্ষমতার বেশি ওজন করা যাবে না।

(২) ওজন নেয়ার সময় ব্যালেন্সের সামনের গ্লাসটি বন্ধ করে ওজন নিতে হয়।

(৩) ব্যালেন্সে ক্ষয়কারক পদার্থ যেমন কস্টিক সোডার পিলেট, গাঢ় H_2SO_4 ইত্যাদি ওজন করা যাবে না।

(৪) উত্তপ্ত অবস্থায় কোনো রাসায়নিক পদার্থের ওজন নেয়া যাবে না।

ডিজিটাল ব্যালেন্স ব্যবহারে সুবিধা :

(১) ডিজিটাল ব্যালেন্সে বাইর থেকে পাল্লায় ওজন যোগ করতে হয় না। তাই ওজন বাক্সের এক্ষেত্রে কোনো ব্যবহার নেই।

(২) ডিজিটাল ব্যালেন্সে রাইডার ব্যবহারের কোনো প্রয়োজন হয় না।

(৩) ডিজিটাল ব্যালেন্সে ওজন নিতে সময়ও কম লাগে।

(৪) সরাসরি ওজন করা যায় ডিজিটাল ব্যালেন্সে সঠিকভাবে।

(৫) ডিজিটাল ব্যালেন্সে ওজন নিতে 'ব্যক্তিগত ভুল' বা Personal error এর কোনো সম্ভাবনা নেই। সরাসরি ডিজিটাল রিডিং স্ক্রিন বা পর্দায় ভেসে ওঠে।

পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স ও ডিজিটাল ব্যালেন্সের মধ্যে পার্থক্য

পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স	4-ডিজিটাল ব্যালেন্স
১। পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স হলো ম্যানুয়েল বা হস্তচালিত অ্যানালাইটিক্যাল ব্যালেন্স।	১। 4-ডিজিটাল ব্যালেন্স হলো স্ক্রিনে সংখ্যা প্রদর্শক বৈদ্যুতিক অ্যানালাইটিক্যাল ব্যালেন্স।
২। পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সে দুটি পাল্লা থাকে। বাম পাল্লায় ওজন বোতলে রাসায়নিক পদার্থ থাকে, ডানপাল্লায় নির্দিষ্ট ওজনসমূহ রাখা হয়।	২। 4-ডিজিটাল ব্যালেন্সে কেবল মাত্র একটি টপ লোডিং পাল্লা থাকে। এর ওপর রাসায়নিক পদার্থ ভর্তি ওজন বোতল রাখা হয়।
৩। বায়ু চলাচলের ধাক্কা মুক্ত রাখতে ব্যালেন্সটিকে কাচের বাক্সে রাখা হয়।	৩। 4-ডিজিটাল ব্যালেন্সটিও বায়ুর ধাক্কা মুক্ত অবস্থায় কাচের বাক্সে থাকে।
৪। হস্তচালিত পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সে ওজন নিতে বিদ্যুতের প্রয়োজন হয় না।	৪। 4-ডিজিটাল ব্যালেন্স ব্যবহারে বিদ্যুতের প্রয়োজন হয়।
৫। পল-বুঙ্গিতে ওজন নিতে বেশি সময় প্রয়োজন হয়।	৫। ডিজিটাল ব্যালেন্সে অল্প সময়ের মধ্যে ওজন নেয়া যায়।
৬। পল-বুঙ্গিতে ওজন করা বস্তুর ওজনের সূক্ষ্মতা কম থাকে; কারণ 'ব্যক্তিগত ভুল' হতে পারে।	৬। ডিজিটাল ব্যালেন্সে ওজন করা বস্তুর ওজনের সূক্ষ্মতা বেশি থাকে; কারণ 'ব্যক্তিগত ভুল' এক্ষেত্রে প্রযোজ্য নয়।

শিক্ষার্থীর কাজ :

(১) দুইজন শিক্ষার্থী পৃথকভাবে 500 mL 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণ তৈরির জন্য প্রয়োজনীয় পরিমাণ দ্রব পরিমাপ করতে পাল-বুঙ্গি ও ডিজিটাল ব্যালেন্স ব্যবহার করল। কোন রাসায়নিক ব্যালেন্স ব্যবহারে কোন্ শিক্ষার্থীর কাজের কীরূপ সুবিধা ও অসুবিধা হয়েছিল তা ব্যাখ্যা কর।

(২) প্রাইমারি পদার্থ অক্সালিক এসিডের প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করতে প্রয়োজনীয় অক্সালিক এসিড ওজন করার জন্য পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সের ডান পাল্লায় 100g, 50 g, 5 g, 200 mg, 20 mg ওজন রেখে 10 mg রাইডারটিকে শিক্ষার্থী ব্যালেন্সের বিমের 15 দাগে রাখল। অক্সালিক এসিডের ওজন কত হবে?

(ক) 155.2203 (খ) 155.0223 (গ) 155.2230 (ঘ) 155.2200

সমাধানকৃত সমস্যা-১.১ : তোমাকে 250 mL আয়তনের একটি আয়তনিক ফ্লাস্ক দিয়ে বলা হলো এ ফ্লাস্কে Na_2CO_3 এর একটি ডেসিমোলার দ্রবণ প্রস্তুত কর। তুমি এজন্য কত গ্রাম Na_2CO_3 রাসায়নিক নিক্তিতে ওজন করে নিবে?

দক্ষতা : Na_2CO_3 এর গ্রাম আণবিক ভর ও মোলার দ্রবণের সংজ্ঞা ব্যবহৃত হবে।

সমাধান : Na_2CO_3 এর গ্রাম আণবিক ভর $= (23 \times 2 + 12 + 16 \times 3)$ g $= 106$ g। মোলার দ্রবণের সংজ্ঞা মতে,

1.0L বা 1000 mL আয়তনের 1M Na_2CO_3 দ্রবণ তৈরিতে Na_2CO_3 লাগে $= 106$ g

$\therefore$ 250 mL আয়তনের 1M Na_2CO_3 দ্রবণ তৈরিতে Na_2CO_3 লাগে $= \frac{106 \times 250 \times 0.1}{1000 \times 1}$ g $= 2.65$g

$\therefore$ 250 mL 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণ প্রস্তুতির জন্য প্রয়োজন হবে 2.65g Na_2CO_3

সমাধানকৃত সমস্যা-১.২ : উপরের সমস্যা-১.১ মতে 250 mL ফ্লাস্কে 0.1M Na_2CO_3 তৈরি করতে 2.65g Na_2CO_3 প্রয়োজন হলেও তুমি পলবুঙ্গি ব্যালেন্সে ওজন নিতে গিয়ে 2.9415g Na_2CO_3 ওজন করেছ। তখন Na_2CO_3 এর প্রস্তুত দ্রবণটির মোলার ঘনমাত্রা কত হবে তা হিসেব করে দেখাও।

দক্ষতা : Na_2CO_3 এর মোল সংখ্যা ও মোলারিটির সংজ্ঞা ব্যবহৃত হবে।

সমাধান : গৃহীত Na_2CO_3 এর মোল সংখ্যা $= \frac{\text{গৃহীত } Na_2CO_3 \text{ এর ভর}}{Na_2CO_3 \text{ এর মোলার ভর}} = \frac{2.9415 \text{ g}}{106 \text{ g}} = 0.0\ 2775$

মোলারিটি $= \frac{Na_2CO_3 \text{ এর মোল সংখ্যা}}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন}}$;

$\therefore$ Na_2CO_3 এর মোলারিটি $= \frac{0.02775 \text{ mol}}{0.250 \text{ L}} = 0.111 \text{ mol L}^{-1}$

$\therefore$ Na_2CO_3 এর মোলার ঘনমাত্রা হবে $= 0.111 \text{ mol L}^{-1}$ বা 0.111 M

শিক্ষার্থীর কাজ : মোলার ঘনমাত্রা ও মোলারিটি ভিত্তিক :

সমস্যা ১.১ : 100 mL দ্রবণে 1.18 g Na_2CO_3 দ্রবীভূত আছে দ্রবণটির মোলার ঘনমাত্রা কত? [উ: 0.111M]

সমস্যা ১.২ : 100 mL দ্রবণে 1.386 g অক্সালিক এসিড ($H_2C_2O_4.2H_2O$) দ্রবীভূত আছে। দ্রবণটির মোলার ঘনমাত্রা কত? [উ: 0.11M

সমস্যা ১.৩ : 250 mL দ্রবণে 7.355 g $K_2Cr_2O_7$ দ্রবীভূত আছে। দ্রবণটির মোলারিটি কত? [K = 39.1, Cr = 52] [উ: 0.10 mol L^{-1}]

সমস্যা ১.৪ : 250 cm^3 NaOH এর (i) মোলার দ্রবণ ও (ii) ডেসিমোলার দ্রবণ তৈরি করতে কত গ্রাম দ্রব প্রয়োজন হবে? [উ : (i) 10 g; (ii) 1.0 g]

সমস্যা ১.৫ : 250 cm^3 অক্সালিক এসিড ($H_2C_2O_4.2H_2O$) এর (i) সেমিমোলার ও (ii) ডেসি মোলার দ্রবণ তৈরিতে কত গ্রাম দ্রব প্রয়োজন হবে? [উ: (i) 15.75g ; (ii) 3.15 g]

সমস্যা ১.৬ : 250 mL 0.1 M Na_2CO_3 দ্রবণ কীভাবে তৈরি করবে?

[ইঙ্গিত সংকেত : প্রয়োজনীয় Na_2CO_3 গণনা কর। তা হবে 2.65 g Na_2CO_3 । এরপর রাসায়নিক নিক্তিতে ওজন নিয়ে 250 mL মেজারিং ফ্লাস্ক, ফানেল, ওয়াশ বোতল ব্যবহার করে দ্রবণ তৈরির বর্ণনা দাও।]

১.৪.৩ আয়তনিক বিশ্লেষণে ব্যবহৃত কাচের যন্ত্রপাতি
Glass Apparatus Used in Volumetric Analysis

রাসায়নিক বিশ্লেষণ : কোনো রাসায়নিক পদার্থ অথবা এদের মিশ্রণের মূল উপাদানসমূহকে শনাক্তকরণ এবং এদের পরিমাণ নির্ধারণের জন্য যে রাসায়নিক পদ্ধতিসমূহ ল্যাবরেটরিতে অনুসরণ করা হয়, তাকে রাসায়নিক বিশ্লেষণ বলে। সমগ্র রাসায়নিক প্রক্রিয়া মূলত দুই প্রধান শ্রেণিতে বিভক্ত। যেমন,

(ক) আঙ্গিক বিশ্লেষণ (Qualitative Analysis)
(খ) মাত্রিক বিশ্লেষণ (Quantitative Analysis)

আঙ্গিক বিশ্লেষণ : যে বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় কোনো রাসায়নিক পদার্থের অথবা এদের মিশ্রণের মূল উপাদান বা জৈব যৌগের মূলকসমূহের উপস্থিতি রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাহায্যে বিশেষ বর্ণযুক্ত যৌগের দ্রবণ অথবা অধঃক্ষেপ সৃষ্টির মাধ্যমে শনাক্তকরণ সম্ভব হয়, একে **আঙ্গিক বিশ্লেষণ** বলে। যেমন অজৈব লবণের ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন শনাক্তকরণ পদ্ধতি হলো আঙ্গিক বিশ্লেষণ।

মাত্রিক বিশ্লেষণ : যে বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ার সাহায্যে কোনো রাসায়নিক পদার্থের মূল উপাদানসমূহের আনুপাতিক পরিমাণ বা সঠিক পরিমাণ নির্ণয় করা যায়, একে **মাত্রিক বিশ্লেষণ** বলে।

আবার মাত্রিক বিশ্লেষণসমূহ দুই শ্রেণিতে বিভক্ত। যেমন,

(১) ভরভিত্তিক বিশ্লেষণ (Gravimetric Analysis)
(২) আয়তনিক বিশ্লেষণ (Volumetric Analysis)

MCQ-1.2 : পলবুঙ্গি ব্যালেন্সে 5 mg রাইডার ব্যবহৃত হলে রাইডার ধ্রুবক হয়—
(ক) 0.02g (খ) 0.002g
(গ) 0.001g (ঘ) 0.0001g

ভরভিত্তিক বিশ্লেষণ : ভরভিত্তিক বিশ্লেষণের বেলায় পরীক্ষাধীন পদার্থের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সৃষ্ট অধঃক্ষেপকে পোর্সেলিন বাটিতে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে শুষ্ক করার পর প্রাপ্ত ভরের ওজন গ্রাম এককে নেয়া হয়।

আয়তনিক বিশ্লেষণ : আয়তনিক বিশ্লেষণের বেলায়, কোনো নির্দিষ্ট আয়তনের প্রদত্ত নমুনার সাথে অপর কোনো নির্দিষ্ট আয়তনের বিকারক দ্রবণের তুল্য পরিমাণে বিক্রিয়া সম্পন্ন করে প্রদত্ত নমুনায় পরীক্ষণীয় উপাদানের মোল পরিমাণ গণনা করা হয়। যেমন- অম্ল ক্ষার টাইট্রেশন, রিডক্স টাইট্রেশন।

আয়তনিক বিশ্লেষণে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি : আয়তনিক বিশ্লেষণে নিম্নলিখিত কাচ নির্মিত যন্ত্রপাতি ব্যবহৃত হয় : (১) মেজারিং সিলিন্ডার বা পরিমাপন সিলিন্ডার, (২) মেজারিং ফ্লাস্ক, (৩) ব্যুরেট, (৪) পিপেট, (৫) কনিকেল ফ্লাস্ক, (৬) ফানেল ও ওয়াশ বোতল।

এ সব যন্ত্রপাতির গঠনগত বৈশিষ্ট্য, ব্যবহারের ক্ষেত্র ও ব্যবহারবিধি আলোচনা করা হলো।

(১) মেজারিং সিলিন্ডার (Measuring cylinder) :

পরিচিতি : এক মুখ খোলা ও এক মুখ বন্ধ দাগ কাটা বিভিন্ন আয়তনের কাচের মোটা নলকে মেজারিং সিলিন্ডার বা পরিমাপক সিলিন্ডার বলে। ভেঙ্কে খাড়াভাবে রাখলে যাতে পড়ে না যায় সেজন্য নলটির বন্ধ দিক চ্যাপটা করা থাকে (১.৮নং চিত্র)।

ব্যবহার : সিলিন্ডারের গায়ে cm^3 অথবা mL দাগাঙ্কিত থাকে। ফলে একটি সিলিন্ডার দ্বারা বিভিন্ন **আয়তনের তরল পরিমাপ করা যায়**। বিশেষত নির্দিষ্ট **আয়তনের গাঢ় এসিড ও পানির পরিমাপ করার জন্য মেজারিং সিলিন্ডার ব্যবহৃত হয়**। এটা সাধারণত 5 cm^3, 10 cm^3, 50 cm^3, 100 cm^3, 200 cm^3, 250 cm^3 প্রভৃতি বিভিন্ন আয়তনের হয়। তবে আয়তন যত বেশি হয় সিলিন্ডারের আকৃতি তত মোটা হয় এবং পরিমাপের সূক্ষ্মতা তত কমে যায়। আয়তনিক সিলিন্ডারে তরল রাসায়নিক পদার্থ পরিমাপ করা হয়। সর্বনিম্ন 1 mL তরল এটি দ্বারা মাপা যায়।

চিত্র ১.৮ : বিভিন্ন আকারের মেজারিং সিলিন্ডার।

মেজারিং সিলিন্ডারে নির্ভুল পরিমাপ করার নিয়ম : মেজারিং সিলিন্ডারে সর্বনিম্ন 1 mL তরল মাপা যায়। তবে তরলে পৃষ্ঠটান বা surface tension এর কারণে সিলিন্ডারের গায়ে তরলের উচ্চতা কিছুটা বেশি দেখায়। এজন্য মেজারিং সিলিন্ডার দ্বারা তরল পদার্থ নির্ভুলভাবে পরিমাপের নিয়ম হলো **'তরলের সর্বনিম্ন বক্রতল'** বা **Lowest menicus** এর পাঠ

নেয়া। মেজারিং সিলিন্ডারসহ অন্যান্য আয়তনিক পরিমাপক যন্ত্র দ্বারা তরল পরিমাপের ক্ষেত্রে তরলের Lowest menicus দেখে আয়তনের পাঠ নিতে হয়।

(২) আয়তনিক ফ্লাস্ক বা মেজারিং ফ্লাস্ক (Measuring Flask) : পরিচিতি : সরু গলাযুক্ত কাচের পাত্রকে আয়তনিক ফ্লাস্ক বলে। ডেস্কের ওপর যাতে সহজে রাখা যায় এজন্য ফ্লাস্কের তলা চ্যাপ্টা বা সমতল আকৃতির হয়। এটা যে কোনো আয়তনের হতে পারে।

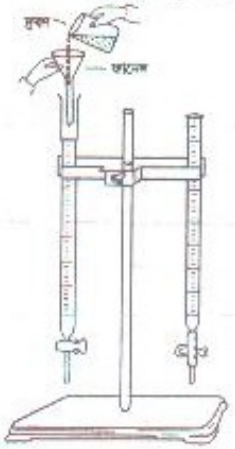
ব্যবহার : পরীক্ষাগারে সাধারণত 100 cm^3, 250 cm^3, 500 cm^3 ও 1 dm^3 আয়তনের ফ্লাস্ক বেশি ব্যবহৃত হয়। নির্দিষ্ট আয়তনের প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করার জন্য বিভিন্ন মেজারিং ফ্লাস্ক ব্যবহৃত হয়। এ ফ্লাস্কের সরু নলের মাঝামাঝি স্থানে চারদিকে ঘিরে একটি দাগ দিয়ে ফ্লাস্কের আয়তন নির্দিষ্ট করা হয়। ১.৯ নং চিত্রের এ **ফ্লাস্ক যে কোনো ঘনমাত্রার প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করার জন্য ব্যবহার করা হয়**। ফ্লাস্কের মুখটি গ্লাস স্টপার দিয়ে বন্ধ করা যায়। ফ্লাস্কের গায়ের TC প্রতীক দ্বারা 'to contain' বোঝায়।

চিত্র ১.৯ : বিভিন্ন আকারের আয়তনিক ফ্লাস্ক।

MCQ-1.3 : বুরেটে একটি ক্ষুদ্রতম ভাগের আয়তন কত?
(ক) 1.0 cm^3 (খ) 0.1 cm^3
(গ) 0.01 cm^3 (ঘ) 0.5 cm^3

(৩) ব্যুরেট (Burette) : পরিচিতি : ব্যুরেট হলো দাগাঙ্কিত সমান ব্যাসবিশিষ্ট মোটা কাচের নল দ্বারা তৈরি একটি যন্ত্র। নলটির একমুখ খোলা। নিচের মুখ খুব সরু। সরু মুখে স্টপ-কক লাগানো থাকে। স্টপ-কক দ্বারা ব্যুরেট থেকে দ্রবণের পতন নিয়ন্ত্রণ করা হয়। ব্যুরেট সাধারণত 25 cm^3 ও 50 cm^3 আয়তনের হয়ে থাকে। ব্যুরেটের গায়ে দাগাঙ্কিত করে 25 বা 50টি ভাগে ভাগ করা থাকে। প্রতি ভাগের আয়তন 1cm^3। প্রতি 1cm^3 ভাগকে আবার 10টি ভাগে ভাগ করা থাকে। তাই একটি **ক্ষুদ্রতম ভাগের আয়তন 0.1 cm^3 হয়**।

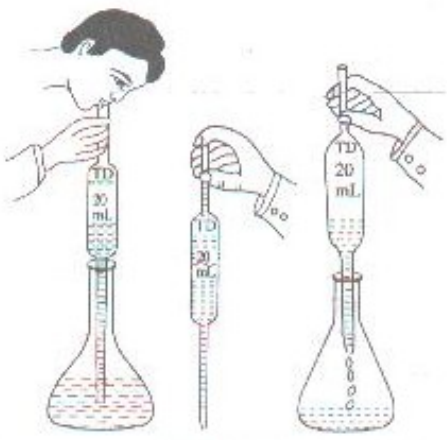
ব্যবহার : আয়তনিক বিশ্লেষণে টাইট্রেশনের বেলায় জানা ও অজানা ঘনমাত্রার দুটি দ্রবণের একটিকে ফানেলের মাধ্যমে ব্যুরেটের মধ্যে নেয়া হয়। তারপর স্টপ-কক এর সাহায্যে নিয়ন্ত্রণ করে প্রয়োজন অনুসারে বিভিন্ন আয়তনের দ্রবণ কনিকেল ফ্লাস্কে নিয়ে বিক্রিয়া ঘটানো হয়। (চিত্র ১.১০)



চিত্র ১.১০ : ব্যুরেট

(ক) সাধারণ পিপেট (খ) দাগাঙ্কিত পিপেট

চিত্র ১.১১ : বিভিন্ন প্রকার পিপেট।



পিপেট দ্বারা কনিকেল ফ্লাস্কে দ্রবণ স্থানান্তর

চিত্র ১.১২ : পিপেটের ব্যবহার।

(৪) পিপেট (Pipette) : পরিচিতি : পিপেট প্রধানত দু'প্রকার- সাধারণ পিপেট ও দাগাঙ্কিত পিপেট (graduated pipette)। সাধারণ পিপেট দু মুখ খোলা সরু একটি কাচ নল দ্বারা নির্মিত। নিচের মুখটি অপেক্ষাকৃত বেশি সরু এবং মাঝখানে মোটা বাল্ব থাকে (চিত্র ১.১১ (ক)]। ওপরের দিকে নলের চার পাশে একটি দাগ দিয়ে পিপেটের আয়তন নির্ধারণ করা থাকে। এটা 0.5 mL থেকে শুরু করে 50 mL পর্যন্ত বিভিন্ন আয়তনের হয়ে থাকে।

ব্যবহার : পরীক্ষাগারে একটি নির্দিষ্ট আয়তনের প্রস্তুত দ্রবণকে এক পাত্র থেকে অন্য পাত্রে নেয়ার জন্য পিপেট ব্যবহৃত হয়। সাধারণত 10 ও 25 mL আয়তনের পিপেট ব্যবহার করা হয়। পিপেটের গায়ের TD প্রতীক দ্বারা to deliver বোঝায়। কোনো কোনো পিপেটের নল দাগাঙ্কিত থাকে [চিত্র ১.১১(খ)। দাগাঙ্কিত পিপেট দিয়ে যে কোনো আয়তনের তরল বা প্রস্তুত দ্রবণ পরিমাপ করা যায়। তরল স্থানান্তরের সময় পিপেটে কখনো ঝাঁকুনি বা ফুঁ দিতে নেই। শুধু পিপেটের অগ্রভাগকে কনিকেল ফ্লাস্ক বা পরিমাপক ফ্লাস্কের গায়ে স্পর্শ করাই যথেষ্ট। (চিত্র ১.১২)

চিন্তা কর :

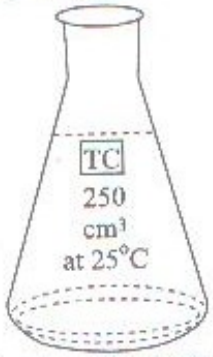
১। তরল পদার্থ পরিমাপের জন্য পিপেট, ব্যুরেট, আয়তনিক ফ্লাস্ক, মেজারিং সিলিন্ডার প্রভৃতি ভিন্ন ভিন্ন গ্লাস সামগ্রী ব্যবহার করার উপযুক্ত কারণ কী?

২। আয়তনিক পরিমাপে মেজারিং সিলিন্ডার ও পিপেট ব্যবহারের পার্থক্য ব্যাখ্যা কর।

৩। গাঢ় HCl এসিড ও গাঢ় H_2SO_4 এসিড পরিমাপে পিপেট ব্যবহৃত হয় না; মেজারং সিলিন্ডার ব্যবহৃত হয়; এর কারণ ব্যাখ্যা কর।

১.৫ কনিকেল ফ্লাস্ক, ওয়াশ বোতল, ব্যুরেট, পিপেট ব্যবহারের কৌশল
Techniques to use Conical flask, Wash bottle, Burette, Pipette

(১) কনিকেল ফ্লাস্ক ও এর ব্যবহার (Conical flask and its use) : ১.১৩ নং চিত্রের ন্যায় কনিকেল ফ্লাস্কের নিচের অংশ মোটা ও তলা চ্যাপ্টা থাকে; উপরের অংশ অপেক্ষাকৃত সরু থাকে। আয়তনিক বিশ্লেষণের টাইট্রেশন বিক্রিয়া কনিকেল ফ্লাস্কে ঘটানো হয়। এটা সাধারণত $250cm^3$ আয়তনের হয়ে থাকে। তবে প্রয়োজনবোধে ছোট-বড় বিভিন্ন আয়তনের কনিকেল ফ্লাস্ক পাওয়া যায়।



চিত্র ১.১৩ : কনিকেল ফ্লাস্ক।

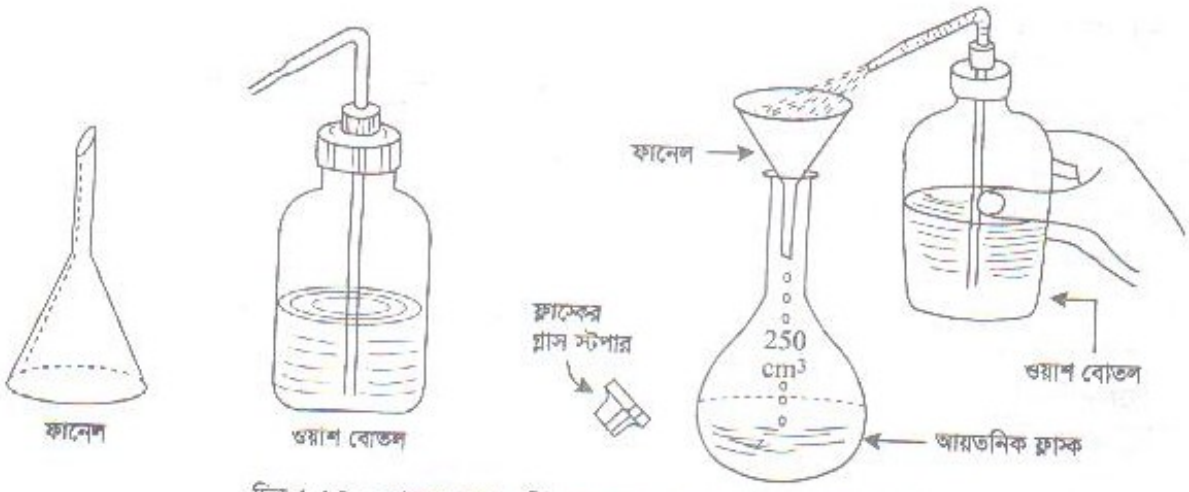
ব্যবহার : কনিকেল ফ্লাস্কে পিপেটের সাহায্যে একটি নির্দিষ্ট আয়তনের জানা অথবা অজানা ঘনমাত্রার দ্রবণ নিয়ে প্রয়োজন মতো নির্দেশক যোগ করা হয়। এবার কনিকেল ফ্লাস্কের গলায় ডান হাতে ধরে ব্যুরেটের তলায় নিয়ে ব্যুরেট থেকে অপর একটি দ্রবণ যোগ করে কনিকেল ফ্লাস্কের মিশ্রণকে চক্রাকারে ঘুরায়ে টাইট্রেশন করা হয়।

(২) ওয়াশ বোতল (Wash bottle) : আয়তনিক বিশ্লেষণে যে সমস্ত কাচের যন্ত্রপাতি ব্যবহার করা হয় সেগুলোকে ব্যবহারের পূর্বে অতি উত্তমরূপে প্রথমে ক্লিনিং মিশ্রণ (গাঢ় সালফিউরিক এসিডে $Na_2Cr_2O_7$ এর সম্পৃক্ত দ্রবণ), পরে পানি এবং সবশেষে বিশুদ্ধ পানি দ্বারা ধৌত করা হয়। এ কাজের জন্য বিশুদ্ধ পানি ১.১৪ নং চিত্রের মতো একটি প্লাস্টিকের বোতল নেয়া হয়। এর মুখে একটি রবার কর্ক লাগানো থাকে। রবার কর্কের একটি ফুটো দিয়ে একটি 45° কোণে বাঁকানো নল ভেতর প্রবেশ করানো থাকে। বর্তমানে প্লাস্টিক নির্মিত বিভিন্ন আকৃতির ধৌতকরণ বোতল পাওয়া যায়। এরূপ প্লাস্টিকের বোতলে পানি ভর্তি করে হাতে চাপ দিলে সরু নলের মুখ দিয়ে পানি বের হয়।

ব্যবহার : আয়তনিক ফ্লাস্কে নির্দিষ্ট আয়তনের প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করার সময় ওয়াশ বোতল থেকে পানি যোগ করে ফানেলে লেগে থাকা রাসায়নিক বস্তুকে ধুয়ে ফ্লাস্কে নেয়া হয় এবং নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত পূর্ণ করা হয়।

(৩) ফানেল (Funnel) : কোণ আকৃতির কাচের ফানেল সাধারণত কোনো সরু মুখবিশিষ্ট পাত্র বিশেষ।

ব্যবহার : পরিমাপক ফ্লাস্কে ও ব্যুরেটে তরল পদার্থ নেয়ার জন্য ব্যবহৃত হয়। সরাসরি বস্তুর ভর পরিমাপ করে প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করার সময় ফানেল ব্যবহার করা হয়। নিচে ফানেলের চিত্রসহ ব্যবহার দেখানো হলো।



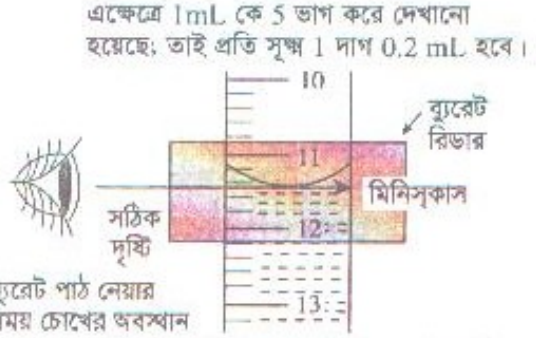
চিত্র ১.১৪ : ফানেল, আয়তনিক ফ্লাস্ক ও ওয়াশ বোতল, এদের ব্যবহার।

(৪) ব্যুরেটের পরিষ্কার ও ব্যবহার প্রণালি (Burette Cleansing and its Use) : প্রতিবার ব্যবহারের পর ব্যুরেটকে পানি দ্বারা ধুয়ে নিতে হয়। তবে ব্যুরেট পরিষ্কার করার সর্বোত্তম পন্থা হলো ক্লিঞ্জিং মিক্সচার বা ক্রোমিক এসিড ($K_2Cr_2O_7$ ও গাঢ় H_2SO_4 এর মিশ্রণ) দ্বারা ধৌতকরণ। ক্রোমিক এসিড দ্বারা ধৌত করার পর ব্যুরেটটিকে আবার পানি দিয়ে ধুয়ে নিতে হয়। ধোয়ার পর দেখতে হয় স্টপকক ঠিক মতো ঘুরে কিনা বা এর পাশ দিয়ে লিক্ (leak) করে কিনা। যদি স্টপকক ঠিক মতো কাজ না করে, তবে এর উভয় পাশে সামান্য গ্রীজ লাগিয়ে নেয়া হয়; (অধিক গ্রিজ দেয়া ঠিক নয়)। গ্লাস স্টপককের ছিদ্রের ভেতর গ্রিজ ঢুকলে সরু তারের সাহায্যে নিম্নরূপে বের করে নিতে হয়।

চিত্র ১.১৫ : ব্যুরেটের স্টপককে গ্রিজ লাগানোর প্রক্রিয়া।

ব্যবহার : আয়তনিক বিশ্লেষণে টাইট্রেশন কাজে ব্যুরেট ব্যবহৃত হয়। ব্যুরেটে কোনো দ্রবণ নেয়ার পূর্বে ব্যুরেটটিকে ঐ দ্রবণের কয়েক সিসি দ্বারা রিনস্ (rinse) বা ধুয়ে নিতে হয়। অতঃপর ব্যুরেটের স্টপকক বন্ধ করে এর মুখে একটি ছোট ফানেলের মাধ্যমে দ্রবণ ব্যুরেটের শূন্য দাগের ওপর পর্যন্ত নিতে হয়। স্টপকক খুলে কিছু দ্রবণ ফেলে দিয়ে বায়ুর বুদ্‌বুদ্ মুক্ত করা হয় এবং প্রয়োজনে আরো প্রমাণ দ্রবণ ব্যুরেটে যোগ করে শূন্য দাগ পর্যন্ত দ্রবণের উপরিভাগের মিনিসকাস (meniscus) স্থির করা হয় যাতে করে অবতলের ঠিক নিচের তরলটি শূন্য দাগ বরাবর থাকে। অতঃপর দ্রবণ ভর্তি ব্যুরেটটিকে ক্লাম্পের সাহায্যে একটি স্ট্যান্ডের সাথে খাড়াভাবে লাগানো হয়। চিত্র ১.১৬ (ক) মতে, বাম হাতের কনিষ্ঠা ও অনামিকা দ্বারা ব্যুরেটের টিপকে খাড়া রেখে, বৃদ্ধা আঙ্গুল, মধ্যমা ও তর্জনী দ্বারা স্টপকক ঘুরিয়ে ব্যুরেট থেকে ফোঁটায় ফোঁটায় দ্রবণ কনিকেল ফ্লাস্কে যোগ করা হয়। টাইট্রেশন শেষে 'ব্যুরেট-পাঠ' নেয়ার সময় এর ভেতরের তরলের নিম্নতর মিনিস্কাস (lower meniscus), ব্যুরেটের দাগ ও চোখের দৃষ্টি রেখা একই সরল রেখায় থাকতে হয়। এক্ষেত্রে 'ব্যুরেট-পাঠ' (burette reading) হলো 11.4 mL [চিত্র ১.১৬ (খ)] আলোর প্রতিফলন ও প্যারালাক্সবশত অনেক সময় 'মিনিস্কাস' সুস্পষ্ট হয় না। এ অসুবিধা দূর করার জন্য 'ব্যুরেট রিডার' বা অ্যান্টি প্যারালাক্স কার্ড ব্যবহার করা হয়। ব্যুরেট থেকে দ্রবণ যোগ করার কৌশল চিত্র ১.১৬ (ক) এ দেখানো হয়েছে)।

চিত্র ১.১৬ (ক) : ব্যুরেটের ব্যবহারের কৌশল।



চিত্র ১.১৬ (খ) : ব্যুরেট পাঠ নেয়ার পদ্ধতি।

(৫) পিপেটের ব্যবহার : ১.৪.৩ নং অনুচ্ছেদে চিত্র ১.১২ দ্বারা পিপেটের ব্যবহার বিধি ও কৌশল দেখানো হয়েছে।

চিন্তা কর :

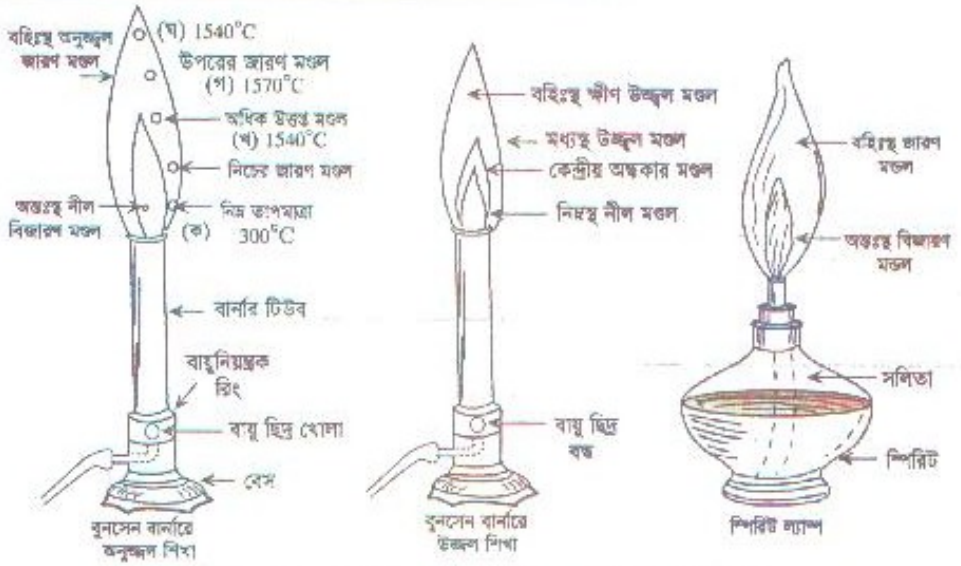
১। পরীক্ষাগারে কনিকেল ফ্লাস্ক ব্যবহার-ক্ষেত্র কী তা আলোচনা কর।

২। পরীক্ষাগারে ব্যুরেট ব্যবহার কি জন্য করা হয়, তা ব্যাখ্যা কর।

১.৬ বুনসেন বার্নার বা স্পিরিট ল্যাম্পের শিখা
Flame of Bunsen Burner or Spirit Lamp

বিজ্ঞানী রবার্ট বুনসেন (১৮৫৫ খ্রি.) কর্তৃক আবিষ্কৃত বুনসেন বার্নারের গঠনগতভাবে তিনটি অংশ আছে। (১) **বেস** (base) বা **নিচের অংশ** : এর পার্শ্বনল দিয়ে জ্বালানি গ্যাস বার্নার টিউবে ঢোকে। (২) **পার্শ্ব ছিদ্রযুক্ত বার্নার টিউব** : এর নিচের দিকে থাকে বায়ুছিদ্র পথ, এ বায়ুছিদ্র বরাবর চক্রাকারে একটি খাঁজ ও বেসের সাথে সংযুক্ত করার জন্য স্ক্রু করা থাকে। (৩) **ছিদ্রযুক্ত বায়ু নিয়ন্ত্রক রিং** (ring) : এ রিংটি বার্নার টিউবের খাঁজ বরাবর চক্রাকারে ঘুরে এর বায়ুছিদ্র ও বার্নার টিউবের বায়ুছিদ্র পথ এক করে দেয়।

(১) বুনসেন বার্নারের শিখা : বায়ুস্থিত অক্সিজেনের সাথে গ্যাসীয় জ্বালানির আংশিক বা পূর্ণ দহনের ফলে শিখা উৎপন্ন হয়। শিখা আলো ও তাপ প্রদান করে। বুনসেন বার্নারের বায়ু নিয়ন্ত্রণের দ্বারা প্রধানত দু প্রকার শিখা পাওয়া যায়। যেমন, ১. অনুজ্জ্বল শিখা বা দীপ্তিহীন শিখা, ২. উজ্জ্বল-শিখা বা দীপ্তিমান শিখা।



চিত্র ১.১৭ : বুনসেন বার্নারের উজ্জ্বল ও অনুজ্জ্বল শিখা।

১. অনুজ্জ্বল শিখা : যখন বুনসেন বার্নারের বায়ু-নিয়ন্ত্রকের ছিদ্র ও বার্নার টিউবের বায়ুছিদ্র এক সাথে মিলে যায়, তখন পর্যাপ্ত বায়ু জ্বালানি গ্যাসের সাথে মিশ্রিত হয়ে পূর্ণ দহনে যে শিখা উৎপন্ন হয়, তাকে অনুজ্জ্বল শিখা বলে।

এ অনুজ্জ্বল শিখায় কোনো শীষ-কালি হয় না। প্রধানত এ অনুজ্জ্বল শিখাই রসায়ন পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত হয়। বায়ুর সাথে জ্বালানি মিশ্রিত হয়ে অগ্নির সংস্পর্শে জ্বলে ওঠে। জ্বালানি গ্যাসে কার্বন ও হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত অবস্থায় থাকে, বায়ুতে অক্সিজেন থাকে। কার্বন ও হাইড্রোজেনের সাথে অক্সিজেনের রাসায়নিক সংযোগে CO_2, জলীয়বাষ্প, তাপ ও আলো উৎপন্ন হয়। এ অনুজ্জ্বল শিখার দুটি মণ্ডল বা 'জোন' আছে। যেমন,

(ক) অন্তঃস্থ নীল বিজারণ মণ্ডল ও (খ) বহিঃস্থ নীল অনুজ্জ্বল জারণ মণ্ডল

(ক) অন্তঃস্থ বিজারণ মণ্ডল : অনুজ্জ্বল শিখার ভেতরের অংশ নীল বর্ণের হয়। এতে অদগ্ধ গ্যাস-মিশ্রণ ও কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস থাকে। এই অন্তঃস্থ শিখাংশকে বিজারণ শিখা বলে; কারণ উক্ত অংশে CO বিজারক পদার্থ থাকে বলে এই শিখা বিজারণ ক্রিয়ায় সহায়তা করে।

(খ) বহিঃস্থ জারণ মণ্ডল : অনুজ্জ্বল শিখার বাইরের চারপাশের অংশই বহিঃস্থ জারণ মণ্ডল। জ্বালানি গ্যাসের পূর্ণ দহনের ফলে কোনো কার্বন গুঁড়া অবশিষ্ট থাকে না বলে আলোর প্রতিফলনের অভাবে এই শিখা অনুজ্জ্বল হয়।

জ্বালানি গ্যাসের দহনের পর কিছু অক্সিজেন অতিরিক্ত থাকে এবং বস্তুকে জারণে সাহায্য করে বলে এই অংশকে জারণ-শিখাংশ বলে। এই জারণ-শিখা অজৈব লবণের ক্ষারকীয় মূলক বিশ্লেষণের সময় 'শিখা' পরীক্ষায় ব্যবহৃত হয়।

২. উজ্জ্বল-শিখা : যখন বুনসেন বার্নারের বায়ু-নিয়ন্ত্রকের ছিদ্র ও বুনসেন টিউবের বায়ু-ছিদ্র পথ মিলে না যায় তখন বার্নারের-টিউবের মধ্যে জ্বালানি গ্যাস ও বায়ুর মিশ্রণ ঘটে না। ফলে পর্যাপ্ত অক্সিজেনের অভাবে জ্বালানি গ্যাসের পূর্ণ দহন হতে পারে না। তাই ঊর্ধ্বমুখী অদগ্ধ উত্তপ্ত কার্বন গুঁড়ায় আলো প্রতিফলিত হয়ে শিখাকে উজ্জ্বল দেখায়। কিন্তু অদগ্ধ কার্বন শীষ-কালি তৈরি করে। এই কারণে পরীক্ষাগারে উজ্জ্বল শিখা ব্যবহৃত হয় না।

(২) স্পিরিট ল্যাম্প (Spirit Lamp) : স্পিরিট ল্যাম্প হলো সাধারণ একটি প্রদীপ। এ প্রদীপের কাচ বা ধাতব পাত্রের মুখে সলিতা যুক্ত করার ব্যবস্থা আছে। এতে "স্পিরিট" জ্বালানি হিসেবে ব্যবহৃত হয়। কম তাপোৎপাদী বলে বুনসেন দীপের অভাবে স্পিরিট ল্যাম্প ল্যাবরেটরিতে স্বল্প তাপের জন্য ব্যবহৃত হয়। এতে অনুজ্জ্বল শিখা উৎপন্ন হয়।

চিন্তা কর : বুনসেন বার্নারের কোন্ শিখার অঞ্চলটি তাপ দেয়ার জন্য উত্তম? ঐ শিখা তৈরির কৌশল কী? এর ব্যতিক্রম ল্যাবরেটরিতে করা যায় কী না?

১.৬.১ ল্যাবরেটরিতে বিভিন্ন যন্ত্রপাতিকে তাপ দেয়ার কৌশল
Heating Technique of different Laboratory Apparatus

ল্যাবরেটরিতে বিভিন্ন যন্ত্রপাতিকে প্রয়োজন মতো বুনসেন বার্নার বা স্পিরিট ল্যাম্প দ্বারা উত্তপ্ত করতে হয়। এতে কখনো কম তাপ বা বেশি তাপ দিতে হয়। তাই টেস্টটিউব, বিকার, গোলতলী ফ্লাস্ক, কনিকেল ফ্লাস্ক, পোর্সেলিন বেসিন বা ওয়াচ গ্লাস ব্যবহার করে তাপ দেয়ার কৌশল আলোচনা করা হলো।

(১) টেস্টটিউবে তাপ দেয়ার কৌশল : টেস্টটিউবে কঠিন বা তরল বস্তু নিয়ে টেস্টটিউব হোল্ডার দিয়ে চিত্র-১.১৮ এর মতো ধরে বুনসেন বার্নারের শিখার ওপর 45° কোণে রেখে তাপ দেয়া হয়। এ অবস্থায় টেস্টটিউবের মুখটি নিজের এবং পার্শ্বের সহপাঠীর দিকে যেন না হয় তা খেয়াল রাখতে হয়। কারণ কঠিন পদার্থের তাপ বিযোজনে নির্গত গ্যাস যেন মুখমণ্ডল থেকে দূরে থাকে। আবার তরল পদার্থের বাষ্প বা বাষ্পিং হওয়া ছিটকানো তরল গায়ে এসে না পড়ে। এজন্য টেস্টটিউবকে অল্প শিখাতে উত্তপ্ত করা দরকার। অল্প শিখার জন্য বুনসেন বার্নারে গ্যাস প্রবাহ কন্ট্রোল করে নিতে হয়।

চিত্র ১.১৮ : টেস্টটিউবে তাপ দেয়ার কৌশল

(২) বিকার ও কনিকেল ফ্লাস্কে তাপ দেয়ার কৌশল : ল্যাবরেটরিতে পাইরেক্স গ্লাসের তৈরি বিকার ও কনিকেল ফ্লাস্কে তাপ দেয়ার প্রয়োজন হয় দ্রবণকে গাঢ়ীকরণে, বিক্রিয়ক মিশ্রণকে বিক্রিয়ার শর্ত মতে উত্তপ্তকরণের বেলায়। এসব ক্ষেত্রে ত্রিপদী স্ট্যান্ডের ওপর $6'' \times 6''$ আকারের অ্যাস্‌বেস্টস পেস্টের প্রলেপযুক্ত তারজালি দিয়ে এর ওপর বিকার, কনিকেল ফ্লাস্ক রেখে ধীরে ধীরে বুনসেন বার্নার দিয়ে তাপ দেয়া হয়। কনিকেল ফ্লাস্কে দ্রবণের আয়তন ঠিক রেখে উত্তপ্ত করতে হলে কনিকেল ফ্লাস্কে ফানেল বসিয়ে দেয়া হয়।

চিত্র ১.১৯ : বিকার ও কনিকেল ফ্লাস্কে তাপ দেয়ার কৌশল

(৩) গোলতলি ফ্লাস্কে তাপ দেয়ার কৌশল : ল্যাবরেটরিতে গোলতলি ফ্লাস্ক ব্যবহৃত হয় অজৈব ও জৈব গ্যাসীয় পদার্থ ও তরল পদার্থ তৈরিতে বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে তাপ দেয়া প্রয়োজন হলে। জৈব গ্যাসীয় ও উদ্বায়ী পদার্থ দাহ্য হওয়ায় এসব ক্ষেত্রে ব্যবহৃত গোলতলি ফ্লাস্কে সরাসরি বুনসেন শিখায় উত্তপ্ত করা বিপদজনক। তাই অবস্থাভেদে ব্যবহার অনুসারে গোলতলি ফ্লাস্কে তাপ দেয়া তিনটি পদ্ধতিতে করা হয়। যেমন,

(ক) অজৈব গ্যাস HCl, SO_2 প্রস্তুতির বেলায়, গোলতলি ফ্লাস্কে অ্যাস্‌বেস্টস তারজালির ওপর ত্রিপদী সহকারে রেখে লোহার স্ট্যান্ডের সাথে ক্ল্যাম্পসহকারে আটকানোর পর বুনসেন বার্নারের শিখায় তাপ দেয়া হয় চিত্র ১.২০ (ক)।

চিত্র ১.২০ : গোলতলি ফ্লাস্কে তিন পদ্ধতিতে তাপ দেয়া

(খ) জৈব যৌগ প্রস্তুতিতে যেমন নাইট্রোবেনজিনের বিজারণে অ্যানিলিন প্রস্তুত করতে বিক্রিয়া মিশ্রণের গোলতলি ফ্লাস্কটিকে ওয়াটার বাথে (water bath-এ) রেখে প্রায় 100°C-এ উত্তপ্ত করা হয়। [চিত্র-১.২০(খ)]

(গ) গোলতলি ফ্লাস্ককে সরাসরি তাপ দেয়া হয় স্টিম পাতন প্রক্রিয়ায়, চিত্র-১.২০ (গ)।

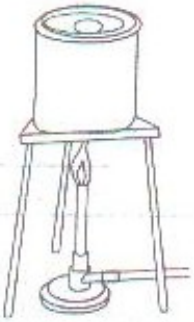
(৪) পোর্সেলিন বাটি উত্তপ্তকরণ : পোর্সেলিন বাটি সিরামিকের তৈরি এবং সাদা বর্ণের হয়। ব্যবহারের উদ্দেশ্য অনুসারে পোর্সেলিন বাটি ছোট বা বড় আকারের হয়। বড় আকারের পোর্সেলিন বেসিন বা বাটি দ্রবণকে গাঢ়ীকরণে, রাজঅম্লে (1 mol conc. HNO_3 and 3 mol conc. HCl mixture) বস্তুর দ্রবণ তৈরি করতে ব্যবহৃত হয়। ছোট আকারের পোর্সেলিন বাটি ভরভিত্তিক বিশ্লেষণে (gravimetric analysis-এ) উৎপাদ বস্তুর শুষ্ককরণে বস্তুকে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। প্রথম ক্ষেত্রে তারজালির ওপর এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে ত্রিভুজ আকৃতির পোর্সেলিন ধারকের ওপর পোর্সেলিন বাটিকে রেখে বুনসেন বার্নার দ্বারা উত্তপ্ত করা হয়। প্রথম ক্ষেত্রে ত্রিপদী স্ট্যান্ড এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে রিং ব্যবহৃত হয়।

চিত্র ১.২১ : (ক) পোর্সেলিন বেসিনে দ্রবণ গাঢ়ীকরণ প্রক্রিয়া। (খ) ভরভিত্তিক বিশ্লেষণে উৎপাদ বস্তুকে শুষ্ককরণ।

MCQ-1.4 : রাসায়নিক পদার্থকে শুকনো রাখতে কোন্‌টি ব্যবহৃত হয়? [রা. বো. ২০১৫]
(ক) ডেসিকেটর
(খ) ক্যালরিমিটার
(গ) ওয়াটার বাথ
(ঘ) বুনসেন বার্নার

(৫) ওয়াটার বাথে (Water bath-এ) উত্তপ্তকরণ : ওয়াটার বাথ হলো পানিকে উত্তপ্ত করার গোলাকার ধাতব পাত্র; এর মুখে ধারকরূপে বড় থেকে ছোট আকারের কয়েকটি ধাতব পাতের চাকা পরপর বসানো থাকে। এদের দ্বারা পাত্রের খোলা মুখ ছোট-বড় রাখা যায়। 'ওয়াটার বাথ'কে 'পানি-গাহ'ও বলা হয়।

ওয়াটার বাথ ব্যবহৃত হয় উদ্বায়ী জৈব যৌগ প্রস্তুতির বেলায়। এক্ষেত্রে ওয়াটার বাথের মুখে গোলতলী ফ্লাস্ক রেখে জৈব বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক মিশ্রণকে উত্তপ্ত করা হয়। তখন ওয়াটার বাথের উত্তপ্ত স্টিম দ্বারা গোলতলি ফ্লাস্ক ধীরে ধীরে উত্তপ্ত হয় (চিত্র-১.২২)। এছাড়া তাপ-ম্যান্টল (শিখা বিহীন) ব্যবহৃত হয়।



চিত্র ১.২২ : ওয়াটার বাথে উত্তপ্তকরণ

(৬) রাসায়নিক পদার্থ শুষ্ককরণের জন্য সাধারণত ডেসিকেটর বা ভেক্যুয়াম ডেসিকেটর ব্যবহৃত হয়। দ্রষ্টব্য অনুচ্ছেদ-২.১৫; চিত্র ২.২৬।

১.৭ বিকারক বা রিএজেন্ট বোতলের ব্যবহার কৌশল
Technique of Use of Reagent Bottles

বিকারক বা রিএজেন্ট : রাসায়নিক বিশ্লেষণ পরীক্ষা কালে যেসব রাসায়নিক পদার্থ কঠিন অবস্থায় বা দ্রবণ রূপে ব্যবহৃত হয়, তাদেরকে পরীক্ষাগার বিকারক বা রিএজেন্ট বলে। যেমন NH_4OH দ্রবণ, $AgNO_3$ দ্রবণ, সোডিয়াম ধাতু ইত্যাদি। যেসব বোতলে বিভিন্ন রিএজেন্ট রাখা হয়, তাদেরকে **রিজেন্ট বোতল** বলে।

(১) ল্যাবরেটরিতে বিভিন্ন তাক্ বা শেল্‌ফে প্রয়োজনীয় রাসায়নিক বিকারক বা রিএজেন্ট-এর বোতল কর্কযুক্ত অবস্থায় সারিবদ্ধভাবে সাজানো থাকে। বিভিন্ন মোলার ঘনমাত্রার (M) রাসায়নিক বিকারকের দ্রবণ রাখার এসব বোতলকে রিএজেন্ট বোতল বলে। সতর্কতার সাথে প্রতিটি রাসায়নিক পদার্থের রিএজেন্ট বোতলের লেবেলে লেখা নাম পড়ে ব্যবহার করতে হবে।

মোলার ঘনমাত্রা (M) : কক্ষতাপমাত্রায় 1000 mL দ্রবণে দ্রবীভূত থাকা দ্রবের মোল সংখ্যাকে (n) ঐ দ্রবণে ঐ দ্রবের মোলার ঘনমাত্রা বা মোলারিটি (M) বলে। 1 লিটারে 1 মোল দ্রব দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে ঐ দ্রবের এক মোলার (1M) দ্রবণ বলে।

ডেসিমোলার দ্রবণ : কক্ষতাপমাত্রায় এক লিটার দ্রবণে কোনো দ্রবের এক মোলের এক-দশমাংশ দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে ঐ দ্রবের ডেসিমোলার (0.1M) দ্রবণ বলে। যেমন, 0.1M Na_2CO_3 এর এক লিটার দ্রবণে এক মোল Na_2CO_3 এর এক-দশমাংশ অর্থাৎ 10.6 g দ্রবীভূত থাকে।

(২) রিএজেন্ট বোতলের দ্রবণ নিতে ড্রপার ব্যবহার করলে তখন পৃথক পৃথক রিএজেন্ট বোতলের জন্য পৃথক ড্রপার ব্যবহার করতে হয়। একই ড্রপার দুটি রিএজেন্ট বোতলের জন্য ব্যবহার করা যাবে না। আবার সরাসরি বিকারক দ্রবণ রিএজেন্ট বোতল থেকে টেস্টটিউবের দ্রবণে যোগ করার সময় গ্লাস স্টপারটির নিচের অংশ ডান হাতের অনামিকা ও মধ্যমা আঙ্গুলদ্বয়ের ফাঁকে ধরে রেখে অবশিষ্ট আঙ্গুল দ্বারা রিএজেন্ট বোতল ধরতে হয় [চিত্র ১.২৩]। গ্লাস স্টপারটি টেবিলে রাখা যাবে না।

চিত্র ১.২৩ : টেস্টটিউবে বিকারক নেয়ার কৌশল

(৩) রিএজেন্ট বোতল থেকে দ্রবণ নেয়া শেষ হওয়া মাত্রই ঐ বোতলের মুখে স্টপার দিয়ে ভালোভাবে বন্ধ করতে হবে এবং পূর্বের জায়গায় রাখতে হবে।

(৪) শেল্‌ফের একস্থান থেকে নেয়া রিএজেন্ট বোতল অন্যস্থানে রাখা যাবে না।

(৫) বিকারক রাখার জায়গায় অথবা নিক্তির পাশে রাসায়নিক পদার্থটি অসতর্কতার কারণে ছিটিয়ে পড়লে তা সাবধানে পরিষ্কার করতে হবে। তবে খালি হাতে নিশ্চয়ই নয়, হাতে গ্লাভস পরে পরিষ্কার করতে হবে।

(৬) কোনো উদ্বায়ী কঠিন বা তরল পদার্থের গন্ধ শুঁকা যাবে না। এতে শ্বাসের সাথে যৌগটির বাষ্প ফুসফুসে প্রবেশ করে বিপদ ঘটাতে পারে।

(৭) ক্ষয়কারী দ্রব্য যেমন গাঢ় H_2SO_4, HNO_3 ও ক্রোমিক এসিড, নিরুদক পদার্থ, জারক পদার্থের সংস্পর্শ থেকে ত্বক, চোখ বাঁচাতে হবে। অনুরূপভাবে ক্ষয়কারী ক্ষার NaOH, KOH, NH_4OH অত্যন্ত ক্ষতিকর। এদের সাবধানে ব্যবহার করতে হবে। প্রয়োজনে হাতে গ্লাভস্ পরতে হবে।

(৮) বিজারক পদার্থ NaH, $LiAlH_4$, Na ধাতু পানির সংস্পর্শে বিক্রিয়া করে আগুন ধরে যায়। তাই অত্যন্ত সতর্কতার সাথে এদের নিয়ে কাজ করতে হবে; এদেরকে বেসিনের পানিতে ফেলা যাবে না।

(৯) কোনো রিএজেন্ট বোতলের মুখ অপর কোনো রিএজেন্ট বোতলে যেন লাগানো না হয়। যদি এরূপ দুটি রিএজেন্ট বোতলের মুখ বা stopper বিনিময় হয়, তবে ভেজালযুক্ত হয়ে ঐ উভয় রিএজেন্ট দ্রবণ ব্যবহার অযোগ্য হবে।

(১০) বিকারকের বোতল **Dil.** (dilute) লেখা থাকল লঘু দ্রবণ এবং **Conc.** (concentrate) লেখা থাকলে গাঢ় দ্রবণ বোঝায়।

DV

২০১৩-২০১৪ শিক্ষাবর্ষ থেকে প্রচলিত সিলেবাস মতে ল্যাবরেটরিতে প্রয়োজনীয় বিকারক ও এদের প্রস্তুতি :		
ক্ষার : ১। লঘু NaOH :	200g NaOH এর মধ্যে পানি যোগে 1L	5M
২। লঘু KOH :	112g KOH এর মধ্যে পানি যোগে 1L $S=\frac{1000w}{MV}$	2M
৩। লঘু NH_4OH :	350 mL গাঢ় NH_4OH (14.3M) + 1000 mL পানি	5M
এসিড : ১। লঘু HCl :	417 mL HCl (12M) + 1L পানি	5M
২। লঘু HNO_3 :	125 mL গাঢ় HNO_3 (16M) + 1L পানি	2M
৩। লঘু H_2SO_4 :	111 mL গাঢ় H_2SO_4 (18M) + 1L পানি	2M
৪। লঘু CH_3COOH :	85 mL গাঢ় CH_3COOH (17.5M) + 300 mL পানি	5M
বিকারক : নিম্নোক্ত বিকারক দ্রবণ ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন শনাক্তকরণে ব্যবহৃত হয় :		
১ পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড, $K_4[Fe(CN)_6]$	37g লবণ + 1000 mL পানি	0.1M
২ অ্যামোনিয়াম থায়োসায়ানেট, NH_4CNS	38g লবণ + 1L পানি	0.5M
৩ পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইড, $K_3[Fe(CN)_6$	33g লবণ + 1L পানি	0.1M
৪ অ্যামোনিয়াম অক্সালেট, $(NH_4)_2C_2O_4$	12.5g লবণ + 1L পানি	0.25M
৫ পটাসিয়াম পাইরোঅ্যান্টিমোনেট, $K_2H_2Sb_2O_7$	68g $K_2H_2Sb_2O_7.6H_2O$ + 500 mL পানি	0.25M
৬ নেস্‌লার দ্রবণ $K_2[HgI_4]$ + KOH	$HgCl_2$ এর জলীয় দ্রবণে KI দ্রবণ যোগ করে বর্ণহীন দ্রবণ তৈরি হয় + KOH পানি	
পটাসিয়াম টেট্রাআয়োডো মারকিউরেট (II)		
৭ সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ	10 g $AgNO_3$ + 1L পানি	0.1M
৮ বেরিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ	65g $Ba(NO_3)_2$ + 1L পানি	0.25M

অম্ল-ক্ষার নির্দেশক :

১। **লিটমাস-ব্লু :** প্রায় 1g ব্লু-লিটমাসকে 100 mL পানিতে দ্রবীভূত করা হয়।

২। **লিটমাস-রেড :** উপরিউক্ত লিটমাস-ব্লু দ্রবণকে ২-১ ফোঁটা লঘু HCl সহযোগে লাল করা হয়।

৩। **মিথাইল অরেঞ্জ :** প্রায় 0.1g মিথাইল অরেঞ্জ গুঁড়াকে 150 mL ফুটন্ত পানিতে দ্রবীভূত করা হয়।

৪। **ফেনলফথ্যালিন :** প্রায় 1g ফেনলফথ্যালিনকে উত্তপ্ত 100 mL মিথিলিটেড স্পিরিটে দ্রবীভূত করে এর মধ্যে পানি যোগ করে মোট 500 mL দ্রবণ করা হয়।

চিন্তা কর : (১) কীরূপে বোতলের বিকারক (reagent)-কে দূষণমুক্ত রাখতে পারবে?

টিপস : কোনো রিএজেন্ট বোতলের মুখ খোলা রাখবে না ; কারণ জলীয় বাষ্প বা বায়ুর অক্সিজেনের সাথে সহজেই বিক্রিয়া করে ঘনমাত্রা হ্রাস বা অন্য পদার্থে পরিণত হতে পারে।

২। রি-এজেন্ট বা বিকারক বোতলের লেবেল সুস্পষ্ট না হলে বা রি-এজেন্ট বোতলে ড্রপার না থাকলে কী করতে হবে?

টিপস : রি-এজেন্ট বোতলের লেবেল সঠিকভাবে পড়তে অসুবিধে হলে ভুলেও অনুমান করে কখনও তা ব্যবহার করা যাবে না। তখন ল্যাবের দায়িত্ব প্রাপ্ত শিক্ষক অথবা ল্যাব সহকারীকে তা জানিয়ে নিশ্চিত হয়ে বিকারকটি ব্যবহর করতে হবে। আবার রি-এজেন্ট বোতলে ড্রপার না থাকলে, তখন নতুন ড্রপার নিতে হবে। অপর কোনো রি-এজেন্ট বোতলের ড্রপার কখনও এক্ষেত্রে ব্যবহার করা যাবে না। যদি করা হয়, তবে রি-এজেন্টটি অবিশুদ্ধ হবে। অবিশুদ্ধ বিকারক ব্যবহারে পরীক্ষণের ফলাফল ভুল হবে।

১.৮ রাসায়নিক দ্রব্য সংরক্ষণ ও ব্যবহারে সতর্কতা

Storage of Chemicals and Careful Use

বিপজ্জনক রাসায়নিক দ্রব্যের জন্য রয়েছে সুনির্দিষ্ট সতর্কীকরণ প্রতীক যাদেরকে বলা হয় **হ্যাজার্ড সিম্বল**। হ্যাজার্ড সিম্বল মোট ১০টি যা আন্তর্জাতিকভাবে স্বীকৃত। রাসায়নিক দ্রব্য উৎপাদনকারী প্রতিষ্ঠানসমূহ যেমন-BDH (British Drug House), E. Merck, Aldrich তাদের রাসায়নিক দ্রব্যের বোতলের লেবেলে এ সব সতর্কীকরণ প্রতীক সরবরাহ করে থাকে।

এছাড়াও বিপজ্জনক কিছু হ্যাজার্ড সিম্বল আন্তর্জাতিকভাবে স্বীকৃত আছে; যেমন তেজস্ক্রিয় রশ্মির জন্য ও স্বাস্থ্য ঝুঁকির সংকেত। সারাবিশ্বে ল্যাবরেটরিতে, শিল্প কারখানায়, কৃষি, চিকিৎসা প্রভৃতি ক্ষেত্রে রাসায়নিক দ্রব্যের ব্যবহার ও রাসায়নিক দ্রব্যের বাণিজ্য বেড়ে যাওয়ায় এদের সংরক্ষণ ও ব্যবহারের সতর্কতামূলক ব্যবস্থা গ্রহণ জরুরি হয়ে পড়ে। এ সংক্রান্ত একটি সার্বজনীন নিয়ম Globally Harmonised system (GHS) চালুর বিষয়ে 1992 খ্রিস্টাব্দে জাতিসংঘের উদ্যোগে পরিবেশ ও উন্নয়ন নামে একটি সম্মেলন অনুষ্ঠিত হয়। এ সম্মেলনের উদ্দেশ্য ছিল "One chemical one label-world wide". এবং প্রতিপাদ্য বিষয়সমূহ ছিল—

(১) রাসায়নিক পদার্থকে ঝুঁকি ও ঝুঁকির মাত্রার ভিত্তিতে বিভিন্ন শ্রেণিতে ভাগ (Classification) করা;

(২) ঝুঁকির সতর্কতা সংক্রান্ত তথ্য-উপাত্ত (hazard data base) তৈরি করা;

(৩) ঝুঁকি ও ঝুঁকির মাত্রা বোঝাবার জন্য সার্বজনীন সাংকেতিক চিহ্ন বা সিম্বল (hazard symbol) নির্ধারণ করা।

২০০২ খ্রিস্টাব্দের UN World Summit-এ পূর্বের GHS নিয়ম 2008 খ্রিস্টাব্দের মধ্যে পৃথিবীব্যাপি কার্যকরী করার জন্য সবদেশ সম্মত হয়। কোনো রাসায়নিক দ্রব্য সরবরাহ ও সংরক্ষণ করতে হলে তার গায়ে লেবেলের সাহায্যে শ্রেণিভেদ (Classification) অনুযায়ী প্রয়োজনীয় সাংকেতিক সিম্বল দেয়া (Labelling) আবশ্যক। এতে কার্যকারিতার ঝুঁকি মাথায় রেখে সংরক্ষণ (Packaging) ও ব্যবহার করতে পারবে। রাসায়নিক বস্তুর ঝুঁকি (Hazard) অনুসারে Classification, ঝুঁকি নির্দেশক সঠিক Hazard Symbol Labelling এবং ঝুঁকির মাত্রা অনুসারে Packaging-এ তিন নিয়মের সমন্বয়কে **CLP regulation** বলা হয়। যেমন- সারণি ১.১ মতে বিপজ্জনক সিম্বলযুক্ত কোনো রাসায়নিক পদার্থ দেখে বোঝা যাবে যে, ঐ রাসায়নিক পদার্থ একটি মারাত্মক বিষাক্ত পদার্থ। তখন ব্যবহারকারী অত্যন্ত সতর্ক হয়ে উঠবে। এছাড়া ব্যবহারের পর বর্জ্য উন্মুক্ত পরিবেশে ফেলে দেয়া যাবে কীনা বা পরিশোধন প্রয়োজন হবে কিনা সে সম্পর্কে ধারণা নিতে পারবে। সংগৃহীত রাসায়নিক দ্রব্য কোথায়, কীভাবে সংরক্ষণ করলে রাসায়নিক দ্রব্যের মান ঠিক থাকবে এবং অনাকাঙ্ক্ষিত দুর্ঘটনা এড়ানো যাবে, সে সব ধারণাও এতে পাওয়া যাবে।

সারণি-১.১ : রাসায়নিক দ্রব্যের ঝুঁকি ও ঝুঁকির মাত্রা বোঝার জন্য নির্ধারিত সিম্বল, ঝুঁকি, ঝুঁকির মাত্রা ও সাবধানতা নিচে দেখানো হলো :

সিম্বল, হ্যাজার্ড (Symbol, Hazards)	ঝুঁকি, ঝুঁকির মাত্রা ও সাবধানতা (সংরক্ষণ) (Intencity of Hazards & Precautions)
১। Toxic, T বিষাক্ত	**বিষাক্ত পদার্থ** (poison)-গ্যাস, তরল, কঠিন ক্যাডমিয়াম, ক্রোমিয়াম (VI) লবণ। নিঃশ্বাসে, ত্বকে লাগলে অথবা খেলে মৃত্যু হতে পারে। **সাবধানতা :** এ ধরনের পদার্থ তালাবদ্ধ স্থানে সংরক্ষণ করা বাঞ্ছনীয়। ব্যবহারের সময় হাতে দস্তানা, চোখে নিরাপদ চশমা ও নাকে-মুখে মাস্ক (গ্যাস হলে) ব্যবহার করা। পরীক্ষার পর পরীক্ষণ মিশ্রণের যথাযথ পরিশোধন করা দরকার। প্রতীক হলো T.
২। T+ Very Toxic, অত্যন্ত বিষাক্ত	**মারাত্মক বিষাক্ত পদার্থ**- নিঃশ্বাসে, ত্বকের মাধ্যমে শোষিত হলে, গলাধঃকরণ করলে মৃত্যু ঘটতে পারে। এ শ্রেণির রাসায়নিক পদার্থের সংস্পর্শে ক্যান্সারসহ প্রজনন ক্ষমতা ধ্বংস হয়। এ শ্রেণির রাসায়নিক পদার্থের মধ্যে মারকারি লবণসমূহ ও সায়ানাইড যৌগসমূহ অন্তর্ভুক্ত। **সাবধানতা :** এ ধরনের পদার্থ তালাবদ্ধ স্থানে সংরক্ষণ করতে হবে। ব্যবহার কালে হাতে গ্লাভ্স্ (দস্তানা), চোখে নিরাপদ চশমা ও নাকে-মুখে মাস্ক (গ্যাসীয় যৌগ হলে) পরতে হবে। শরীরে ত্বকের মাধ্যমে প্রবেশ করতে পারে (যেমন ক্ষতযুক্ত অবস্থা) এড়িয়ে চলা, পরীক্ষা কাজ শেষ করে হাত যথাযথ পরিষ্কার করা। প্রতীক হলো T+।
৩। Xn *Harmful* ক্ষতি কারক ক্ষতিকারক	**ক্ষতিকারক (harmful)** পদার্থ যেমন- Paints, floor polishes. জাতীয় পদার্থ যে গুলো জৈব দ্রাবক, পেট্রোল-এ দ্রবীভূত। এছাড়া অ্যান্টিফ্রিজ ও পোকামাকড় মারার ওষুধ-শ্বাস প্রশ্বাসে দীর্ঘসময় যাবৎ গ্রহণ করলে, ত্বকের মাধ্যমে শোষিত হলে অথবা গিলে ফেললে মারাত্মক ক্ষতি হতে পারে। **সাবধানতা :** এ সব পদার্থ ব্যবহারের সময় হাতে গ্লাভ্স, নাকে-মুখে মাস্ক ব্যবহার্য। প্রতীক হলো Xn।
৪। Xi *Irritant* উত্তেজক উত্তেজক	**উত্তেজক (Irritant) পদার্থ** হলো- বিরঞ্জক পদার্থ, সোপ পাউডার, সিমেন্ট গুঁড়া, লঘু এসিড ও ক্ষার দ্রবণ। ত্বকের সংস্পর্শে এসব পদার্থের ঘনমাত্রা, সংস্পর্শের স্থায়িত্ব ও নরম ত্বকের ওপর নির্ভর করে ক্ষতির মাত্রা কম বেশি হয়। ত্বক, চোখ ও শ্বাসতন্ত্রে এরা মৃদু ক্ষতি সাধন করে। **সাবধানতা :** হাতে গ্লাভ্স, চোখে নিরাপদ চশমা, নাকে মুখে মাস্ক পরে কাজ করতে হয়। এদের প্রতীক হলো Xi।
৫। F *Flammable* দাহ্য পদার্থ দাহ্য পদার্থ	**দাহ্য (flammable)** পদার্থ- গ্যাস, তরল, কঠিন। সহজেই আগুন ধরতে পারে। বিক্রিয়া করে তাপ উৎপন্ন করে, যেমন- Zn-পাউডার, অ্যারোসোল, পেট্রোলিয়াম। **সাবধানতা :** এ ধরনের দ্রব্য আগুন বা তাপ থেকে দূরে রাখা। ঘর্ষণ হতে পারে এমন অবস্থা এড়িয়ে রাখা। সিম্বলটি আগুনের শিখা। প্রতীক হলো F।
৬। F+ *Flammable* Extremely মারাত্মক দাহ্য পদার্থ	**মারাত্মক দাহ্য পদার্থ** (Extremely flammable) পদার্থ যেমন- ডাই ইথাইল ইথার, LPG, অ্যাসিটিলিন গ্যাস ও অ্যারোসোল মিশ্রণ ইত্যাদি নিম্ন তাপমাত্রায় ও কক্ষ তাপমাত্রায় প্রজ্বলন সান্নিধ্যে সহজে শিখাসহ জ্বলে ওঠে। **সাবধানতা :** এসব পদার্থকে অগ্নি স্ফুলিঙ্গের পরিবেশ থেকে অনেক দূরে রাখতে হবে। এক্ষেত্রে ব্যবহৃত প্রতীক F+।

সিম্বল, হ্যাজার্ড (Symbol Hazards)	ঝুঁকি, ঝুঁকির মাত্রা ও সাবধানতা (সংরক্ষণ) (Intencity of Hazards & Precautions)
৭। E Explosive বিস্ফোরক বিস্ফোরক	**বিস্ফোরক** (explosive) দ্রব্য, অস্থিত, নিজে নিজেই বিক্রিয়া করতে পারে, যেমন- জৈব পার-অক্সাইড; NH_4NO_3, heavy metals azides, old Tollen's reagent. **সাবধানতা :** নির্জনে ও স্থিত জায়গায় সংরক্ষণ করা, সাবধানে নাড়াচাড়া করা, ঘর্ষণ হতে পারে এমন অবস্থা এড়িয়ে রাখা, অন্য কারো সাথে মিশ্রণের সময় অতি ধীরে যুক্ত করা, ব্যবহারের সময় চোখে নিরাপদ চশমা পরা। প্রতীক হলো E।
৮। N Environmentally toxic পরিবেশ দূষক পরিবেশ দূষক	**পরিবেশের জন্য ক্ষতিকর :** এরূপ বস্তু হলো NH_3, Cl_2, তারপিন তেল ও বিভিন্ন কীটনাশক। এরা বিশেষ করে জলজ (aquatic) জীবের জন্য ক্ষতিকর। **সাবধানতা :** এ ধরনের পদার্থ নদী-নালার পানিতে মিশতে দেয়া উচিত নয়। পরীক্ষণ মিশ্রণের সংগ্রহ ও পরিশোধন করা উচিত। হ্যাজার্ড সিম্বলটিতে মরা মাছ ও মরা গাছ রয়েছে। প্রতীক হলো N।
৯। O Oxidizing জারক জারক	**জারক** (oxidizing agent) গ্যাস বা তরল পদার্থ, যেমন- ক্লোরিন গ্যাস। নিঃশ্বাসে গেলে শ্বাসকষ্ট হতে পারে, ত্বকে লাগলে ক্ষত হতে পারে। **সাবধানতা :** গ্যাস হলে নিচ্ছিদ্রভাবে রাখা, জারণ বিক্রিয়া করতে পারে এমন পাত্রে না রাখা, ব্যবহারের সময় হাতে দস্তানা, চোখে নিরাপদ চশমা ও নাকে-মুখে মাস্ক ব্যবহার করা। সিম্বলটি বৃত্তের উপর আগুনের শিখা। প্রতীক হলো O।
১০। C Corrosive ক্ষয়কারী ক্ষয়কারী	**ক্ষয়কারক রাসায়নিক পদার্থ** যেমন-ব্লিচিং সল্যুশন, গাঢ় এসিড ও ক্ষার দ্রবণ, ড্রেইন ক্লিনার। এসব ক্ষয়কারক পদার্থ ত্বকের মারাত্মক ক্ষতি করতে সক্ষম; Severe burns ঘটে। রাসায়নিক পদার্থের গাঢ়তা, সময়ের দীর্ঘতা ও নরম ত্বকের ওপর ক্ষতির প্রকৃতি নির্ভর করে। চোখ ও ত্বক নষ্ট হয়। **সাবধানতা :** ব্যবহারের সময়ে নিরাপদ চশমা পরা; হাতে গ্লাবস। প্রতীক হলো C।
১১। তেজস্ক্রিয় রশ্মি চিহ্ন (trefoil) তেজস্ক্রিয় রশ্মি চিহ্ন	আন্তর্জাতিক তেজস্ক্রিয় রশ্মি চিহ্নটিকে ট্রিফয়েল (trefoil)ও বলা হয়। এটি দ্বারা অতিরিক্ত **ক্ষতিকর আলোকরশ্মিকে** (শক্তি) বোঝানো হয়। এ ধরনের রশ্মি মানবদেহকে বিকলাঙ্গ করে দিতে পারে এবং শরীরে ক্যান্সার সৃষ্টি করতে পারে। **সাবধানতা :** রশ্মি বের হতে না পারে এরকম ধরনের পুরু বা বিশেষ পাত্রে রাসায়নিক দ্রব্যাদি সংরক্ষণ করা। কাজ করার সময় নিরাপদ দূরত্ব বজায় রাখা, উপযুক্ত পোশাক পরিধান করা, চোখে বিশেষ ধরনের চশমা পরা ইত্যাদি।
১২। স্বাস্থ্য-ঝুঁকির সংকেত স্বাস্থ্য-ঝুঁকির সংকেত	দেহের **শ্বাস-প্রশ্বাস সংক্রান্ত** (respiratory) **তন্ত্রের জন্য সংবেদনশীল**, জীবাণু সংক্রমণ ঘটাতে পারে (mutagenic), ক্যান্সার সৃষ্টি (carcinogenic) করতে পারে। **সাবধানতা :** সর্বসাধারণের বাইরে নিরাপদ স্থানে সংরক্ষণ করা, ব্যবহারের সময় হাতে দস্তানা, চোখে নিরাপদ চশমা ও নাকে- মুখে মাস্ক ব্যবহার করা। পরীক্ষণ মিশ্রণের সংগ্রহ ও যথাযথ পরিশোধন করা।

* **রাসায়নিক দ্রব্য সংরক্ষণে MSDS অনুসরণ :** ল্যাবরেটরিতে রাসায়নিক দ্রব্য সংরক্ষণ ও ব্যবহারের ক্ষেত্রে একটি সুবিন্যস্ত নিয়ম অনুসরণ করা গুরুত্বপূর্ণ। এক্ষেত্রে শ্রেণি শিক্ষকের ভূমিকা রয়েছে। শ্রেণি শিক্ষক রাসায়নিক দ্রব্যের প্রতিনিয়ত

ব্যবহারে মাত্রা ও পরিমাণের ওপর ভিত্তি করে Material Safety Data Sheet বা MSDS তৈরি করেন। MSDS এর তালিকায় প্রতিটি রাসায়নিক দ্রব্যের নাম, প্রয়োজন মতো সংকেত বা ফরমূলা, হ্যাজার্ড প্রতীক, রাসায়নিক দ্রব্যের পরিমাণ, সংরক্ষণের তারিখ, রাসায়নিক দ্রব্যের সম্ভাব্য বিপদসমূহ ঐ রেকর্ড খাতায় লিপিবদ্ধ করতে হবে। রাসানিক বস্তুর বিন্যাসের ক্ষেত্রে ইংরেজি নামের বর্ণমালা অনুসরণ না করে রাসায়নিক বস্তুর ধর্মকে গুরুত্ব দিয়ে সাজাতে হয়। এসিড, ক্ষার, জারক পদার্থ, বিজারক পদার্থ দাহ্য পদার্থ ইত্যাদিকে পৃথকভাবে বিন্যাস করতে হয়। MSDS অনুসরণ করে রাসায়নিক দ্রব্য ল্যাবরেটরিতে সংরক্ষণ করতে হবে।

কোনো বিকারক বা দ্রাবক নিয়ে কাজ করার পূর্বে বোতলের হ্যাজার্ড প্রতীক ভালোভাবে লক্ষ করতে হবে এবং নির্দিষ্ট সতর্কতার সাথে কাজ করলে ঝুঁকি এড়ানো সম্ভব। একই দ্রব্য আবার একাধিক গুণের অধিকারী। নিচের সারণি-১.২-এ সারণিতে কতিপয় ঝুঁকিপূর্ণ রাসায়নিক দ্রব্যের হ্যাজার্ড প্রতীক, বিপদ বা রিস্ক (risk) ও নিরাপত্তা সতর্কতা (safety) লিপিবদ্ধ করা হলো :

সারণি-১.২ : ঝুঁকিপূর্ণ রাসায়নিক দ্রব্যসমূহ সংরক্ষণে MSDS (Material Safety Data Sheet)

যৌগ	হ্যাজার্ড প্রতীক	ঝুঁকি বা বিপদ (R)	নিরাপত্তা সতর্কতা (s)
১. ইথানল C_2H_5OH	১. দাহ্য ও ক্ষতিকর (F+H) H = Harmful F = flammable	১. অত্যন্ত দাহ্য পদার্থ, চর্মে স্পর্শ ও শ্বাসের সাথে গ্রহণ ক্ষতিকর।	১. আগুন থেকে দূরে রাখতে হবে।
২. বেনজিন, টলুইন C_6H_6, $C_6H_5CH_3$	২. দাহ্য ও ক্ষতিকর (F+H)	২. ঐ	২. আগুন থেকে দূরে রাখতে হবে।
৩. পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড KOH, NaOH	৩. ক্ষয়কারী (C) C = Corrosive	৩. চর্মে ক্ষতি করে	৩. গ্লাভস্ পরতে হবে। নিরাপদ চশমা ও অ্যাপ্রন পরতে হবে।
৪. ইথানয়িক এসিড ও CH_3COOH ইথানয়িক অ্যানহাইড্রাইড $(CH_3CO)_2O$	৪. ক্ষয়কারী (C) C = Corrosive	৪. চর্মে ক্ষতি করে	৪. গ্লাভস, চশমা ও অ্যাপ্রন পরতে হবে।
৫. সালফিউরিক এসিড H_2SO_4	৫. ক্ষয়কারী (C)	৫. চর্মে ক্ষতি করে	৫. ঐ
৬. প্রোপানোন CH_3COCH_3	৬. দাহ্য (F) F = Flammable	৬. আগুন ধরে	৬. তাপ ও শিখা থেকে দূরে রাখতে হবে।
৭. লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড $LIAlH_4$	৭. দাহ্য (F)	৭. আগুন ধরে	৭. ঐ
৮. অ্যাসিটোনাইট্রাইল CH_3CN	৮. দাহ্য ও বিষাক্ত (F+T) T = Toxic	৮. স্বাস্থ্যের ক্ষতি করে।	৮. স্পর্শ ও শ্বাসের সাথে গ্রহণ বর্জনীয়।
৯. ব্রোমিন, Br_2	৯. দাহ্য ও বিষাক্ত (F+T)	৯. স্বাস্থ্যের ক্ষতি করে।	৯. ঐ
১০. ট্রাইক্লোরোমিথেন $CHCl_3$	১০. দাহ্য ও বিষাক্ত (F+T)	১০. স্বাস্থ্যের ক্ষতি করে।	১০. ঐ
১১. ক্লোরোফেনল $C_6H_4Cl.OH$	১১. দাহ্য ও বিষাক্ত (F+T)	১১. স্বাস্থ্যের ক্ষতি করে।	১১. ঐ
১২. নাইট্রো অ্যানিলিন	১২. দাহ্য ও বিষাক্ত (F+T)	১২. স্বাস্থ্যের ক্ষতি করে।	১২. ঐ
১৩. আর্সেনিক অক্সাইড	১৩. ক্ষয়কারী ও বিষাক্ত (C+T)	১৩. স্বাস্থ্যের ক্ষতি করে।	১৩. ঐ

১.৮.১ রাসায়নিক দ্রব্য সংরক্ষণের সাধারণ নিয়মাবলি
General Guidlines for Some Chemicals Storage

ল্যাবরেটরিতে রাসায়নিক দ্রব্য সংরক্ষণের নিম্নোক্ত নীতিমালা সার্বজনীনভাবে অনুসৃত হয়।

- রাসায়নিক পদার্থসমূহের পাত্রসমূহ যথাযথভাবে স্থায়ীভাবে যুক্ত লেবেল দ্বারা চিহ্নিত থাকতে হবে। এতে রাসায়নিকের পূর্ণ নাম এবং সংশ্লিষ্ট ঝুঁকি সম্পর্কে লেখা থাকতে হবে।
- আদ্যাক্ষরের অনুক্রম হিসেবে রাসায়নিক পদার্থ সংরক্ষণ বাঞ্ছনীয় নয়। এর ফলে পরস্পর অসংগতিসম্পন্ন রাসায়নিক পদার্থের অবস্থান পাশাপাশি হয়ে যেতে পারে, অথবা বৃহদাকার পাত্রগুলো শেলফের উপরের তাকে সংরক্ষিত হয়ে যেতে পারে। সংরক্ষণ বিন্যাস করতে হবে ঝুঁকির শ্রেণি হিসেবে এবং বৃহদাকার পাত্রগুলো যেন শেলফের নিচে অবস্থান পায়।

  রাসায়নিক দ্রব্য সংরক্ষণের বেলায়, দ্রব্যের মধ্যে সংগতি রক্ষার জন্য সব সময় **'বস্তু নিরাপত্তা ডাটা শিট'** (Material Safety Data Sheet) বা MSDS অনুসারে নির্দেশনা মেনে চলতে হবে। এ MSDS-এ বিভিন্ন রাসায়নিক বস্তুর নাম, এদের সতর্ক ব্যবহার, সম্ভাব্য ঝুঁকি ও নিরাপত্তা সতর্কতা উল্লেখ থাকে; [সারণি ১.২]
- 1 লিটারের অধিক দাহ্য দ্রাবকের পাত্রগুলোকে যথাযথ সংরক্ষণ ক্যাবিনেটে রাখতে হবে। দাহ্য এবং জারক পদার্থগুলোকে পৃথকভাবে সংরক্ষণ করতে হবে।
- অদাহ্য এবং বিকারকের পাত্রগুলো পৃথক কেবিনেটে অথবা এজন্য নির্মিত শেলফে সংরক্ষণ করতে হবে। তীব্র এসিড এবং ক্ষারকে পৃথকভাবে শেলফের নিচের তাঁকে সংরক্ষণ করতে হবে।
- ওপরের শেলফের রাসায়নিক পদার্থের সংরক্ষণ ও ব্যবহারে যথোপযুক্ত মই ব্যবহার করতে হবে।
- মেঝেতে কাচের পাত্রে সংরক্ষিত রাসায়নিক পদার্থকে রাখা কোনোভাবেই উচিত নয়।
- বেঞ্চের উপরে অথবা ফিউম হুডে রাসায়নিক দ্রব্য রাখা বাঞ্ছনীয় নয়।
- উচ্চ বিষাক্ত পদার্থকে বিশেষভাবে নির্মিত বিষ ক্যাবিনেটে তালাবদ্ধ অবস্থায় সংরক্ষণ করতে হবে।
- রাসায়নিক পদার্থ সংরক্ষণের স্থানে কোনো ধরনের অসংগতিপূর্ণ পরিবেশ সৃষ্টির প্রতি (গন্ধ, তাপোৎপাদন, মেঝেতে তরল পদার্থের নির্গমন) সজাগ দৃষ্টি রাখতে হবে।
- বিস্ফোরক নিরোধক রেফ্রিজেরেটরে রক্ষিত রাসায়নিক পদার্থগুলোকে যথাযথভাবে লেবেল দিয়ে রাখতে হবে।
- যেসব গ্যাস সিলিন্ডার ব্যবহৃত হচ্ছে, কেবলমাত্র সেগুলোকে শেকলবন্ধী করে যথাস্থানে রাখতে হবে। খালি বা অব্যবহৃত সিলিন্ডারগুলোকে গ্যাস সিলিন্ডার সংরক্ষণাগারে পাঠিয়ে দিতে হবে।
- তাপ এবং প্রত্যক্ষ সূর্যালোকের প্রভাব থেকে দাহ্য তরল পদার্থসমূহকে সংরক্ষণ করতে হবে।

১.৮.২ রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহারে সতর্কতা
Cautious use of Chemicals

ল্যাবরেটরিতে কাজ করার সময় শিক্ষক, গবেষক, ল্যাব-কর্মকর্তা কর্মচারীদের প্রতিনিয়তই রাসায়নিক দ্রব্যের সংস্পর্শে আসতে হয়। রাসায়নিক দ্রব্যের অসতর্কতামূলক ব্যবহারে দুর্ঘটনা ঘটতে পারে। তাই, সংশ্লিষ্ট সবাইকে রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহারে সতর্কতামূলক ব্যবস্থা গ্রহণ করা উচিত। **রসায়নাগারে রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহারে সাধারণভাবে অনুসৃত নীতিমালা নিম্নরূপ :**

১। কোনো রাসায়নিক দ্রব্য হাত দিয়ে স্পর্শ করা, গন্ধ নেয়া কিংবা স্বাদ গ্রহণ করা যাবে না।

২। ল্যাবরেটরিতে রাসায়নিক দ্রব্য নিয়ে কাজ করার সময় হাত না ধুয়ে, ময়লা হাতে চোখ, মুখ কিংবা ঠোঁট স্পর্শ করা ঠিক নয়।

৩। রাসায়নিক পদার্থকে দেহ থেকে কিছুটা দূরে রেখে কাজ করতে হবে। ব্যবহারের আগে বোতল বা পাত্রের গায়ে প্রদত্ত লেবেল দেখে রাসায়নিক দ্রব্যের সঠিক ঘনমাত্রা ও পরিমাণ ব্যবহার করতে হবে।

৪। শিক্ষার্থীর নিজস্ব স্পেচুলা দিয়ে বোতল থেকে কঠিন রাসায়নিক পদার্থ অপসারণ করা যাবে না। এজন্য অত্যন্ত বিশুদ্ধ বিকারকের জন্য বিশেষভাবে ব্যবহৃত স্পেচুলা ব্যবহার করা উচিত।

৫। অব্যবহৃত বিশুদ্ধ রাসায়নিক পদার্থ কোনোমতেই মূল পাত্রে ফেরত রাখা যাবে না। যথাযথ 'বর্জ্য পাত্রে' অব্যবহৃত রাসায়নিক দ্রব্য ফেলতে হবে।

৬। ব্যয়বহুল রাসায়নিক পদার্থের অপব্যবহার হলো অপচয় এবং পরিবেশের জন্য ক্ষতিকর। সুতরাং প্রয়োজনের বেশি রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহার করা যাবে না।

৭। নির্দিষ্ট বিকারক বোতলগুলোকে নির্দিষ্ট ডেস্কে রাখতে হবে। এদেরকে নিজস্ব ডেস্কে নিয়ে যাওয়া বাঞ্ছনীয় নয়।

৮। বিকারক বোতলকে গলায় না ধরে মাঝখানে ধরতে হবে। বিকারক দ্রবণ নেয়ার সময় বিকারক যাতে বোতলের গা বেয়ে গড়িয়ে না পড়ে সেদিকে নজর রাখতে হবে।

৯। ক্ষয়কারী গাঢ় এসিডকে লঘু করতে হলে 'পানিতে ধীরে ধীরে এসিড যোগ' করতে হবে। কখনো এসিডে পানি যোগ করা যাবে না। একই সাথে তাপের উদ্গীরণজনিত সমস্যা পরিহার করতে দ্রবণকে আলোড়ন করতে হবে।

১০। মুখ দিয়ে পিপেটের মাধ্যমে তরল রাসায়নিক স্থানান্তর গ্রহণযোগ্য নয়। সব সময় রবারের পিপেট ফিলার ব্যবহার করতে হবে; যদি তা ল্যাবরেটরিতে পাওয়া যায়।

১১। লেবেলকৃত পাত্রে রাসায়নিক দ্রব্য সংরক্ষণ করতে হবে। এজন্য অমোচনীয় মার্কার ব্যবহার করতে হবে। পুনর্ব্যবহারের ক্ষেত্রে সামান্য অ্যাসিটোন দিয়ে মার্কারে লেখা ধৌত করা যাবে।

১২। পরীক্ষণে বিষাক্ত গ্যাস উদ্গীরণের সম্ভাবনা থাকলে সেটি ফিউম হুডে সম্পন্ন করতে হবে।

১৩। ল্যাবরেটরিতে দাহ্য তরল নিয়ে কাজ করার সময় নিকটে উন্মুক্ত শিখা রাখা যাবে না।

১৪। ল্যাবরেটরিতে ব্যবহৃত অ্যালকোহলকে রাসায়নিকভাবে পানের অযোগ্য (denatured) করা হয়। এটা কোনোভাবেই পান করা যাবে না।

১৫। ওয়াশ বোতলকে কেবলমাত্র পাতিত পানি দ্বারা পূর্ণ করতে হবে। শুধু প্রমাণ দ্রবণ তৈরির সময় অথবা কাচ সামগ্রীর সর্বশেষ ধৌত করার সময় এ পানি ব্যবহার করা বাঞ্ছনীয়। পানিগাহে বা Water bath অথবা বিকারে পানি ফুটানোর জন্য এ পানি ব্যবহার করা উচিত নয়।

১.৮.৩ ক্ষতিকর বিষাক্ত বিকারকের পরিবর্তে বিকল্প উপাদান ব্যবহার

To Use Alternate Chemicals for Poisonous Reagents

বর্তমানে বিভিন্ন আধুনিক ল্যাবরেটরিতে সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণ পদ্ধতি পরিবেশ বান্ধব হিসেবে ব্যবহৃত হয়। এ পদ্ধতিতে ব্যবহৃত বিকারকের পরিমাণ খুবই কম থাকে। তাই এসব বর্জ্য বিকারক পানি বা মাটির পরিবেশের বিশেষ ক্ষতি করতে পারে না। এ পদ্ধতিতে বিক্রিয়কের ক্ষেত্রে স্বল্প পরিমাণের ব্যবহার নিশ্চিত করা হয়। এ ছাড়া বিষাক্ত বিকারকের ব্যবহারের পরিবর্তে এদের বিকল্প উপাদান ব্যবহার করা যায়। এক্ষেত্রে বিক্রিয়ার ফলাফলে বিরূপ প্রভাব সৃষ্টি করে না এবং বর্জ্যের পরিমাণও হ্রাস পায়। যেমন–

পরিবেশের ক্ষতিকর বিষাক্ত বিকারক	বিকল্প বিকারক বা উপাদান
১। ক্লোরোফরম ($CHCl_3$)	১। হেক্সেন (C_6H_{14})
২। কার্বন টেট্রাক্লোরাইড (CCl_4)	২। হেপ্টেন (C_6H_{14})
৩। বেনজিন (C_6H_6)	৩। টলুইন ($C_6H_5–CH_3$)
৪। জাইলিন [$C_6H_4(CH_3)_2$]	৪। টলুইন ($C_6H_5–CH_3$)
৫। বিউটানল -2 ($\overset{1}{C}H_3—\underset{OH}{\overset{2}{C}H}—\overset{3}{C}H_2—\overset{4}{C}H$)	৫। বিউটানল-1 ($\overset{4}{C}H_3–\overset{3}{C}H_2–\overset{2}{C}H_2–\overset{1}{C}H_2OH$)
৬। লেড ক্রোমেট ($PbCrO_4$)	৬। পটাসিয়াম কার্বনেট (K_2CO_3)
৭। পটাসিয়াম ধাতু (K)	৭। ক্যালসিয়াম ধাতু (Ca)

১.৯ ব্যবহৃত রাসায়নিক দ্রব্যের নিরাপদ সংরক্ষণ ও বর্জ্য অপসারণ
Safe Storage of used up chemicals & Waste disposal

(ক) ব্যবহৃত রাসায়নিক দ্রব্যের সংরক্ষণ : পরীক্ষাগারে কোনো পরীক্ষা শেষ হয়ে গেলে পরবর্তী পদক্ষেপ হলো কাজের ডেস্ক পরিষ্কার করা, অব্যবহৃত রাসায়নিক দ্রব্যসমূহকে সঠিক স্থানে সঠিক নিয়মে রাখা এবং বর্জ্য পদার্থকে 'বর্জ্য-পাত্রে' সংরক্ষণ করা। যদি তা না করা হয়; এতে অনেক বিপদ ঘটতে পারে। ধরা যাক,

কোনো ছাত্র-ছাত্রী জৈব যৌগের মৌলের শনাক্তকরণের সময় সোডিয়াম ধাতু নিয়ে কাজ করে এক টুকরা সোডিয়াম ডেস্কের ওপর ফেলে রেখে গেল। এখন পরীক্ষাগার সহকারী ডেস্ক পরিষ্কার করতে এসে যদি ঐ Na টুকরা পানির সিঙ্কে ফেলে, তাহলে সাথে সাথে বিস্ফোরণসহ আগুন ধরে যাবে। তাই ঐ ছাত্রকে বা ছাত্রীকে অব্যবহৃত Na টুকরা কেরোসিনযুক্ত পাত্রে রাখতে হবে নতুবা মিথানলের সাথে বিক্রিয়া ঘটিয়ে নিঃশেষ করতে হবে।

অনুরূপভাবে ব্যুরেটে NaOH দ্রবণ নিয়ে কাজ করার পর অবশিষ্ট NaOH দ্রবণ ব্যুরেট থেকে বিকারে করে নিয়ে NaOH দ্রবণের মেজারিং ফ্লাস্কে সংরক্ষণ করতে হবে। পরে ব্যুরেট ও বিকার ধুয়ে নিতে হবে। ব্যুরেটটিকে পানি দিয়ে ভালোভাবে ধুয়ে পরিষ্কার না করলে ব্যুরেটের স্টপকক আটকে যাবে। তাই কাজ শেষে প্রতিটি রাসায়নিক পদার্থের প্রকৃতি অনুযায়ী সঠিক ব্যবস্থায় যথাস্থানে রাখতে হবে নতুবা ধ্বংস করতে হবে।

(খ) পরীক্ষাগারে বর্জ্য পদার্থ অপসারণ ব্যবস্থাপনায় নিম্নোক্ত নিয়ম মানা প্রয়োজন :

(১) কঠিন পরিত্যক্ত পদার্থকে সরিয়ে যথার্থ বর্জ্য-পাত্রে (waste container) সঠিকভাবে রাখতে হবে। এ কাজটি যত তাড়াতাড়ি সম্ভব করতে হবে; নতুবা অনেক যৌগ পানি/জলীয় বাষ্প শোষণ করে দাগের সৃষ্টি করে নতুবা যন্ত্রে আটকে যায়।

(২) পরিত্যক্ত এসিডকে প্রশমিত করতে হবে। এ জন্য Na_2CO_3 অথবা চুনের গুঁড়া ব্যবহার করা যেতে পারে। ক্ষারকের ক্ষেত্রে $NaHSO_4$ ব্যবহার করা যায়।

(৩) Na ধাতু নষ্ট করতে হলে বিউটানল, মিথানল, ইথানল ব্যবহার করা যেতে পারে।

(৪) অব্যবহৃত/পরিত্যক্ত দ্রাবককে বর্জ্য-পাত্রে মুখ বন্ধ করে সংরক্ষণ করতে হবে, ড্রেনে ফেলা উচিত নয়।

(৫) অব্যবহৃত $LiAlH_4$ কে বিনষ্ট করতে জলীয় Na_2SO_4 বা $MgSO_4$ দ্রবণ ব্যবহার করা যায়।

(৬) ব্যবহৃত দ্রব্য পরিষ্কার করতে টিস্যু কাগজ বা কাপড়ের তোয়ালে ব্যবহার করা যায়।

(৭) নিরাপদ রাসায়নিক পদার্থসমূহে অতিরিক্ত পানি মিশিয়ে ধুয়ে ড্রেনে ফেলা যেতে পারে। এ রাসায়নিক দ্রব্য মিশ্রিত ড্রেনের পানিকে ল্যাবরেটরির বাইরে থাকা নির্দিষ্ট সংরক্ষিত গর্তে ফেলতে হবে; ড্রেনের পানি পুকুরে, বিলে-ঝিলে ও নদীতে নিষ্কাশন করা যাবে না। এতে জলজ উদ্ভিদ ও প্রাণীর ক্ষতি হবে।

(৮) বুনসেন বার্নারের গ্যাস সাপ্লাই সঠিকভাবে বন্ধ রাখতে হবে।

(৯) সর্বোপরি মনে রাখতে হবে যে, যে কোনো দুর্ঘটনা এড়াবার জন্য সর্বদা পরিষ্কার-পরিচ্ছন্ন পরীক্ষাগার, কাজের পরিবেশ সৃষ্টিতে সহায়ক হবে।

১.১০ পরিবেশের ওপর ল্যাবরেটরিতে ব্যবহৃত দ্রব্যের প্রভাব
Effect of Lab Waste on Environment

'পরিবেশ' বলতে প্রত্যেক জীবের চারপাশের সজীব ও নির্জীব উপাদানসমূহের সমাবেশকে বোঝায়। বর্জ্য রাসায়নিক দ্রব্যসমূহ পরিবেশের ওপর কম বেশি প্রত্যক্ষ ও পরোক্ষভাবে প্রভাব সৃষ্টি করে। কেমিস্ট্রি ল্যাবরেটরিতে প্রতিদিন ব্যবহৃত কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় বিভিন্ন গুণসম্পন্ন রাসায়নিক পদার্থ বর্জ্যরূপে পরিবেশে সহজে মিশে যায়। মাত্রাতিরিক্ত এ সব ক্ষতিকর বর্জ্য পদার্থ মাটি, পানি ও বায়ুমণ্ডলের মারাত্মক দূষণ ঘটায়।

ল্যাবরেটরিতে অধিক ব্যবহৃত ও পরিবেশের ক্ষতিকর রাসায়নিক দ্রব্যসমূহ হলো :

(ক) অজৈব এসিড যেমন, হাইড্রোক্লোরিক এসিড (HCl), নাইট্রিক এসিড (HNO_3), সালফিউরিক এসিড (H_2SO_4) ইত্যাদি।

(খ) অজৈব ক্ষার যেমন, কস্টিক সোডা (NaOH), কস্টিক পটাস (KOH), লিকার অ্যামোনিয়া (30-40% NH_3 দ্রবণ), সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3)।

(গ) ধাতব লবণসমূহ যেমন, লেড (Pb), মারকারি (Hg), সিলভার (Ag), অ্যান্টিমনি (Sb), টিন (Sn), আয়রন (Fe), অ্যালুমিনিয়াম (Al), ক্রোমিয়াম (Cr), জিংক (Zn), কোবাল্ট (Co), নিকেল (Ni), ম্যাঙ্গানিজ (Mn), ক্যালসিয়াম (CaO), বেরিয়াম (Ba), স্ট্রনসিয়াম (Sr), সোডিয়াম (Na), পটাসিয়াম (K), ম্যাগনেসিয়াম (Mg), ইত্যাদি ধাতুর বিভিন্ন হ্যালাইড, নাইট্রেট, সালফেট, কার্বনেট ও ফসফেট লবণ।

(ঘ) জৈব দ্রাবক ও বিকারক যেমন, মিথানল, ইথানল, অ্যাসিটোন, ক্লোরোফরম, ক্লোরোবেনজিন, টলুইন, জাইলিন, অ্যানিলিন ইত্যাদি। ল্যাবরেটরিতে বিভিন্ন পরীক্ষা কাজে ব্যবহৃত এসব রাসায়নিক বর্জ্য পদার্থ বায়ুতে, পানিতে ও মাটিতে মিশে পরিবেশের মারাত্মক ক্ষতি করে। যেমন-

(১) ল্যাবরেটরিতে ব্যবহৃত অতিরিক্ত এসিড (HCl বা, HNO_3 বা, H_2SO_4) অথবা অতিরিক্ত ক্ষার (NaOH বা, KOH) বর্জ্যরূপে ড্রেনের পানির সাথে নিকটস্থ বিভিন্ন জলাশয়ে ও মাটিতে মিশে যায়। তখন ঐ পানি বা মাটির অম্লত্ব বা ক্ষারকত্বের অর্থাৎ pH মানের মারাত্মক হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে। মাটির অনুকূল pH 7.0-8.0 থেকে খুব বেশি হ্রাস বা বৃদ্ধি ঘটলে মাটির অণুজীব ধ্বংস এবং উর্বরতা নষ্ট হয়। জলাশয়ে পানির pH এর মান 3 এর নিচে হলে জলজ উদ্ভিদ ও মাছ মারা যায়।

(২) ভারী ধাতুর আয়ন যেমন Pb^{2+}, Hg^{2+}, Cd^{2+}, Cr^{3+} আয়ন দ্বারা দূষিত পানি থেকে এসব আয়ন মাছের দেহে এবং দূষিত মাটি থেকে উদ্ভিদ দেহে শোষিত হয়। পরে খাদ্যশৃঙ্খলের মাধ্যমে এসব ভারী ধাতুর আয়ন মানব দেহের চর্বিতে শোষিত হয়ে মারাত্মক রোগ যেমন স্নায়ুতন্ত্র, কিডনী ও প্রজননতন্ত্রে বিভিন্ন রোগ ও ক্যানসার সৃষ্টি করে।

(৩) অনেক উদ্বায়ী জৈব যৌগের বাষ্প বায়ুতে মিশে যায়। এছাড়া রসায়ন পরীক্ষাগারে বিভিন্ন বিক্রিয়ায় উৎপন্ন গ্যাসসমূহ যেমন CO_2, NO_2, SO_2 ও HCl(g) ইত্যাদি অম্লধর্মী গ্যাস বায়ুতে মিশে বায়ুদূষণ ঘটায়। বায়ুদূষণের ফলে শ্বাসযন্ত্রে বিভিন্ন রোগ সৃষ্টি হয়।

১.১০.১ পরিবেশ ও স্বাস্থ্যের ওপর ল্যাবরেটরিতে ব্যবহৃত রাসায়নিক দ্রব্যের প্রভাব

রাসায়নিক ল্যাবরেটরিতে বিভিন্ন প্রকার এসিড, শক্তিশালী ক্ষার, স্বাস্থ্যের জন্য ক্ষতিকর বিভিন্ন ধাতুর লবণ, বিভিন্ন জৈব দ্রাবক ব্যবহৃত হয়।

ল্যাবরেটরিতে এগুলোর অতিরিক্ত ব্যবহারের ফলে তা কোনো না কোনোভাবে পরিবেশে ছড়িয়ে পড়ে এবং উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহে প্রবেশ করে। এর ক্ষতিকর প্রভাব দীর্ঘ মেয়াদি। ল্যাবরেটরিতে এদের অতিরিক্ত ব্যবহার সম্পর্কে সচেতন হওয়া প্রয়োজন। ভারী ধাতুর আয়ন Pb^{2+}, Hg^{2+}, Cd^{2+} প্রাণিদেহে প্রবেশ করলে প্রাণিদেহের এনজাইমের কার্যক্ষমতা বিনষ্ট হয় এবং সাথে সাথে শরীরে বিষক্রিয়া ঘটে। বিভিন্ন ভারী শিল্প কারখানা যেমন-চামড়া শিল্প, ডাইং শিল্প, কাগজ, রেয়ন, সার ইত্যাদি শিল্পক্ষেত্রের ল্যাবরেটরিতে পরিবেশের উপর মারাত্মক ক্ষতিকর উপাদানের ব্যবহার হয়ে থাকে। এসব রাসায়নিক দ্রব্যের অতিরিক্ত ব্যবহার পরিবেশের জন্য যে কতটা ক্ষতিকারক তা কল্পনা করা যায় না। এসব রাসায়নিক দ্রব্যের ব্যবহার খুবই স্বল্পমাত্রায় এবং নিয়ন্ত্রণের মধ্যে রাখা উচিত। তাই এসব শিল্প কারখানা স্থাপনের পূর্বে পরিবেশ অধিদপ্তর থেকে পূর্ব অনুমতি নেওয়ার প্রয়োজন হয়।

পরিবেশ ও স্বাস্থ্যের ওপর ল্যাবরেটরিতে ব্যবহৃত রাসায়নিক দ্রব্যের প্রভাব :

রাসায়নিক দ্রব্য	স্বাস্থ্যের প্রতি-প্রতিক্রিয়া	পরিবেশের উপর প্রতিক্রিয়া
১। হাইড্রোক্লোরিক এসিড (HCl)	HCl গ্যাস হিসেবে মারাত্মক বিষাক্ত এবং এসিড হিসেবে ক্ষয়কারী। মুখ, গলা, শ্বাসনালীতে প্রদাহের সৃষ্টি করে। HCl হিসেবে বেশি গ্রহণ করলে মৃত্যু পর্যন্ত হতে পারে।	HCl এসিড একটি সবল এসিড। এটি পানিতে পূর্ণভাবে আয়নিত হয়ে পানির pH মান দ্রুত হ্রাস করে। ফলে জলজ উদ্ভিদ ও প্রাণীর ইকোসিস্টেমের মারাত্মক ক্ষতি করে।
২। সালফিউরিক এসিড (H_2SO_4)	এটি একটি মারাত্মক ক্ষয়কারী, তীব্র জারক ও তীব্র-নিরুদক হওয়ায় চোখ, মুখ, শ্বাসনালীতে সংক্রমণ ও ত্বকের প্রদাহ সৃষ্টি করে। এমনকি ফুসফুসও আক্রান্ত হয়।	এটি পানিতে মিশলে পানির pH মানের দ্রুত হ্রাস ঘটে। জলজ প্রাণী ও উদ্ভিদের ইকোসিস্টেমের বিপর্যয় ঘটে। মাটিতে মিশে মাটির pH হ্রাস করে। মাটির অণুজীবকে ধ্বংস করে। ফলে ঐ মাটিতে আর উদ্ভিদ জন্মাতে পারে না।
৩। নাইট্রিক এসিড (HNO_3)	মারাত্মক ক্ষয়কারী ও তীব্র জারক হওয়ায় ত্বকের প্রদাহ, চোখ-মুখ জ্বালাপোড়া করে। HNO_3 এর মধ্যে যুক্ত NO_2 গ্যাস তীব্র শ্বাস কষ্ট সৃষ্টি করে থাকে; এমনকি মৃত্যুও হতে পারে।	এটি পানিতে মিশে পানির pH মানের হ্রাস ঘটায়। মাছ ও অন্যান্য জলজ প্রাণীদের ডিম পাড়া এবং বংশ বিস্তারে বিঘ্ন ঘটে। ক্ষয়কারী হওয়ায় মাটিতে মিশে মাটির খনিজ উপাদানকে ধ্বংস করে থাকে।
৪। কস্টিক সোডা (NaOH)	এটি একটি ক্ষয়কারী রাসায়নিক উপাদান। মাত্র 10% (W/V) কস্টিক সোডার জলীয় দ্রবণ 30 সেকেন্ডের মধ্যে চোখকে অন্ধ করে দিতে পারে। কোনোভাবে মুখে প্রবেশ করলে গলা, শ্বাসনালী, পাকস্থলীর মারাত্মক সংক্রমণ ঘটে।	এটি পানিতে মিশে পানির দূষণ ঘটায়।
৫। অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড (NH_4OH) লিকার অ্যামোনিয়া 35–40% NH_3 এর সম্পৃক্ত দ্রবণ	তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধ যুক্ত গ্যাস শ্বাসের সাথে প্রবেশ করে। মারাত্মক শ্বাসকষ্ট, গলা ও শ্বাসনালীতে ক্ষতের সৃষ্টি করে। চোখ জ্বালা পোড়া করে এবং মুহূর্তের মধ্যে চোখ রক্তবর্ণ ধারণ করে।	এটি পানিতে দ্রবীভূত হয়ে বিরূপ প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করে। মাছসহ অন্যান্য জলজ প্রাণীদের মুহূর্তের মধ্যে মৃত্যু ঘটে। অ্যামোনিয়া দ্রবীভূত পানি পান করলে পশুরও মৃত্যু ঘটে। NH_3 গ্যাস হিসেবে বায়ুতে মিশে গেলে গাছপালা ঝলসে যায়, পাখিরা মরে যায়, মানুষ শ্বাস কষ্টে ভোগে, এমনকি মৃত্যুও হতে পারে।
৬। সোডিয়াম বাই কার্বনেট ($NaHCO_3$) সোডিয়াম কার্বনেট Na_2CO_3	সূক্ষ্মভাবে শ্বাসের সাথে শরীরে প্রবেশ করলে শ্বাসনালী আক্রান্ত হয়। ত্বক বা চোখে-মুখে পড়লে ক্ষতের সৃষ্টি হয়।	এটি পানিতে মিশে পানির pH মানের বৃদ্ধি ঘটায়। মাটিতে মিশে অণুজীবকে ধ্বংস করে। মাটির খনিজ উপাদানের বিয়োজনে বাধার সৃষ্টি করে থাকে।

রাসায়নিক দ্রব্য	স্বাস্থ্যের প্রতি-প্রতিক্রিয়া	পরিবেশের উপর প্রতিক্রিয়া
৭। পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$)	এটি একটি তীব্র ক্ষয়কারক, জারক ও বিষাক্ত উপাদান। শরীরের ত্বকের সংস্পর্শে ক্ষতের সৃষ্টি করে। পেটে গেলে ডায়রিয়া হওয়ার সম্ভাবনা শতভাগ। এর প্রভাবে কিডনি সম্পূর্ণভাবে নষ্ট হয়।	এটি পানিতে দ্রবীভূত অবস্থায় পানির দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণকে মারাত্মকভাবে হ্রাস করে। ফলে মাছসহ অন্যান্য জলজ প্রাণীর বেঁচে থাকা কষ্টকর হয়। মাটির উর্বরা শক্তির হ্রাস ঘটে এবং মাটির অণুজীবকে ধ্বংস করে।
৮। পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$)	এটি একটি তীব্র ক্ষয়কারক, জারক ও বিষাক্ত উপাদান। ত্বকের সংস্পর্শে ক্ষতের সৃষ্টি করে। পেটে গেলে ডায়রিয়া হওয়ার সম্ভাবনা থাকে।	এটি পানিতে দ্রবীভূত অবস্থায় পানির দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণকে হ্রাস করে। ফলে মাছসহ অন্যান্য জলজ প্রাণীর বেঁচে থাকা কষ্টকর হয়। মাটির উর্বরা শক্তির হ্রাস ঘটে এবং মাটির অণুজীবকে ধ্বংস করে।
৯। পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড ($K_4[Fe(CN)_6]$)	এটি শ্বাসের মাধ্যমে শরীরে প্রবেশ করলে গলা, শ্বাসনালী ও ফুসফুসের মারাত্মক ক্ষতি হয়। শরীরের ত্বক ও চোখে মুখে পড়লে ক্ষতের সৃষ্টি হতে পারে। পাকস্থলীতে প্রবেশ করলে পেটে ব্যথা, বমি ও ডায়রিয়া পর্যন্ত হতে পারে।	এটি পানি ও মাটি উভয়কেই মারাত্মকভাবে দূষিত করে।
১০। পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI)	এটি ত্বকের মারাত্মক ক্ষতি করে। শরীরে প্রবেশ করলে রক্তশূন্যতা, ওজন কমে যাওয়া অবসাদ প্রবণতার সৃষ্টি হয়।	এটি পানিতে মিশলে পানি বিষাক্ত হয়। মাটির উর্বরতা শক্তি কমে যায়। জৈব উপাদানের পচন রোধ কমে যায়।
১১। হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড (H_2O_2)	এটি একটি বিষাক্ত, তীব্র জারণধর্মী, স্বাস্থ্য ঝুঁকি ও পরিবেশ ঝুঁকির রাসায়নিক উপাদান। এটি ত্বকের মারাত্মক ক্ষতি করে থাকে।	এটি পরিবেশের ক্ষতি করে এরূপ রাসায়নিক উপাদানের অন্যতমের মধ্যে এটি অন্তর্ভুক্ত।
১২। ক্লোরোফরম ($CHCl_3$)	এটি প্রাণিদেহের কেন্দ্রীয় স্নায়ুতন্ত্রের মারাত্মক ক্ষতি করে। শ্বাস-প্রশ্বাসের ক্ষেত্রে শ্বাসনালী ও ফুসফুসের মারাত্মক ক্ষতি করে। বেশি পরিমাণে ফুসফুসে প্রবেশ করলে মৃত্যু অনিবার্য।	এটি পানিতে দ্রবীভূত হয়ে পানিতে উপস্থিত সূক্ষ্ম অণুজীব ধ্বংস করে ফলে DO, BOD ও COD এর ভারসাম্য বিনষ্ট হয়।
১৩। প্রোপানোন ($CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$)	এটি উদ্বায়ী হওয়ায় অতি সহজে শ্বাস-প্রশ্বাসের সাথে শরীরে প্রবেশ করে থাকে। এর প্রভাবে মাথা ব্যথা, বমি বমি ভাব, অবসাদগ্রস্ততা হতে পারে। ত্বকের উপর পড়লে ত্বকের ক্ষতি হয়।	এটি পানিতে মিশে পানির দ্রবীভূত অক্সিজেনের মারাত্মকভাবে হ্রাস ঘটায়। জলজ প্রাণীর উপর এর পার্শ্ব প্রতিক্রিয়া পরিলক্ষিত হয়।
১৪। সাবান ও ডিটারজেন্ট	উভয় যৌগ জৈব দূষক। অধিক ব্যবহারে দেহের ত্বকের ক্ষতি করে।	এদেরকে সরাসরি পরিবেশে ফেলা যাবে না। এরা মারাত্মকভাবে পরিবেশের বিপর্যয় ঘটায়।

চিন্তা কর :

(১) পরিবেশের ওপর ল্যাবরেটরিতে রাসায়নিক দ্রব্যের অতিরিক্ত ব্যবহারের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারবে।

টিপস্ : নিচের রাসায়নিক পদার্থগুলোর বিষাক্ততা হ্রাসের জন্য প্রচুর পানি যোগ করে পরিত্যাগ করবে। সকল তীব্র এসিড/ক্ষার, অ্যালকোহল, হাইপোক্লোরাইট, সিলিকা ও অ্যালুমিনার চূর্ণ, Na_2SO_4, P_2O_5, $MgSO_4$, $CaCl_2$

১.১১ রাসায়নিক দ্রব্যের পরিমিত ব্যবহারের গুরুত্ব
Importance of Minimum use of Chemicals

রাসায়নিক ল্যাবরেটরিতে থেকে নির্গত বর্জ্য পরিবেশের মারাত্মক দূষণ ঘটায়। তাই প্রত্যেক শিক্ষার্থী ল্যাবরেটরিতে রাসায়নিক বস্তু ব্যবহারে অত্যধিক সতর্ক থাকতে হবে। ন্যূনতম পরিমাণ বিকারক ব্যবহার করে পরীক্ষা কাজ সম্পন্ন করতে হবে।

রাসায়নিক বস্তুর পরিমিত ব্যবহারে শিক্ষার্থীদের ল্যাবরেটরিতে বিভিন্ন কার্যক্রমে নিম্নোক্ত বিষয় অনুসরণ করা উচিত।

(১) পরীক্ষাকালীন টেস্টটিউবে রাসায়নিক বিকারক খুব কম ব্যবহার করতে হবে। বিক্রিয়াগুলো সচেতনভাবে পর্যবেক্ষণ করতে হবে।

(২) পরিবেশের ক্ষতিকর রাসায়নিক পদার্থ ও জৈব দ্রাবক পদার্থ ব্যবহারে শিক্ষার্থীদের মিতব্যয়ী হতে হবে।

(৩) পাতিত পানি বা ডিস্টিল ওয়াটার ব্যবহার যথাসম্ভব কম করতে হবে।

(৪) বুনসেন বার্নারে গ্যাস ব্যবহার ও বিদ্যুতের ব্যবহারে সচেতন থাকতে হবে।

(৫) শিক্ষার্থীরা গ্রুপ করে কাজ করলে রাসায়নিক পদার্থের সাশ্রয় হবে।

(৬) শিক্ষার্থীদের প্রয়োজনীয় রাসায়নিক পদার্থ পূর্ব থেকেই ওজন করে রাখতে হবে। এতে অপচয় কম হবে এবং শিক্ষার্থীদের ল্যাব-সময় অধিকতর কার্যকর হবে।

(৭) শিক্ষার্থীদের জন্য ব্যবহারিক কার্যক্রম এমনভাবে প্রণয়ন করতে হবে যেন রাসায়নিক বস্তুর ব্যবহার সর্বনিম্ন থাকে। বর্তমানে স্কুল ও কলেজে কেমিস্ট্রি ল্যাবসমূহে অনুসৃত ম্যাক্রো বিশ্লেষণ পদ্ধতির পরিবর্তে সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণ পদ্ধতি অনুসরণ করা হলে লাবরেটরি বর্জ্য রাসায়নিক দূষণ মাত্রার হ্রাস ঘটবে। অর্থাৎ ল্যাবরেটরিতে উন্নত ব্যবহারিক কার্যক্রমে পরিবেশের ক্ষতিকর রাসায়নিক পদার্থের ব্যবহার হ্রাস করতে হবে।

তাই ল্যাবরেটরিতে এসব রাসায়নিক পদার্থের ব্যবহার পরিমিতভাবে করা উচিত। ফলে ল্যাবরেটরির রাসায়নিক পদার্থের অপচয়ও কমবে, অর্থ খরচ কমবে ও প্রকৃতির ভারসাম্য বজায় থাকবে।

চিন্তা কর :

(১) পরিবেশ রক্ষায় রাসায়নিক বর্জ্য বিশোধন অপেক্ষা রাায়নিক বর্জ্যের হ্রাসকরণ উত্তম। এর ব্যাখ্যা কর। (চ.বো.১৫)

(২) ল্যাবরেটরিতে রাসায়নিক দ্রব্য যথাসম্ভব কম ব্যবহার করা উত্তম কেন?

১.১২ সেমিমাইক্রো ও মাইক্রো অ্যানালিটিক্যাল পদ্ধতি
Semi-micro analytical & Micro Analytical Methods

অজৈব ও জৈব পদার্থের গুণগত বিশ্লেষণে নমুনার বিভিন্ন পরিমাণ ব্যবহার করে পরীক্ষা কাজ সম্পন্ন করা যায়। ব্যবহৃত নমুনার পরিমাণের ওপর ভিত্তি করে গুণগত বিশ্লেষণকে তিন শ্রেণিতে ভাগ করা হয় :

১. ম্যাক্রো বিশ্লেষণ (Macro analysis)

২. সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণ (Semi-micro analysis)

৩. মাইক্রো বিশ্লেষণ (Micro analysis)

MCQ-1.5 : কোন ল্যাবরেটরি বিকারকটি ক্ষয়কারক?

(ক) Na_2CO_3 (খ) H_2SO_4 (conc.)

(গ) NaCl (ঘ) $Na_2S_2O_3$

(১) **ম্যাক্রো বিশ্লেষণে** এক একটি পরীক্ষায় নমুনা পদার্থের প্রায় 0.5 g থেকে 2.0 g কঠিন পদার্থ 20–30 mL দ্রবণ তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। এতে দ্রবণসমূহের গড় আয়তন 25 mL থাকে। বর্তমানে আমাদের দেশে প্রায় সব উচ্চ মাধ্যমিক কলেজে এ পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়ে আসছে। এতে রাসায়নিক পদার্থের অপচয় ও পরিবেশে দূষণ ঘটছে।

(২) **সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণে** এক একটি পরীক্ষায় নমুনা পদার্থের প্রায় 50 mg থেকে 200 mg কঠিন পদার্থ ব্যবহৃত হয়। দ্রবণের পরিমাণ 2 mL—4 mL হয়।

(৩) **মাইক্রো বিশ্লেষণে** এক একটি পরীক্ষায় নমুনা পদার্থের পরিমাণ 5 mg থেকে 20 mg বা তার কমও হতে পারে। দ্রবণের আয়তন 0.2 mL থেকে 1.0 mL করা হয়।

এসব পদ্ধতিতে মৌলিক কোনো পার্থক্য নেই। প্রধানত ব্যবহৃত নমুনার পরিমাণে পার্থক্য থাকে। এ কারণে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতিতেও পার্থক্য থাকে। ব্যবহৃত নমুনা পদার্থের পরিমাণের ওপর ভিত্তি করে সেমি মাইক্রো পদ্ধতিকে **সেন্টি-গ্রাম বিশ্লেষণ পদ্ধতি** এবং মাইক্রো পদ্ধতিকে **মিলি-গ্রাম বিশ্লেষণ পদ্ধতিও** বলা হয়।

(ক) সেমি মাইক্রো বিশ্লেষণ : ম্যাক্রো ও সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে কিছু কিছু বিকল্প বিকারক ব্যবহৃত হয়। যেমন কপার লবণ ও জিংক লবণ-এর ক্ষারকীয় মূলক শনাক্তকরণে কিপ্‌যন্ত্র থেকে H_2S গ্যাস ব্যবহৃত হয় ম্যাক্রো পদ্ধতিতে। সেমি মাইক্রো পদ্ধতিতে কিপ্‌যন্ত্রে প্রস্তুত করা H_2S এর পরিবর্তে থায়োঅ্যাসিট্যামাইড (CH_3CSNH_2) ব্যবহৃত হয়। এটি দ্রবণের পানির সাথে বিক্রিয়া করে অল্প পরিমাণে H_2S উৎপন্ন করে।

সেমিমাইক্রো ও মাইক্রো পদ্ধতিতে খুব অল্প বস্তু ব্যবহৃত হয় বলে বিভিন্ন ভৌত প্রক্রিয়া যেমন পৃথকীকরণ, ধৌতকরণ প্রভৃতি দ্রুত সম্পন্ন হয়। এতে সময় কম লাগে। বিকারক কম ব্যবহৃত হওয়ায়, খরচও কম; এতে পরিবেশের ওপর প্রভাবও কম পড়ে। তবে এ সব পদ্ধতিতে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি দামি হয়; বিশেষত মাইক্রো পদ্ধতিতে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতির দাম বেশি। বর্তমানে বিভিন্ন দেশে জৈব, অজৈব ও সাধারণ ভৌত রসায়নে সেমিমাইক্রো পদ্ধতির প্রসার লাভ করছে।

সেমিমাইক্রো পদ্ধতি ব্যবহারের সুফল : (১) সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে কম পরিমাণ বিকারকসমূহ প্রয়োজন হয়। বিকারকসমূহের দাম খুব বেশি। সুতরাং এ পদ্ধতি ব্যবহারে শিক্ষা প্রতিষ্ঠানসমূহের অনেক টাকা সাশ্রয় হবে; যার ফলে অধিক সংখ্যক পিরিয়ডে ছাত্র-ছাত্রীদের ব্যবহারিক ক্লাস নেয়া সম্ভব হবে। (২) এছাড়া এ পদ্ধতিতে পরীক্ষণ কাজ কম সময়ে শেষ হয়। (৩) সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে বিকারক হিসেবে সরাসরি বিষাক্ত H_2S গ্যাস ব্যবহার না করে এর পরিবর্তে থায়ো অ্যাসিট্যামাইড (CH_3CSNH_2) পরীক্ষাধীন দ্রবণে ব্যবহৃত হয়। এটি গরম পানির সাথে বিক্রিয়া করে দ্রবণে H_2S উৎপন্ন করে; যার প্রায় সম্পূর্ণ অংশ দ্রবণে থেকে যায় বা বিক্রিয়া করে। ফলে আবহাওয়া H_2S দ্বারা দূষিত হয় না।

$$CH_3CSNH_2(aq) + H_2O(l) \xrightarrow{\Delta} CH_3CONH_2(aq) + H_2S\ (g)$$

এ বিক্রিয়াটি কক্ষতাপমাত্রায় ধীরে ধীরে সম্পন্ন হয়; তাই দ্রবণটিকে ব্যবহারের সময় উত্তপ্ত করতে হয়। এর ফলে কিপস্ যন্ত্রে তৈরি H_2S গ্যাসে ল্যাবরেটরিতে যে দুর্গন্ধ ছড়ায়; তা থেকে মুক্তি পাওয়া সম্ভব। এ সব কারণে বর্তমানে সকল উচ্চ মাধ্যমিক কলেজে সেমিমাইক্রো অ্যানালিটিক্যাল পদ্ধতিতে পরীক্ষণ কাজ সম্পাদনের সুপারিশ করা হচ্ছে।

(খ) মাইক্রো অ্যানালিটিক্যাল পদ্ধতি : মাইক্রো পদ্ধতি সবচেয়ে আধুনিক; তবে এতে বিশেষ ধরনের দামি যন্ত্রপাতি প্রয়োজন হয়। মাইক্রো পদ্ধতিতে ব্যবহৃত কাচ সামগ্রীর যথাযথ ডিজাইন করে রূপান্তর করা হয়। এর উদ্দেশ্য হলো, কম বর্জ্য, কম রাসায়নিক পদার্থের ব্যবহার ও কম দূষণ।

মাইক্রো পদ্ধতির যন্ত্রপাতি : মাইক্রো বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে ব্যবহৃত কাচ ও প্লাস্টিকের যন্ত্রপাতির মধ্যে মাইক্রো কনিকেল ফ্লাস্ক, মাইক্রো বিকার, মাইক্রো প্লাটিনাম ক্রুসিবল, মাইক্রো প্লাটিনাম স্পেচুলা, ইলেকট্রনিক ডিজিটাল ব্যালেন্স, ক্যাপিলারি গলনাঙ্ক নির্ণয় যন্ত্র ইত্যাদি রয়েছে।

এছাড়া মাইক্রো পদ্ধতিতে যৌগের পৃথকীকরণ, পরিমাণগত বিশ্লেষণ ও গাঠনিক কাঠামো নির্ণয়ে ব্যবহৃত উচ্চ ক্ষমতাসম্পন্ন যন্ত্রপাতি হলো :

(১) ক্রোমাটোগ্রাফিতে : HPLC (high performance liquid chromatography), GPLC (gel permeation liquid chromatography)

(২) স্পেকট্রোমেট্রিতে : IR, UV-Vis, NMR, Fluorescence, Mass Spectrum.

(৩) থার্মো অ্যানালাইসিসে : DSC (differential scanning calorimeter).

(৪) পারমাণবিক শোষণ বর্ণালিতে : AAS (atomic absorption spectroscopy)

(৫) X-ray-ব্যতিচার যন্ত্র : X-ray diffraction.

এসব উচ্চ ক্ষমতাসম্পন্ন যন্ত্রপাতিতে ম্যাক্রো পদ্ধতির তুলনায় ব্যবহৃত নমুনার পরিমাণ 10—100 ভাগ কম হয়। যেমন জৈব যৌগের গাঠনিক কাঠামো নির্ণয় পরীক্ষাসমূহ IR, NMR, UV-Vis ইত্যাদিতে 1 mL এর কম নমুনা ব্যবহৃত হয়। তবে এসব পদ্ধতিতে নমুনার ওজন ও আয়তন পরিমাপ দক্ষতার ওপর নির্ভর করে।

তাই বাংলাদেশের সব সাধারণ স্কুল-কলেজে এ পদ্ধতি অবলম্বন করা সম্ভব নয়। এ পদ্ধতি বিশ্ববিদ্যালয়ে উচ্চতর শ্রেণিতে ব্যবহৃত হয়।

MCQ-1.6 : সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে ব্যবহৃত নমুনার গ্রহণযোগ্যতা হলো :
(ক) 60 mg (খ) 160 mg
(গ) 200 mg (ঘ) 250 mg

১.১২.১ সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি
Apparatus Used in Semimicro Method

সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে নিম্নোক্ত যন্ত্রপাতি ও কৌশলসমূহ ব্যবহৃত হয় :

(১) সেমিমাইক্রো টেস্ট টিউব (Semi Micro test tube) : সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণের জন্য 4 সিসি আয়তনের (75 × 10 মিমি) বা 8 সিসি আয়তনের (100 × 12 মিমি) পাইরেক্স টেস্টটিউব ব্যবহার করা হয়।

(২) সেন্ট্রিফিউজ টিউব (Centrifuge tube) : কোনো অধঃক্ষেপকে এর শেষ দ্রবণ হতে Centrifugation দ্বারা আলাদাকরণের জন্য 3 সিসি আয়তনের (76 × 11 মিমি) ক্রমশ সরু তলাবিশিষ্ট (Tapered bottom) টেস্টটিউব ব্যবহার করা সুবিধাজনক।

(৩) সেন্ট্রিফিউজ যন্ত্র (Centrifuge Machine) : সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে হস্ত এবং বিদ্যুৎ চালিত দুই ধরনের সেন্ট্রিফিউজ যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। কেন্দ্রাতিগ বল (Centrifugal force) প্রয়োগ করে এটি দ্বারা অধঃক্ষেপকে তার শেষ দ্রবণ হতে আলাদা করা যায়। পরীক্ষণীয় বস্তুসহ টেস্টটিউব একদিকের বাকেটে (bucket) এবং একই আয়তনের আর একটি টেস্টটিউবে পরীক্ষণীয় বস্তুর সমওজনের পানি নিয়ে একে অপর দিকের Bucket-এ রেখে সেন্ট্রিফিউজ যন্ত্রকে হ্যান্ডেলের সাহায্যে ঘুরাতে হয়। কিছুক্ষণ ঘুরানোর পর সম্পূর্ণ অধঃক্ষেপই টেস্ট টিউবের তলায় জমা হয়। ফিলটার কাগজের সাহায্যে ছাঁকন প্রণালির পরিবর্তে সেন্ট্রিফিউজ দ্বারা একইভাবে অধঃক্ষেপকে এর শেষ দ্রবণ হতে অতি সহজে এবং খুব অল্প সময়ে আলাদা করা যায়।

(৪) ড্রপিং টিউব (Dropping tube) : 5 মিমি ব্যাসের 20 সেন্টিমিটার দীর্ঘ একটি কাচ নলের নিচের অংশকে তাপ প্রয়োগে নরম করে টেনে সরু করা হয় এবং ঠাণ্ডা হলে সরু অংশের সুবিধামতো স্থানে কেটে তাকে ড্রপিং টিউব নল হিসেবে ব্যবহার করা যায়।

(৫) বিকারক ড্রপার (Reagent dropper) : বিকারক নেয়ার জন্য বিভিন্ন আকারের (size) বিকারক ড্রপার (Reagent dropper) ব্যবহার করা হয়। এরূপ ড্রপারের সাহায্যে বিকারক বোতল থেকে বিকারকের দ্রবণ বা তরল বিকারককে পরীক্ষণীয় বস্তুতে স্থানান্তর করা হয়।

(৬) বিকারক বোতল (Reagent bottles) : সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে 30 mL বা 60 mL অথবা কখনো কখনো 125 mL আয়তনের বিন্দুপাতী নলযুক্ত বিকারক বোতল বা ড্রপিং বিকারক বোতল (Dropping reagent bottle) ব্যবহার করা যায়। এ পদ্ধতি খুবই সুবিধাজনক।

(৭) স্প্যাচুলা (Spatula) : কঠিন বিকারক বা অধঃক্ষেপ স্থানান্তরের জন্য সাধারণত 12 cm লম্বা ক্ষুদ্রাকৃতির নিকেলের তৈরি স্প্যাচুলা (spatula) ব্যবহার করা হয়।

(৮) দ্রবণ স্থানান্তর (Transfer of solutions) : সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে ড্রপিং টিউবের (Dropping tube) সাহায্যে এক টেস্ট টিউব হতে অন্য টেস্ট টিউবে দ্রবণ বা সুপারন্যাটেন্ট তরল (supernatent liquid)-কে সহজেই স্থানান্তর করা হয়।

(৯) পানিগাহ (Water bath) : সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণের জন্য একটি 250 mL বিকারে অর্ধেকের বেশি পানি নিয়ে তা ফুটিয়ে পানিগাহ (water bath) তৈরি করা হয়। এরূপ পানিগাহের ফুটন্ত পানিতে দ্রবণসহ টেস্ট টিউবকে প্রায় অর্ধেক পর্যন্ত ডুবিয়ে রেখে তাপ দেয়া যায়।

(১০) বাষ্পীভবন (Evaporation) : দ্রবণসহ কোনো সেমিমাইক্রো বা ছোট টেস্টটিউবকে বুনসেন দীপে ঘুরিয়ে ঘুরিয়ে বা পানিগাহের ফুটন্ত পানিতে টেস্ট টিউবের প্রায় অর্ধেকটা ডুবিয়ে দ্রবণের বাষ্পীভবন (Evaporation) দ্বারা তার আয়তন কমানো যায় বা অবশেষকে (Residue) শুষ্ক করা যায়।

(১১) H_2S এর বিকল্প : সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে অজৈব লবণের গুণগত বিশ্লেষণে H_2S গ্যাসের পরিবর্তে থায়ো অ্যাসিট্যামাইড ব্যবহৃত হয়। এটি গরম পানির সাথে বিক্রিয়া করে দ্রবণে H_2S উৎপন্ন করে, এর সম্পূর্ণ অংশ দ্রবণে থেকে যায় বা বিক্রিয়া করে। ফলে, পরিবেশ দূষিত হয় না। $CH_3CSNH_2 + H_2O \rightarrow CH_3CONH_2 + H_2S$

এ বিক্রিয়া সাধারণ তাপমাত্রায় খুব ধীরগতিতে সম্পন্ন হয় বলে ব্যবহারের সময় দ্রবণকে উত্তপ্ত করতে হয়।

১.১২.২ ম্যাক্রো ও সেমি মাইক্রো বিশ্লেষণের মধ্যে তুলনা

Comparison between Macro and Semi Micro Analysis

পার্থক্যের বিষয়	ম্যাক্রো বিশ্লেষণ	সেমি মাইক্রো বিশ্লেষণ
১। গৃহীত বস্তুর ভর :	১। 0.5g থেকে 2.0g বস্তু ব্যবহৃত হয়।	১। 50 mg থেকে 200 mg বস্তু ব্যবহৃত হয়।
২। দ্রবণের আয়তন :	২। 20 mL – 30 mL দ্রবণ বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।	২। 2 mL – 4 mL দ্রবণ বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।
৩। তরল পরিমাপ যন্ত্র :	৩। মেজারিং সিলিন্ডার।	৩। সেমি মাইক্রো ক্যাপিলারি টিউব।
৪। ব্যবহৃত H_2S এর উৎস :	৪। কিপ যন্ত্রে FeS ও লঘু H_2SO_4 থেকে উৎপন্ন ও জমা H_2S ব্যবহৃত হয়।	৪। থায়ো অ্যাসিট্যামাইড (CH_3CSNH_2) থেকে বিক্রিয়া পরিবেশ H_2S উৎপন্ন ও ব্যবহৃত হয়।
৫। পরিবেশের ওপর প্রভাব :	৫। ম্যাক্রো পদ্ধতিতে বর্জ্য কেমিকেল বেশি হওয়ায় পরিবেশে অধিক ক্ষতিকর প্রভাব পড়ে।	৫। সেমি মাইক্রো পদ্ধতিতে বর্জ্য কেমিকেল কম এবং H_2S এক্ষেত্রে বাতাসে মিশে না। তাই পরিবেশ দূষণ কম হয়।
৬। পরীক্ষাকালীন সময় :	৬। ম্যাক্রো বিশ্লেষণে সময় বেশি লাগে।	৬। সেমি মাইক্রো বিশ্লেষণে সময় কম লাগে।

১.১২.৩ সেমি মাইক্রো ও মাইক্রো বিশ্লেষণের মধ্যে তুলনা
Comparison between Semi Micro and Micro Analysis

পার্থক্যের বিষয়	সেমি মাইক্রো বিশ্লেষণ	মাইক্রো বিশ্লেষণ
১। গৃহীত বস্তুর ভর :	১। 50 mg থেকে 200 mg বস্তু বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।	১। 5mg থেকে 20mg বস্তু বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।
২। দ্রবণের আয়তন :	২। 2 mL – 4 mL দ্রবণ বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।	২। 0.2 mL – 1.0 mL দ্রবণ বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।
৩। তরল পরিমাপ যন্ত্র :	৩। সেমি মাইক্রো কেপিলারি টিউব ব্যবহৃত হয়।	৩। মাইক্রো কেপিলারি টিউব ব্যবহৃত হয়।
৪। ব্যবহারের ক্ষেত্র :	৪। সেমি মাইক্রো বিশ্লেষণে সাধারণভাবে যৌগের পৃথকীকরণ পরিমাণগত বিশ্লেষণ ও গাঠনিক কাঠামো নির্ণয় করা হয়।	৪। মাইক্রো বিশ্লেষণ সাধারণ অধঃক্ষেপণ পদ্ধতিসহ বেয়ার ল্যাম্বার্ট সূত্রভিত্তিক উচ্চ ক্ষমতাসম্পন্ন ক্রোমাটোগ্রাফি ও স্পেকট্রোমেট্রিতে ব্যবহৃত হয়।
৫। পরিবেশের ওপর প্রভাব :	৫। সেমি মাইক্রো বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে বর্জ্য কেমিকেল কম। তাই পরিবেশ দূষণ কম হয়।	৫। মাইক্রো বিশ্লেষণে বর্জ্য কেমিকেল নগণ্য। তাই পরিবেশ দূষণের মাত্রা নগণ্য।

১.১৩ ল্যাবরেটরি নিরাপত্তা সামগ্রী ও ব্যবহার বিধি
Lab Safety Equipments & How to Use them

ল্যাবরেটরিতে একই সাথে অনেক সহপাঠী কাজ করে। কাজের সময় নিজের নিরাপত্তার সাথে সাথে অন্যান্য সহপঠীদের নিরাপত্তার বিষয়টিতেও সমান গুরুত্ব দিতে হবে। দুর্ঘটনা রোধে করণীয় হলো পূর্ণ সতর্কতা ও পর্যাপ্ত নিরাপত্তা। আর নিরাপত্তার জন্য প্রয়োজন ল্যাবরেটরিতে পর্যাপ্ত নিরাপত্তা সামগ্রী ও তার ব্যবহার সম্পর্কে সঠিক জ্ঞান। ল্যাবরেটরিতে বেশকিছু নিরাপত্তা সামগ্রী থাকা একান্তভাবেই অপরিহার্য। যেমন –

১। **সেফটি গ্লাস বা গগলস্** : চোখ মানুষের অমূল্য সম্পদ। ল্যাবরেটরিতে বিভিন্ন রাসায়নিক উপাদানকে বার্নারে তাপ দেয়ার প্রয়োজন পড়ে। এ সময় নিজের বা অন্যের অসাবধানতার কারণে বিভিন্ন ক্ষতিকারক রাসায়নিক উপাদান এমনকি তীব্র এসিড বা ক্ষার ছিটকে গিয়ে চোখে মুখে পড়তে পারে। এতে চোখ চিরদিনের জন্য অন্ধ হয়ে যেতে পারে। চোখে সেফটি গ্লাস বা গগলস্ থাকলে এরূপ দুর্ঘটনার হাত থেকে অনেকটাই রক্ষা পাওয়া যায়।

চিত্র ১.২৪ : নিরাপদ গ্লাস

২। **সেফটি গ্লাভস্** : ল্যাবরেটরিতে সেফটি গ্লাভস্ এর পর্যাপ্ত সরবরাহ নিশ্চিত করতে হবে। অনেক রাসায়নিক উপাদান আছে যা শুধু বিষাক্তই নয় দীর্ঘমেয়াদি শরীরের জন্য ক্ষতিকারক। এসব উপাদানকে কোনো অবস্থাতেই খালি হাতে ব্যবহার করা উচিত নয়। পরীক্ষানল বা অন্য কোনো যন্ত্র উত্তপ্ত করার সময় সেফটি গ্লাভস্ ব্যবহার করা উচিত। ভাঙা কাচের টুকরা, এসিডের বোতল বা ক্ষতিকর রাসায়নিক উপাদানের পাতকে হাতে সেফটি গ্লাভস্ পরে ব্যবহার করতে হয়।

চিত্র ১.২৫ : হ্যান্ড গ্লাভস্

৩। **ঝরণা :** ল্যাবরেটরির প্রধান সুরক্ষা হলো পানি। পানিকে ল্যাবরেটরির সুরক্ষার প্রাণ হিসেবে গণ্য করা হয়। পরীক্ষাগারে পর্যাপ্ত পানির ব্যবস্থা এবং তা সরবরাহের ব্যবস্থা থাকতে হবে। এক্ষেত্রে ল্যাবরেটরিতে সুবিধাজনক স্থানে একাধিক ঝরণা রাখা বাঞ্ছনীয়। শরীরের কোনো স্থানে এসিড পড়লে বা অন্য কোনো ক্ষতিকারক রাসায়নিক উপাদান শরীরের চামড়ার ওপর পড়লে কালবিলম্ব না করে সাথে সাথে ঝরণার নিচে দাঁড়িয়ে চাবি খুলে দিয়ে পর্যাপ্ত পানির প্রবাহ নিশ্চিত করতে হবে। পরিধেয় জামা কাপড়ে আগুন লাগলেও ঝরণার পানির নিচে দাঁড়িয়ে আগুন নেভানো যায়।

চিত্র ১.২৬ : ঝরণা

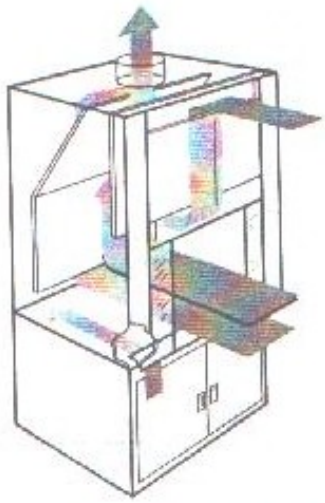
৪। **নিরাপত্তা সাওয়ার ও আই ওয়াস সাওয়ার** (Safety showers and eye wash station) : একটি আদর্শ মানের ল্যাবরেটরিতে নিরাপত্তা সাওয়ার থাকা খুবই প্রয়োজন। চোখে বা মুখের কোনো অংশে এসিড, ক্ষয়কারক বা বিষাক্ত কোনো রাসায়নিক উপাদান ছিটকে পড়লে সবার আগে নিরাপত্তা সাওয়ার ব্যবহার করতে হবে। এভাবে আই ওয়াস সাওয়ারের সাহায্যে অনবরত পানি প্রবাহ চোখে মুখে দিতে হবে।

চিত্র ১.২৭ : আই ওয়াস সাওয়ার

৫। **পানি গাহ (Water Bath) :** পানি গাহ বা ওয়াটার বাথ হলো একটি বিশেষ ধরনের ল্যাবরেটরি যন্ত্র, যার কনটেইনারটি উত্তপ্ত পানি দ্বারা পূর্ণ থাকে। সাধারণত দীর্ঘসময় ধরে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিক্রিয়া পরিচালনা করার জন্য এটি ব্যবহৃত হয়। প্রতিটি পানি গাহে তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণের পূর্ণ ব্যবস্থা থাকে। প্রত্যাশিত তাপমাত্রা সেট করার জন্য এটি ডিজিটাল বা এনালগ পদ্ধতির হতে পারে। সব ওয়াটার বাথের সর্বোচ্চ তাপমাত্রা 99°C পর্যন্ত হয়ে থাকে। যন্ত্রের গায়ে একটি নির্দেশক বাল্ব থাকে যার সাহায্যে পানির তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণ করা হয়ে থাকে।

চিত্র ১.২৮: পানি গাহ

৬। **ফিউম হুড (Fume hoods) :** ল্যাবরেটরিতে পরীক্ষা-নিরীক্ষা করার সময় বিষাক্ত, ক্ষতিকর ও দুর্গন্ধ যুক্ত গ্যাস উৎপন্ন হয় এরূপ পরীক্ষাগুলো ফিউম হুডের মধ্যে সম্পন্ন করা হয়। ফিউম হুডের সামনের দিকে কাচের স্লাইডিং দরজা থাকে, যাকে প্রয়োজন মতো ওপরে উঠানো ও ওপর থেকে নিচে নামানো যায়। ফিউম হুডের ওপরি ভাগে থাকে একটা বায়ু নল। বায়ু নলের সম্মুখ ভাগে থাকে একটি শক্তিশালী পাখা। এ পাখার সাহায্যেই উৎপন্ন সব ভারী ও হালকা গ্যাসকে ল্যাবরেটরি থেকে বাইরে অপসারণ করে দেয়া হয়। ফিউম হুডের বৈদ্যুতিক সুইস অন করে একে সক্রিয় করা হয়। ফলে উৎপন্ন সব ধরনের বিষাক্ত গ্যাস, ধোঁয়া ও অস্বাস্থ্যকর বায়ু ল্যাবরেটরি থেকে অপসারিত হয়। অতি গাঢ় H_2SO_4, HNO_3 ও HCl দ্রবণকে লঘু করার ক্ষেত্রে ফিউম হুড ব্যবহার করাই শ্রেয়। লিকার অ্যামোনিয়াকে লঘু করার ক্ষেত্রেও ফিউম হুড ব্যবহার করা উচিত। ফিউম হুডের কাজ শেষ হলে বৈদ্যুতিক সুইচ বন্ধ করার পর সামনের গ্লাস টেনে নিচে নামিয়ে প্রবেশপথ বন্ধ করে দিতে হয়।



চিত্র ১.২৯: ফিউম হুড

ল্যাবরেটরিতে দাহ্য পদার্থরূপে বিভিন্ন জৈব যৌগ, অজৈব জারক পদার্থ যেমন থাকে; তেমনি বুনসেন বার্নারের প্রাকৃতিক গ্যাস সাপ্লাই লাইন অথবা Bottle গ্যাস যেমন L.P.G সিলিন্ডারও থাকে। আবার পানির সংস্পর্শে বিক্রিয়ায় জ্বলে ওঠে এমন পদার্থ যেমন ধাতব সোডিয়াম, ধাতব হাইড্রাইড NaH, $LiAlH_4$ প্রভৃতি

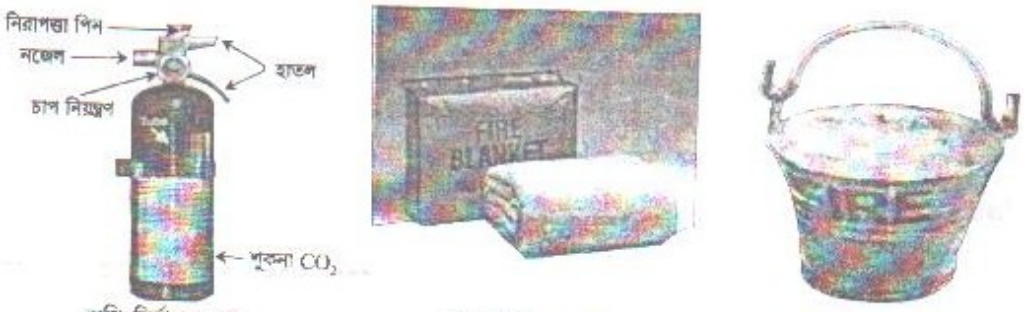
ল্যাবরেটরিতে থাকে। জৈব দ্রাবক যেমন- ইথার, পেট্রোলিয়াম ইথার, বেনজিন, মিথানল, ইথানল ও অ্যাসিটোন ইত্যাদি সরাসরি শিখায় উত্তপ্ত করতে নেই; কারণ তাতে আগুন ধরে যায়। উত্তপ্ত করার জন্য সরাসরি শিখার পরিবর্তে এক্ষেত্রে পানিগাহ (water bath), প্যারাফিন বাথ (oil bath) বা তাপ-ম্যান্টল (heating mantle) ব্যবহার করা বাঞ্ছনীয়। পানি ছাড়া প্রায় সকল দ্রাবকই দাহ্য পদার্থ- সহজে আগুন ধরে যায়। দাহ্য পদার্থ বায়ুর সাথে মিশে বিস্ফোরণ ঘটায়। তাই অগ্নি থেকে দুর্ঘটনারোধে অপ্রয়োজনীয় শিখা পরিহার করতে হবে। শিখা জ্বালাবার পূর্বে উদ্বায়ী দ্রাবকসমূহ নিরাপদ স্থানে রাখতে হবে।

সোডিয়াম ধাতুতে পানি লাগলে আগুন ধরে, তাই কাজ শেষে সোডিয়াম টুকরা কোনো সময় সিঙ্কে না ফেলে তা কেরোসিন পাত্রে ডুবিয়ে রাখবে। লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড ($LiAlH_4$) পানির সাথে প্রচণ্ড গতিতে বিক্রিয়া করে এবং আগুন ধরতে পারে। তাই এদের কাছে পানি নেবে না।

ল্যাবরেটরিতে অগ্নি-নির্বাপক ব্যবস্থা রাখতে হবে এবং Fire-Extinguisher রক্ষণ ও ব্যবহার পদ্ধতি সংশ্লিষ্ট সকলকেই জানতে হবে। এছাড়া বালির বালতি ও অগ্নি নির্বাপক কম্বল ল্যাবরেটরির কোণায় সংরক্ষিত রাখবে।

(১) অগ্নি নির্বাপক (Fire extinguishers) : প্রতিটি ল্যাবরেটরিতে অগ্নি নির্বাপক যন্ত্র দেয়ালে আটকানো থাকে। ল্যাবরেটরিতে কাজ করার আগে এর অবস্থান এবং ব্যবহার সম্পর্কে উত্তম জ্ঞান থাকা আবশ্যক। অগ্নি নির্বাপক যন্ত্রের পাশে এর ব্যবহার বিধি লিপিবদ্ধ থাকে।

অগ্নি নির্বাপক যন্ত্র ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা দেখা দিলে নিম্নোক্ত সাধারণ বিধিগুলো মনে রাখবে :



অগ্নি নির্বাপক যন্ত্র অগ্নি নির্বাপক কম্বল বালি ভর্তি বালতি

চিত্র ১.৩০ : অগ্নি নির্বাপক যন্ত্র

১. নির্বাপকের শীর্ষের পিনটি খুলে দাও।

২. প্রথমে আগুনের দিকে নিশানা কর।

৩. হাতল বা হ্যান্ডেলে চাপ দাও।

৪. আগুনের উৎপত্তিস্থলের ভেতর দিয়ে একপাশ থেকে আরেক পাশে স্প্রে করতে হবে। আগুন নেভানো হয়ে গেলে অগ্নিদগ্ধ স্থানটি ধুয়ে ফেলতে হবে।

MCQ-1.7 : ব্যুরেট পরিষ্কার করতে কোন পরিষ্কারকটি ব্যবহৃত হয়?
(ক) ডিটারজেন্ট (খ) Na_2CO_3 দ্রবণ
(গ) NaOH দ্রবণ (ঘ) ক্রোমিক এসিড

প্রসঙ্গত উল্লেখ্য যে, অগ্নি নির্বাপক থেকে কোনো মানুষকে স্প্রে করা যাবে না। অগ্নি নির্বাপকের রাসায়নিক পদার্থ যেমন ভেতরের এসিড ও CO_2 গ্যাস ক্ষতিকর হতে পারে।

(২) অগ্নি নির্বাপক কম্বল (Fire blanket) : অগ্নি নির্বাপকের পাশেই দেয়ালে একটি লেবেলকৃত বাক্সে অগ্নি নির্বাপক কম্বল রাখা হয়। কাপড়-চোপড়ে আগুন লেগে গেলে কম্বলটি ব্যবহার করতে হবে। কোনো ব্যক্তির গায়ে আগুন লাগলেও এটি ব্যবহার করা যেতে পারে।

(৩) বালিভর্তি বালতি : টেবিলে আগুন লেগে গেলে তাড়াতাড়ি বালিভর্তি বালতি থেকে বালি নিয়ে আগুনে ছিটিয়ে দিলে অল্পেই আগুন নিভে যায়।

※ আগুন লেগে গেলে করণীয়—

আগুন লাগার কারণ : দাহ্য জৈব পদার্থ থেকে অসাবধানতাবশত পরীক্ষাগারে আগুন লাগতে পারে। আগুন নেভানোর জন্য তাড়াতাড়ি অগ্নি নির্বাপক যন্ত্র ও বালিভর্তি বালতি ব্যবহার করতে হবে। আগুনের কাছ থেকে দ্রাবকসহ অন্যান্য বিকারক দূরে সরাতে হবে। কারও শরীরে আগুন লাগলে কাপড় খুলে ফেলতে হবে এবং আক্রান্ত ব্যক্তিকে একটা কম্বল দিয়ে জড়িয়ে ধরতে হবে এবং দ্রুত চিকিৎসকের সাহায্য নিতে হবে। Never turn a carbon dioxide extinguisher on a person.

(৪) বিকারকের আগুন লাগা : সব বার্নার বা শিখা নেভাতে হবে এবং দাহ্য দ্রব্যাদিসহ দ্রাবকসমূহ নিরাপদ স্থানে সরাতে হবে। ছোট ফ্লাস্কে ও বিকারে আগুন লাগলে অ্যাসবেসটস-ওয়্যার গজ দিয়ে অথবা বড় বিকার বা ওয়াচ গ্লাস দিয়ে ঢেকে আগুন নেভানো যায়। শিখার গোড়ার দিকে কার্বন-ডাইঅক্সাইড অগ্নিনির্বাপক ব্যবহার করতে হবে। কিন্তু পানি ব্যবহার করা যাবে না।

টিপস্ : দুর্ঘটনা মোকাবিলা ও সতর্কতামূলক ব্যবস্থা হিসেবে খোঁজ নাও বিদ্যুতের মেইন সুইচ, গ্যাস বন্ধ করার ভাল্‌ব, কম্বল বা ছালা জাতীয় কাপড়, অগ্নি নির্বাপক যন্ত্র বা সিলিন্ডার, ফার্স্টএইড বক্স।

MCQ-1.8 : ক্রোমিক এসিড দ্বারা বুরেট পরিষ্কার করতে কিরূপ বিক্রিয়া ঘটে?
(ক) জারণ (খ) বিজারণ
(গ) প্রতিস্থাপন (ঘ) প্রশমন

১.১৪ প্রাথমিক চিকিৎসা ও ফার্স্ট-এইড বক্স ব্যবহার বিধি
Primary Treatment and Use of First Aid Box

ল্যাবরেটরিতে কাজ করতে গিয়ে নিম্নোক্তভাবে আহত ও অসুস্থ হয়ে পড়তে পারে। যেমন-

(১) গ্লাস সামগ্রী ব্যবহার করতে গিয়ে ত্বক কেটে গিয়ে রক্তপাত হওয়া;
(২) রাসায়নিক পদার্থ ব্যবহার করতে গিয়ে মুখে, চোখে ও ত্বকে আক্রান্ত হওয়া;
(৩) উত্তপ্ত গ্লাস সামগ্রীর সংস্পর্শে বা বার্নারের শিখায় ত্বক পুড়ে যাওয়া;
(৪) পরীক্ষাগারে কোনো কারণে আগুন লাগা।

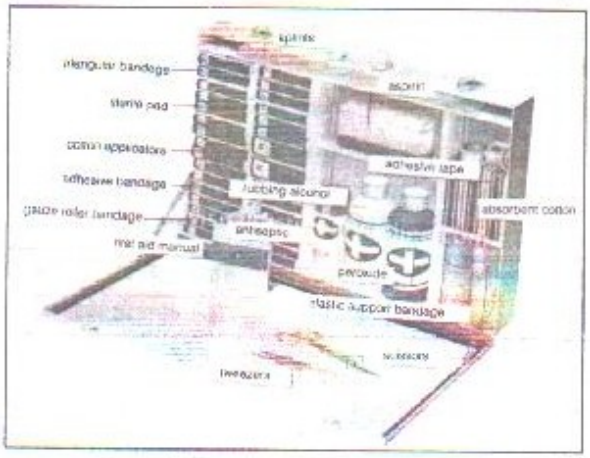
এ অবস্থায় দুর্ঘটনাজনিত আহত ছাত্র-ছাত্রীকে হসপিটালে বা ডাক্তারের সাহায্য পাওয়ার পূর্বে তাৎক্ষণিক যে চিকিৎসা দেয়া হয়; তাকে প্রাথমিক চিকিৎসা ব্যবস্থা বলা হয়। এজন্য ল্যাবরেটরিতে যে চিকিৎসা ব্যবস্থার প্রস্তুতি রাখা হয় তা হলো First Aid Kit বা First Aid Box।

MCQ-1.9 : কোনটি প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ? [য. বো. ২০১৫]
(ক) Na_2CO_3 (খ) HCl
(গ) NaOH (ঘ) $KMnO_4$

চিত্র ১.৩১ : First Aid Box-

First Aid Box-এ নিম্নলিখিত সামগ্রী ও ওষুধপত্র ব্যবহার বিধিসহ থাকে।

(৫) ল্যাবরেটরি কিট : ল্যাবরেটরিতে ফার্স্ট এইড বক্সে লাবরেটরি কিট হিসেবে ব্যান্ডেজ কাপড়, ব্লেড, তুলা, ফরসেফ সেট, ডেটল, বার্নল ক্রীম, টিংচার আয়োডিন, লিউকোটেপ ইত্যাদি সংরক্ষণ করা হয়। ফার্স্ট এইড বক্সকে ল্যাবরেটরির দেওয়ালের এমন স্থানে রাখতে হয় যাতে করে তাৎক্ষণিকভাবে তাকে ব্যবহার করা যায়।



চিত্র ১.৩২ : First Aid Box-এ থাকা সামগ্রী

MCQ-1.10 : কোনটি রঙিন আয়ন দেয়? [য. বো. ২০১৫]
(ক) Cu_2Cl_2 (খ) $COCl_2$
(গ) $ScCl_3$ (ঘ) $MgCl_2$

আহত বা অসুস্থ ব্যক্তির প্রাথমিক চিকিৎসা প্রদান :

(ক) তাপে বা রাসায়নিক পদার্থে পোড়া গেলে : পোড়া জায়গায় প্রায় ১০-১৫ মিনিট ঠাণ্ডা পানি প্রয়োগ করতে হবে। রাসায়নিক পদার্থে পুড়লে 'মৃদু পরিষ্কারক' এবং পানি দ্বারা ধৌত করতে হবে। কোনো প্রশম রাসায়নিক দ্রব্য কিংবা লোশন বা ক্রীম না লাগিয়ে ত্বরিত চিকিৎসকের সাহায্য নেয়া দরকার।

(খ) হাতে এসিড লাগলে মৃদু পরিষ্কারকরূপে 5% $NaHCO_3$ দ্রবণ দিয়ে ভালোভাবে ধুয়ে First Aid Box থেকে অ্যান্টি সেপটিক বার্ন লোশন লাগানো যেতে পারে।

(গ) ক্ষার দ্রবণ চোখে পড়লে প্রচুর পানি দিয়ে চোখ ধুয়ে শেষে বোরিক এসিড দ্রবণ দিতে হবে। চোখ ধোয়ার ১৫ মিনিটের মধ্যে ডাক্তারের শরণাপন্ন হওয়া উচিত।

(ঘ) কেটে গেলে ঘটলে : ভাঙা কাচের টুকরায় কেটে গেলে পানি ধুয়ে কাচের টুকরা বের করে চেপে ধরে রক্ত পড়া বন্ধ করতে হবে। কেটে যাওয়া স্থানে ব্যান্ডেজসহ মলম ব্যবহার করা যেতে পারে। তবে উত্তম হবে ডাক্তারের সাহায্য নেয়া।

(ঙ) বিষক্রিয়া ঘটলে : অনতিবিলম্বে হাসপাতালের শরণাপন্ন হওয়া উচিত।

প্রাথমিক চিকিৎসা প্রদানের তিনটি লক্ষ হলো :

(১) জীবন রক্ষা (Preserve Life) : প্রতিটি প্রাথমিক মেডিকেল সহায়তার প্রধান লক্ষ্যই হচ্ছে আক্রান্ত ব্যক্তির জীবন রক্ষা করা।

(২) অধিকতর ক্ষতির আশঙ্কা নিরোধ (Prevent Further harm) : এ প্রক্রিয়ায় আক্রান্ত ব্যক্তির অবস্থার যাতে অবনতি না ঘটে সে ব্যবস্থা গ্রহণ করা হয়। এতে বাহ্যিক ফ্যাক্টর বিবেচনা করে আক্রান্ত ব্যক্তিকে অন্যত্র সরিয়ে ক্ষতির হাত থেকে রক্ষা করা হয় এবং প্রাথমিক চিকিৎসা সহায়তা কৌশলগুলো প্রয়োগ করে বিপদজনক রক্তপাত থেকে রক্ষা করা।

(৩) নিরাময় উন্নীতকরণ (Promote recovery) : আক্রান্ত ব্যক্তিকে ফার্স্ট এইড প্রক্রিয়ায় আনয়ন করে অসুস্থতা অথবা আঘাত থেকে নিরাময় করার চেষ্টা করা হয়। যেমন, ক্ষতিগ্রস্ত স্থানে প্লাস্টার লাগানো।

প্রাথমিক চিকিৎসা সহায়তা প্রশিক্ষণের সাথে যে তিনটি বিষয় সংশ্লিষ্ট থাকে তাহলো- প্রাথমিক আঘাতের নিরোধ, আক্রান্ত ব্যক্তির নিরাপত্তা এবং চিকিৎসা পর্ব।

এ অধ্যায়ের সার-সংক্ষেপ (Recapitulation)

❀ **ল্যাবরেটরি নিরাপত্তা বিধি** : ল্যাবরেটরিতে কাজ করার আগে ল্যাবরেটরির নিরাপত্তা ব্যবহার বিধি মেনে অ্যাপ্রন গগলস, প্রয়োজনমত গ্লাভস ও মাস্ক, পায়ে জুতা পরে নিতে হবে।

❀ **গ্লাস সামগ্রী ব্যবহার কৌশল** : গ্লাস সামগ্রী ব্যবহারের কৌশল ও পরিষ্কার করার নিয়ম শিখতে হবে।

❀ **আয়তনিক বিশ্লেষণ কাজ** : আয়তনিক বিশ্লেষণ কাজে ব্যবহৃত মেজারিং সিলিন্ডার, মেজারিং ফ্লাস্ক, পিপেট, ব্যুরেট, কনিকেল ফ্লাস্ক-এর ব্যবহার শিখে নিতে হবে।

❀ **কেমিক্যাল ব্যালেন্স** : মাত্রিক বিশ্লেষণে রাসায়নিক পদার্থকে 0.01 – 0.0001 g পরিমাপের জন্য উপযুক্ত নিক্তিকে কেমিক্যাল ব্যালেন্স বলে। পল বুঙ্গি ব্যালেন্স ও ডিজিটাল ব্যালেন্স এ শ্রেণির ব্যালেন্স।

❀ **বুনসেন বার্নার ব্যবহার** : ল্যাবরেটরিতে সব সময় বুনসেন বার্নারের অনুজ্জ্বল শিখা ব্যবহার করতে হয়। বার্নারের air hole বা বায়ু ছিদ্র পথ খোলা রেখে এ শিখা ব্যবহার করা হয়।

❀ **তাপ দেয়ার কৌশল** : গোলতলি ফ্লাস্ক, কনিকেল ফ্লাস্ক, পোর্সেলিন বেসিন ও ওয়াটার বাথে তাপ দেয়ার কৌশল ও যন্ত্রপাতি ব্যবহার ভিন্ন।

❀ **বিকারক বা রিএজেন্ট (reagent)** : যে সব রাসায়নিক পদার্থ ল্যাবরেটরিতে কোনো রাসায়নিক পদার্থ শনাক্তকরণে কঠিন বস্তু বা দ্রবণ হিসেবে ব্যবহৃত হয়, তাদেরকে বিকারক বা রিএজেন্ট বলা হয়। বিকারকসমূহ এসিড, ক্ষার, জারক, বিজারক, ধাতব মৌল যে কোনো রাসায়নিক পদার্থ হতে পারে।

❀ **ল্যাবরেটরি পরিষ্কার করা** : পরীক্ষা কাজ শেষে, বার্নারের গ্যাস সাপ্লাই বন্ধ করে, বর্জ্য পদার্থ সঠিক স্থানে ফেলে, কাজের টেবিল পরিষ্কার করে ল্যাবরেটরি ত্যাগ করতে হবে।

❀ **হ্যাজার্ড সিম্বল (Hazard Symbols)** : বিপজ্জনক রাসায়নিক দ্রব্যের সুনির্দিষ্ট সতর্কীকরণ প্রতীকী চিত্রকে হ্যাজার্ড সিম্বল বলে। আন্তর্জাতিকভাবে স্বীকৃত হ্যাজার্ড সিম্বল হলো ১০টি। রাসায়নিক দ্রব্য উৎপাদনকারী প্রতিষ্ঠান BDH, E.Mark, Aldrich তাদের প্রস্তুতকৃত রাসায়নিক দ্রব্যের বোতলের লেবেলে সংশ্লিষ্ট হ্যাজার্ড সিম্বল ব্যবহার করে থাকে। রাসায়নিক দ্রব্যের প্যাকেট খোলার আগে হ্যাজার্ড সিম্বল দেখে সতর্ক হতে হয়।

❀ **সেমিমাইক্রো ও মাইক্রো বিশ্লেষণ (Semimicro and Micro analysis)** : যে বিশ্লেষণীয় পরীক্ষায় নমুনা পদার্থের প্রায় 50 mg থেকে 200 mg কঠিন পদার্থ অথবা দ্রবণের পরিমাণ 2 mL—4 mL ব্যবহার করা হয়, তাকে সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণ বলা হয়। অপরদিকে যে বিশ্লেষণীয় প্রক্রিয়ায় 5 mg থেকে 20 mg কঠিন নমুনা বস্তু ব্যবহার করা হয়, দ্রবণের আয়তন 0.2 mL থেকে 1.0 mL তাকে মাইক্রো বিশ্লেষণ প্রক্রিয়া বলা হয়।

❀ **ফার্স্ট এইড বক্স (First Aid Box)** : ল্যাবরেটরিতে দুর্ঘটনাজনিত আহত ব্যক্তিকে তাৎক্ষণিকভাবে যে চিকিৎসা দেয়া হয়, তাকে প্রাথমিক চিকিৎসা বলা হয়। এজন্য ল্যাবরেটরিতে যে চিকিৎসা ব্যবস্থার সামগ্রী প্রস্তুত রাখা হয়, তাকে ফার্স্ট এইড বক্স (First Aid Box) বলা হয়।

অনুশীলনী-১

(ক) জ্ঞানস্তরভিত্তিক প্রশ্নাবলি (এক নজরে)

(১) ল্যাবরেটরি বিধি

১। ল্যাবরেটরিতে অ্যাপ্রন পরিধান করা হয় কেন?
২। ল্যাবরেটরিতে চোখে গগলস্ ব্যবহারে প্রয়োজন কী?
৩। ল্যাবরেটরিতে হ্যান্ড গ্লাভস পরতে হয় কেন?
৪। জিটেক্স গ্লাভস কী? [ঢা. বো. ২০১৫]

(২) গ্লাস সামগ্রী ও যন্ত্রপাতি

১। কর্ক ছিদ্র করার কাজে ব্যবহৃত যন্ত্রটির নাম কী? [চ. বো. ২০১৫]
২। ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ বা ক্লিঞ্চিং মিক্চার বা পরিষ্কারক মিশ্রণ কী? [রা. বো. ২০১৬ ; চ. বো. ২০১৬]
৩। রাইডার ধ্রুবক কী? [কু. বো. ২০১৫]
৪। দ্রবণের মোলারিটি কী [কু. বো. ২০১৬]
৫। মোলার দ্রবণ কী?
৬। মেজারিং সিলিণ্ডারের ব্যবহার কী?
৭। আয়তনিক ফ্লাস্কের ব্যবহার কী?
৮। ব্যুরেটের ব্যবহার কী? [য. বো. ২০১৫]
৯। পিপেটের ব্যবহার কী?
১০। কনিকেল ফ্লাস্কের ব্যবহার কী?
১১। আয়তনিক ফ্লাস্কের গায়ে থাকা TC এর অর্থ কী?
১২। পিপেটের গায়ে থাকা TD এর অর্থ কী?
১৩। রিনস্ করা বলতে কী বুঝ?
১৪। ব্যুরেট রিডার বা অ্যান্টি প্যারালাক্স কার্ড কী?
১৫। বুনসেন বার্নারে অনুজ্জ্বল শিখা কীরূপে সৃষ্টি হয়?
১৬। অ্যাস্বেস্টস তারজালি কী?
১৭। রাজ-অম্ল কী?
১৮। বড় আকারের পোর্সেলিন বাটির ব্যবহার কী?
১৯। ছোট পোর্সেলিন বাটির ব্যবহার কী?
২০। ওয়াটার বাথ বা পানি-গাহ এর ব্যবহার কী?
২১। রিএজেন্ট বোতল কী?
২২। হ্যাজার্ড সিম্বল বা ঝুঁকির মাত্রা চিহ্ন কী?
২৩। MSDS এর পুরো নাম কী?
২৪। মাটিতে অণুবীজের অনুকূল pH কত?
২৫। জলাশয়ে পানির pH কত হলে জলজ উদ্ভিদ ও মাছ মারা যায়?

(৩) রাসায়নিক বিশ্লেষণ :

১। রাসায়নিক বিশ্লেষণ কী?
২। ম্যাক্রো বিশ্লেষণ পদ্ধতি কী?
৩। সেমি মাইক্রো বিশ্লেষণ কী?
৪। মাইক্রো বিশ্লেষণ কী?
৫। থায়ো অ্যাসিট্যামাইডের সংকেত কী?
৬। HPLC এর পুরো নাম কী?
৭। GPLC এর পুরো নাম কী?
৮। NMR এর পুরো নাম কী?
৯। DSC এর পুরো নাম কী?
১০। AAS এর পুরো নাম কী?
১১। সেমি মাইক্রো টেস্ট টিউবের আয়তন কত?
১২। সেন্ট্রি ফিউজ টেপার্ড বটম টিউবের আয়তন কত?
১৩। সোডিয়াম ধাতুকে কোথায় রাখতে হয়?
১৪। ফায়ার ব্লাঙ্কেট কী কাজে লাগে?
১৫। ফার্স্ট এইড কীট বা বক্স কী? [রা. বো. ২০১৬]

(খ) অনুধাবনস্তর ভিত্তিক প্রশ্নাবলি (এক নজরে)

১। রাসায়নিক পদার্থের বাম্পিং (Bumping) হতে কীভাবে চোখ রক্ষা করা যায়, তা ব্যাখ্যা কর।
২। ল্যাবরেটরিতে গগলস্ বা সেফটি গ্লাস ব্যবহারের সুবিধা কী?
৩। ল্যাবরেটরিতে গ্লাভস্ ব্যবহারের সুবিধা কী?
৪। পলবুঙ্গি ব্যালেন্সে রাইডার ব্যবহারের সুবিধা আলোচনা কর।
৫। পলবুঙ্গি ব্যালেন্স ও ডিজিটাল ব্যালেন্সের মধ্যে কোন্‌টি ব্যবহারে সুবিধা বেশি, তা ব্যাখ্যা কর।
৬। প্রাইমারি স্ট্যাণ্ডার্ড পদার্থের বৈশিষ্ট্যসমূহ লেখ। [সি. বো. ২০১৫]
৭। সেকেণ্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ বলতে কী বোঝায়, তা ব্যাখ্যা কর।
৮। মোলারিটি তাপমাত্রার ওপর নির্ভরশীল কেন? [চ. বো. ২০১৫]
৯। আয়তনিক বিশ্লেষণে ব্যবহৃত দুটি কাচ যন্ত্রের ব্যবহার বিধি ব্যাখ্যা কর।
১০। ব্যুরেটের ব্যবহার প্রণালি ব্যাখ্যা কর।
১১। পিপেটের ব্যবহার প্রণালি ব্যাখ্যা কর।
১২। ব্যুরেট পরিষ্কার কীরূপে করা হয়? তা ব্যাখ্যা কর।
১৩। ল্যাবরেটরিতে বুনসেন বার্নারের ব্যবহার প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা কর।
১৪। ল্যাবরেটরিতে গোলতলি ফ্লাস্কে তাপ দেওয়ার কৌশল আলোচনা কর।
১৫। ল্যাবরেটরিতে রিএজেন্ট বোতল বা বিকারের বোতল ব্যবহারের নিয়ম আলোচনা কর।
১৬। সেমি মাইক্রো বিশ্লেষণের সুবিধাসমূহ ব্যাখ্যা কর।
১৭। 'সেমিমাইকো পদ্ধতি পরিবেশ বান্ধব'-এর ব্যাখ্যা কর। [সি.বো. ২০১৬]
১৮। সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণে ব্যবহৃত টেস্ট টিউব ও সেন্ট্রি ফিউজ টিউবের বর্ণনা দাও।
১৯। ল্যাবরেটরি নিরাপত্তা সামগ্রীর ব্যবহার বিধি আলোচনা কর।

ক-বিভাগ : বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

❑ সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন :

১। ল্যাবরেটরিতে নিজের নিরাপত্তা নিশ্চিত করতে নিচের কোন প্রাথমিক ব্যবস্থা নিলে ভুল হবে?
(ক) অ্যাপ্রন পরা (খ) নিরাপদ চশমা পকেটে থাকা (গ) হাতে গ্লাভ্স পরা (ঘ) পায়ে জুতা পরা

২। পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সের সূক্ষ্ম-পরিমাপের ক্ষমতা কত পর্যন্ত?
(ক) 0.1g (খ) 0.01g (গ) 0.003g (ঘ) 0.0001g

৩। পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সে ওজন করতে 5g, 2g, 500mg, 50mg ওজন ডান পাল্লায় চাপানো হলো। 100 দাগবিশিষ্ট বীমের 20 নম্বর দাগে 10mg রাইডার রাখলে পয়েন্টারটি শূন্য দাগে থাকে। বাম পাল্লায় রাখা Na_2CO_3 ভর্তি ওজন বোতলের ওজন কত?
(ক) 7.552g (খ) 7.554g (গ) 7.0552g (ঘ) 7.0554g

৪। 0.1M HCl দ্রবণ তৈরিতে গাঢ় HCl এসিড পরিমাপের জন্য তোমার ব্যবহার করতে হবে—
(ক) আয়তনিক ফ্লাস্ক (খ) পিপেট (গ) মাপন সিলিন্ডার (ঘ) ওয়াশ বোতল

৫। 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণ তৈরিতে তোমার প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতির মধ্যে কোনটি পড়ে না?
(ক) পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স (খ) ফানেল (গ) 250mL. আয়তনিক ফ্লাস্ক (ঘ) মাপন সিলিন্ডার

৬। একটি BDH কোম্পানির কেনা ডাই ইথাইল ইথারের বোতলে তুমি নিচের কোন হ্যাজার্ড সিম্বলটি দেখতে পাবে?
(ক) (খ) (গ) (ঘ)

৭। ব্যুরেটের সাহায্যে সর্বনিম্ন কত আয়তন মাপা যায়?
(ক) 0.01 mL (খ) 0.1 mL (গ) 0.5 mL (ঘ) 1.0 cm^3

৮। 250 mL 0.1 M Na_2CO_3 দ্রবণ তৈরি করতে Na_2CO_3 লাগে।
(ক) 2.65g (খ) 10.6g (গ) 5.3g (ঘ) 5.6g

৯। কোনটি প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ?
(ক) HCl (খ) NaOH (গ) $KMnO_4$ (ঘ) Na_2CO_3

১০। ল্যাবরেটরিতে সর্বোত্তম পরিষ্কারক হিসেবে ব্যবহৃত হয় কোনটি?
(ক) সাবান (খ) ডিটারজেন্ট (গ) ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ (ঘ) সোডা

১১। পলবুঙ্গি ব্যালেন্সের জন্য নিচের কোনটি প্রযোজ্য নয়?
(ক) Pointer (খ) Rider (গ) Tare (ঘ) Agate plate

১২। নিচের কোনটি বিষাক্ত বা toxic পদার্থ?
(ক) হেক্সেন (খ) ইথানল (গ) বিউটানল (ঘ) টলুইন

১৩। চোখে এসিড ছিটকে পড়লে ল্যাবে প্রাথমিক চিকিৎসা দিতে ব্যবহৃত হয়—
(ক) 4% NaOH (খ) 5% $NaHCO_3$ (গ) 4% $Ca(OH)_2$ (ঘ) 5% $Mg(OH)_2$

১৪। সেমি মাইক্রো পদ্ধতিতে ব্যবহৃত নমুনার গ্রহণযোগ্য নমুনার ভর কত?
(ক) 60 mg (খ) 250 mg (গ) 260 mg (ঘ) 40 mg

১৫। আয়তনিক ফ্লাস্ক ব্যবহৃত হয় কোন কাজে?
(ক) মূল দ্রবণ তৈরিতে (খ) গুণগত বিশ্লেষণে (গ) প্রমাণ দ্রবণ তৈরিতে (ঘ) পাতনে

১৬। রাসায়নিক পদার্থকে শুষ্ককরণে ব্যবহৃত হয় কোন্ গ্লাস যন্ত্রটি?
(ক) ক্যালরিমিটার (খ) ডেসিকেটর (গ) বুনসেন বার্নার (ঘ) ফিউম হুড

১৭। নিচের কোন পদার্থটিকে বুনসেন বার্নারে সরাসরি তাপ দেয়া যায় না?

(ক) মিথানল (খ) বেনজয়িক এসিড (গ) অক্সালিক এসিড (ঘ) $KMnO_4$

■ বহুপদি সমাপ্তিসূচক প্রশ্ন

১৮। Na_2CO_3 এর বৈশিষ্ট্য হলো—

(i) প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ

(ii) বিষক্রিয়াযুক্ত পদার্থ

(iii) জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী হয়

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৯। নিচের তথ্যগুলো লক্ষ কর এবং সঠিক উত্তর দাও।

(i) Na ও NaH পানির সংস্পর্শ আগুন ধরে যায়

(ii) NaOH ক্ষয়কারী পদার্থ

(iii) ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ হলো জারক

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

২০। ল্যাবরেটরিতে সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণ পদ্ধতির উল্লেখযোগ্য বৈশিষ্ট্য হলো—

i. পরিবেশ দূষণের ঝুঁকি হ্রাসকরণ

ii. অপচয় রোধ ও ব্যয় হ্রাস

iii. বিশ্লেষণ কাজের সময় হ্রাস

নিচের কোনটি সঠিক হবে?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

২১। গাঢ় H_2SO_4 এর বৈশিষ্ট্য হলো নিম্নরূপ :

i. সেকেন্ডারি স্টান্ডার্ড পদার্থ

ii. পানিশোষী পদার্থ

iii. ত্বকের সংস্পর্শে ক্ষত সৃষ্টি করে

নিচের কোনটি সঠিক হবে?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

২২। $K_2Cr_2O_7$ এর বৈশিষ্ট্য হলো নিম্নরূপ :

i. প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ

ii. ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ তৈরিতে ব্যবহৃত হয়

iii. একটি শক্তিশালী জারক

নিচের কোনটি সঠিক হবে?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

২৩। ল্যাবরেটরিতে রাসায়নিক দ্রব্য সংরক্ষণের ক্ষেত্রে—

i. তীব্র জারক ও বিজারক পদার্থকে এক সাথে রাখা যাবে না

ii. রিএজেন্ট বোতলগুলোকে MSDS পদ্ধতিতে সংরক্ষণ করা উচিত

iii. রাসায়নিক দ্রব্যকে প্লাস্টিকের বোতলে রাখা উচিত নয়

নিচের কোনটি সঠিক হবে?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

২৪। ল্যাবরেটরিতে অ্যাপ্রন ব্যবহারের সুবিধা হলো—

i. শিক্ষার্থীর মানসিক প্রস্তুতি লাভ

ii. রাসায়নিক দ্রব্য থেকে কলেজ ড্রেস সুরক্ষা

iii. রাসায়নিক দ্রব্যের সংস্পর্শ থেকে শরীরের ত্বক রক্ষা

নিচের কোনটি সঠিক হবে?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

২৫। আয়তনিক বিশ্লেষণে ব্যবহৃত কাচ-যন্ত্রপাতিগুলো হলো—

i. কনিকেল ফ্লাস্ক

ii. ব্যুরেট

iii. পিপেট

নিচের কোনটি সঠিক হবে?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

২৬। কিছু রাসায়নিক পদার্থের বৈশিষ্ট্য দেয়া হলো—

i. গাঢ় H_2SO_4 ও HNO_3 হলো উদ্বায়ী পদার্থ

ii. NaOH, KOH ক্ষয়কারী পদার্থ

iii. NaH, Na ধাতুকে পানিতে সংরক্ষণ করা যায় না

নিচের কোনটি সঠিক হবে?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

২৭। সেমিমাইক্রো অ্যানালিটিক্যাল পদ্ধতিতে—

i. নমুনা লবণ 0.05 গ্রাম থেকে 0.2 গ্রাম ব্যবহার করা হয়

ii. পৃথকীকরণ, ধৌতকরণ দ্রুত করা সম্ভব

iii. সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে H_2S গ্যাসের পরিবর্তে CH_3CSNH_2 ব্যবহৃত হয়

নিচের কোনটি সঠিক হবে?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

❑ **অভিন্ন তথ্যভিত্তিক প্রশ্ন :**

* চারটি গ্রুপের শিক্ষার্থী কাজ শেষ করে ল্যাবরেটরি ত্যাগ করল। পঞ্চম গ্রুপের ৩ জন শিক্ষার্থী ল্যাবরেটরি পরিষ্কার করছে; এমন সময় সোডিয়াম ধাতু পানিতে পড়ে বেসিনে ও ১ম শিক্ষার্থীর অ্যাপ্রনে আগুন লেগে গেল। এ অবস্থায় ২য় ও ৩য় শিক্ষার্থীর সঠিক কর্তব্য হলো :

২৮। ২য় শিক্ষার্থীর ১ম শিক্ষার্থীকে বিপদমুক্ত করতে কোনটি করা উচিত হবে?

(ক) অ্যাপ্রন খুলতে যাওয়া (খ) মাটিতে গড়াগড়ি করতে বলা

(গ) মানুষ ডাকতে যাওয়া (ঘ) বিকারে করে পানি নিতে যাওয়া

২৯। ৩য় শিক্ষার্থী করণীয় ঠিক করল ল্যাবের আগুন নেভাতে, তাই—

i. অগ্নি নির্বাপক যন্ত্র নিতে গেল

ii. আগুন লাগার খবর চিৎকার দিয়ে জানাল

iii. অগ্নি নির্বাপক যন্ত্রের CO_2 গ্যাসের নল ১ম শিক্ষার্থীর দিকে ধরল

নিচের কোনটি সঠিক হবে?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

* নিচের উদ্দীপকটি মনোযোগ সহকারে পড় এবং পরবর্তী প্রশ্নের উত্তর দাও ঃ

সুজন পরীক্ষাগারে আয়তনিক বিশ্লেষণ কাজের জন্য ব্যুরেটে প্রস্তুত H_2SO_4 এসিড দ্রবণ ভর্তি করল। একটি বিকারে 20 mL প্রমাণ Na_2CO_3 দ্রবণ নিল।

৩০। বিকারে উল্লেখিত রাসায়নিক বস্তুটি নিতে সুজনের কোন গ্লাস উপকরণটি ব্যবহার করা সঠিক হবে?

(ক) মেজারিং সিলিন্ডার (খ) পিপেট (গ) ২য় ব্যুরেট (ঘ) ওয়াশ বোতল

৩১। উল্লেখিত আয়তনিক বিশ্লেষণের জন্য—

i. ব্যুরেটটিকে প্রথমে পানি দিয়ে রিন্স করতে হবে।

ii. বিকারের পরিবর্তে কনিকের ফ্লাস্ক ব্যবহার করা উত্তম

iii. ব্যবহৃত রাসায়নিক দ্রব্যাদি চোখের জন্য ক্ষতিকর।

নিচের কোনটি সঠিক হবে?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

* H_2SO_4 এসিড ল্যাবরেটরিতে ও শিল্পক্ষেত্রে বহুল ব্যবহৃত হয়। এটি একটি নিরুদক ও জারণধর্মী এসিড। এ প্রেক্ষিতে নিচের দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

৩২। H_2SO_4 এর জন্য সঠিক তথ্য নিচের কোনটি?

(ক) H_2SO_4 একটি জারক (খ) প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করা হয়

(গ) পরিবেশের জন্য ক্ষতিকর নয় (ঘ) এটির মোলার ভর 106g

৩৩। ল্যাবরেটরিতে গাঢ় H_2SO_4 ব্যবহারে সতর্ক থাকতে হয়। কারণ—

i. H_2SO_4 হলো দাহ্য পদার্থ

ii. এটি ত্বকে ক্ষত সৃষ্টি করে

iii. এটি একটি পরিবেশ দূষক পদার্থ

নিচের কোনটি সঠিক হবে?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

উত্তরমালা :

১ (খ)	২ ।(ঘ)	৩ (খ)	৪ ।(গ)	৫ ।(ঘ)	৬ ।(ঘ)	৭ ।(খ)	৮ ।(ক)	৯ (ঘ)	১০ ।(গ)	১১ ।(গ)
১২ (ঘ)	১৩ ।(ঘ)	১৪ ।(ক)	১৫ ।(গ)	১৬ ।(খ)	১৭ ।(ক)	১৮ ।(খ)	১৯ ।(ঘ)	২০ ।(ক)	২১ ।(ঘ)	২২ ।(ঘ)
২৩ (ক)	২৪ ।(ঘ)	২৫ ।(ঘ)	২৬ ।(গ)	২৭ ।(ঘ)	২৮ ।(খ)	২৯ ।(ক)	৩০ ।(খ)	৩১ ।(গ)	৩২ ।(ক)	৩৩ ।(গ)

খ-বিভাগ : সৃজনশীল প্রশ্ন (CQ)

১। একটি শিক্ষা প্রতিষ্ঠানের রসায়ন ল্যাবরেটরির বর্জ্য ড্রেনের পানি পাশের ডোবায় গিয়ে পড়ে। কিছুদিন পর দেখা গেল ঐ ডোবার মাছ মরে যাচ্ছে। জলজ উদ্ভিদ ও আশেপাশের গাছপালার পাতাতে হলুদে ভাব। অর্থাৎ এ ডোবায় পরিবেশের বিপর্যয় দেখা যাচ্ছে। এ অবস্থা দেখে শিক্ষা প্রতিষ্ঠানটির রসায়ন শিক্ষক একদল শিক্ষার্থীকে নিয়ে পরীক্ষার জন্য ডোবা ও আশেপাশের এলাকা থেকে 4 mL করে ১০টি নমুনা পানি সংগ্রহ করলেন।

(ক) সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণ কী? ১

(খ) ল্যাবরেটরিতে নিরাপদ চশমা বা গগলস্ পরার প্রয়োজনীয়তা কী? ২

(গ) উদ্দীপকের নমুনা সংগ্রহে রসায়ন শিক্ষক মেজারিং সিলিন্ডার বাদে কোন কাচ যন্ত্রটি ব্যবহার করতে শিক্ষার্থীকে বললেন এবং কেন তা ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপকে উল্লেখিত পরিবেশ বিপর্যয় রোধ করতে রসায়নের শিক্ষার্থী হিসেবে কী কী পদক্ষেপ নেয়া যেতে পারে তা সংক্ষেপে যুক্তিসহ লেখ। ৪

২। একাদশ শ্রেণির পলাশ ও শিমুল পরীক্ষাগারে পৃথক পৃথক ভাবে, পল-বুঙ্গি নিক্তি দ্বারা কিছু পরিমাণ সোডিয়াম কার্বনেট মেপে পরিমাপক ফ্লাস্কে সমআয়তনের দুইটি দ্রবণ প্রস্তুত করলো। শিমুল যে নিক্তিটি ব্যবহার করছিল তার ডান প্যানে 5.0g এর একটি, 500mg এর একটি, 100mg এর একটি, 20 mg এর একটি ও 5mg রাইডারটিকে বিমের 20 নং দাগের উপর ছিল। অন্যদিকে পলাশের ক্ষেত্রে ওই একই নিক্তির ডান প্যানে 5.0g এর একটি 200mg এর দুইটি, 100mg এর একটি, 20mg এর দুইটি ও রাইডারটিকে বিমের 25 নং দাগের উপর ছিল।

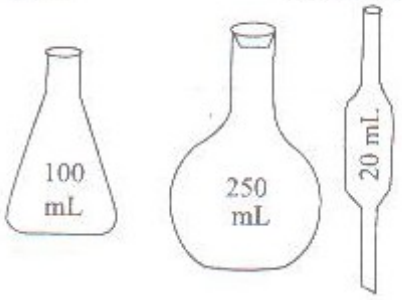
(ক) MSDS এর পূর্ণ রূপ লিখ। ১

(খ) পরীক্ষাগারে প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ বলতে কী বোঝায়? ২

(গ) উদ্দীপকে পল-বুঙ্গি নিক্তির রাইডার দ্রবকটি নির্ণয় কর। ৩

(ঘ) গাণিতিক যুক্তি দিয়ে দেখাও কার তৈরি করা দ্রবণটির ঘনমাত্রা বেশি হবে? ৪

৩। টাইট্রেশন কাজের উদ্দেশ্যে একজন ছাত্র পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সে Na_2CO_3 মেপে প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করতে নিম্নরূপ কাচ যন্ত্র ব্যবহার করে। এরপর 10mL প্রমাণ দ্রবণ মেপে টাইট্রেশনের জন্য প্রস্তুত করল। [চ. বো. ২০১৫]



(ক) রসায়ন ল্যাবের জন্য আন্তর্জাতিকভাবে স্বীকৃত হ্যাজার্ড প্রতীক কয়টি? ১

(খ) পরীক্ষাগারে প্রাথমিক চিকিৎসা প্রদানের লক্ষ্যসমূহ ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপকে উল্লেখিত কাজ সম্পাদনের জন্য চিত্রের কোন্ কোন্ কাচের যন্ত্রপাতি ব্যবহৃত হলো তা ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) 'উদ্দীপকে প্রদর্শিত কাচ যন্ত্রপতি টাইট্রেশন কাজের জন্য যথেষ্ট নয়।'—এ উক্তির যথার্থ নিরূপণে প্রয়োজনীয় সামগ্রীর ব্যবহারের বর্ণনা দাও। ৪

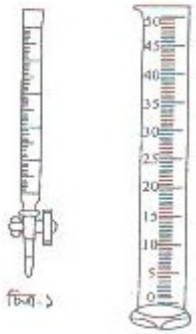
৪। উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের অনুধাবন করে উত্তর দাও।

(ক) রাইডার ধ্রুবক কী? ১

(খ) পরীক্ষাগারে সেকেন্ডারি পদার্থ বলতে কী বোঝায় তা ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপকের চিত্র-১ এর কাচ যন্ত্রের ধৌতকরণ কৌশল বর্ণনা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের চিত্র-১ ও চিত্র-২ এর কাচ যন্ত্রের গঠন প্রকৃতির সাথে ব্যবহারের ক্ষেত্র ও পরিমাপের সূক্ষ্মতার তুলনামূলক ব্যাখ্যা কর। ৪


চিত্র-১

চিত্র-২

৫। একাদশ শ্রেণির ব্যবহারিক ক্লাসে ফারাবী এবং আলভী পৃথকভাবে Na_2CO_3 এর প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুতির লক্ষ্যে যথাক্রমে 1.06g ও 1.0605g দ্রবকে 100mL পরিমাপক ফ্লাস্কে দ্রবীভূত করলো। ফারাবী পানি যোগ করার সময় পরিমাপক ফ্লাস্কের গলার লাল দাগাঙ্কিত অবস্থান থেকে সামান্য নিচে পানির উপরিতল থাকলেও আলভি সঠিকভাবে পরিমাপক ফ্লাস্কের গলার লাল দাগাঙ্কিত অবস্থানেই পানির লেভেল রাখলো।

(ক) হাতে এসিড লাগলে মৃদু পরিষ্কারকরূপে কী ব্যবহার করা যায়? ১

(খ) পরীক্ষাগারে সেন্ট্রিফিউজ যন্ত্রের প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) আলভীর তৈরি করা দ্রবণটির মোলার ঘনমাত্রা কত ছিল? ৩

(ঘ) কোন দ্রবণটির ঘনমাত্রা সঠিকভাবে প্রস্তুত করা হয়েছে? যৌক্তিক কারণসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

৬। পরীক্ষাগারে আলমগীর ও সুমন গুণগত বিশ্লেষণ কাজের জন্য একটি নমুনা বস্তুর 2mL দ্রবণ তৈরি করে পরীক্ষা কাজ শুরু করে।

(ক) মোলারিটি কী? ১

(খ) মেজারিং সিলিন্ডারে গাঢ় HCl এসিড নির্ভুলভাবে পরিমাপের জন্য করণীয় কী? ২

(গ) উদ্দীপক মতে, সুমনের ব্যবহৃত বিশ্লেষণ পদ্ধতির সুবিধা ও অসুবিধাসমূহ উল্লেখ কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, আলমগীর ও সুমনের ব্যবহৃত বিশ্লেষণ পদ্ধতির তুলনামূলক আলোচনা কর। ৪

৭। ব্যুরেট, পিপেট, সিলিন্ডার, গ্লাস রড, ট্রে, বার্নার, টেস্ট টিউব, কনিকেল ফ্লাস্ক → একজন ছাত্র টেস্টটিউব নিয়ে একটি তরলকে বার্নারে তাপ দিতে গেল → উত্তপ্ত তরলটি ছিটকে ছাত্রটির হাতে ও কাপড়ে পড়ল

(ক) জিটেক্স গ্লাভস কী? ১ [ঢা. বো. ২০১৫]

(খ) মোলারিটি তাপমাত্রার ওপর নির্ভরশীল-এর ব্যাখ্যা দাও। ২

(গ) উদ্দীপকে উল্লেখিত যন্ত্রপাতি হতে তিনটি গুরুত্বপূর্ণ যন্ত্র বাছাই কর, যা দিয়ে আয়তনিক বিশ্লেষণ করা যায় এবং তাদের ব্যবহার কৌশল লেখ। ৩ [ব. বো. ২০১৫]

(ঘ) উল্লেখিত দুর্ঘটনা হতে রক্ষা পেতে এবং দুর্ঘটনা পরবর্তী কী সতর্কতা অবলম্বন করা উচিত বলে তুমি মনে কর। ৪ [ব. বো.২০১৫]

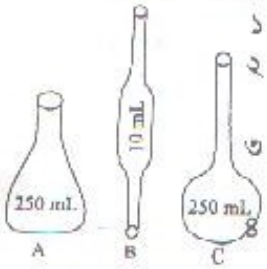
৮। টাইট্রেশন করার উদ্দেশ্য একজন ছাত্র নিম্নরূপ গ্লাস সামগ্রী ব্যবহার করে $NaCO_3$ এর প্রমাণ দ্রবণ বস্তুত করল। এরপর উক্ত প্রশ্ন দ্রবণের 10 mL মেপে নিয়ে টাইট্রেশনের জন্য প্রস্তুত করল। [চ. বো. ২০১৫]

(ক) সবুজ রসায়ন কী? ১

(খ) শিখা পরীক্ষায় গাঢ় HCl ব্যবহৃত হয় কেন? ২

(গ) উদ্দীপকে বর্ণিত কাজ সম্পাদনের জন্য চিত্রের কোন কোন গ্লাস সামগ্রী ব্যবহৃত হলো? ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) "টাইট্রেশনের জন্য উদ্দীপকে প্রদর্শিত গ্লাস সামগ্রীসমূহ যথেষ্ট নয়।" উক্তিটির যথার্থ নিরূপণ কর। ৪



৯। [য. বো. ২০১৫]

(ক) বায়ু শূন্যকরণ কী? ১

(খ) তাপমাত্রা বাড়লে বিক্রিয়ার গতি বাড়ে কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) B চিহ্নি চিত্রের উপাদানসমূহের দূষণ মাত্রা কমিয়ে কীভাবে পরিবেশে পরিত্যাগ করা যায়? বর্ণনা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের A ও B শ্রেণির দূষকের মধ্যে কোন শ্রেণির যৌগসমূহ মাটি দূষণেঅধিকতর ভূমিকা রাখে? বিশ্লেষণ কর। ৪

১০। [সি. বো. ২০১৫]

(ক) প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ কী? ১

(খ) নাইট্রোজেনের আয়নীকরণ বিভব অক্সিজেন অপেক্ষা বেশি কেন? ২

(গ) উদ্দীপক চিত্র-১ এর যন্ত্র ধৌতকরণ কৌশল লিখ। ৩

(ঘ) চিত্র-১ ও চিত্র-২ এর কোন যন্ত্রের সাহায্যে অধিক সূক্ষ্মভাবে পরিমাপ করা সম্ভব- কারণসহ বিশ্লেষণ কর। ৪