RMDAC

পরীক্ষা নং-(৩) : একটি টেস্টটিউবে অল্প সোডিয়াম সালফাইট (Na_2SO_3) গুঁড়া নিয়ে HCl এসিড যোগ করে গ্যাস ডেলিভারি নল কর্কযুক্ত করা হয়। নির্গত SO_2 গ্যাসকে অপর একটি টেস্টটিউবে নেয়া পানিতে চালনা করা হলো। এবার SO_2 গ্যাসের জলীয় দ্রবণে লাল লিটমাস ও নীল লিটমাস পেপার যোগ করা হলো। উভয় লিটমাস লাল থাকে। এতে প্রমাণিত হয় SO_2 গ্যাসের জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী। দ্রবণের pH মান 7 থেকে কম। $SO_2(g) + H_2O(l) \longrightarrow \underset{\text{সালফিউরাস এসিড}}{H_2SO_3(l)}$

পরীক্ষা নং (৪) : পরীক্ষা নং-৩ এর মতো চুনাপাথর থেকে CO_2 গ্যাস তৈরি করে এবং এর জলীয় দ্রবণে লাল লিটমাস ও নীল লিটমাস যোগ করে দেখা গেল উভয় লিটমাস লাল হয়। প্রমাণিত হলো CO_2 এর জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী। দ্রবণের pH মান 7 থেকে কম। $CO_2(g) + H_2O(l) \longrightarrow H_2CO_3(l)$ [কার্বনিক এসিড]

সারণি-৩.৬ : পরীক্ষা, পর্যবেক্ষণ ডাটার চার্ট ও সিদ্ধান্ত

পরীক্ষার ক্রমিক	অক্সাইডের দ্রবণ	লাল লিটমাস দ্রবণসহ বর্ণ	নীল লিটমাস দ্রবণসহ বর্ণ	সিদ্ধান্ত
(১) নং পরীক্ষা :	CaO এর দ্রবণ	নীল	নীল	CaO এর দ্রবণ ক্ষারধর্মী; pH মান 7 থেকে বেশি।
(২) নং পরীক্ষা :	BaO এর দ্রবণ	নীল	নীল	BaO এর দ্রবণ ক্ষারধর্মী; pH মান 7 থেকে বেশি।
(৩) নং পরীক্ষা :	SO_2 এর দ্রবণ	লাল	লাল	SO_2 এর দ্রবণ অম্লধর্মী; pH মান 7 থেকে কম।
(৪) নং পরীক্ষা :	CO_2 এর দ্রবণ	লাল	লাল	CO_2 এর দ্রবণ অম্লধর্মী; pH মান 7 থেকে কম।

৩.৭ মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্ম ও রাসায়নিক বন্ধনের সম্পর্ক

Relation between Periodic Properties and Bond Formation

মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্মের সাথে রাসায়নিক বন্ধন গঠনের সম্পর্ক বলতে s-ব্লক মৌল ও p-ব্লক মৌলসমূহের যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাসভিত্তিক রাসায়নিক বন্ধনের অষ্টক তত্ত্ব মতে আয়নিক যৌগ ও সমযোজী অণু গঠন সম্বন্ধে বোঝা যায়। এর সাথে আয়নীকরণ শক্তি ও ইলেকট্রন আসক্তি—মৌলের এ দুটি পর্যায়ভিত্তিক ধর্ম জড়িত আছে।

রাসায়নিক বন্ধন : রাসায়নিক বন্ধন হলো পরমাণুসমূহের মধ্যে ইলেকট্রন ত্যাগ ও গ্রহণ অথবা শেয়ার করার মাধ্যমে নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় গ্যাসের মতো অধিক স্থায়ী ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করে অণু গঠন করা।

পরমাণুর সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের অর্থাৎ যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন সংখ্যা মৌলটির পর্যায়বৃত্ত ধর্ম প্রকাশ করে। তাই মৌলের রাসায়নিক বন্ধন গঠন মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্মের সাথে সম্পর্কযুক্ত। রাসায়নিক বন্ধনের অষ্টক তত্ত্ব মতে আয়নিক বন্ধন বা, তড়িৎযোজী বন্ধন ও সমযোজী বন্ধন ব্যাখ্যা করা হয়।

(ধাতু + অধাতু) ⟶ আয়নিক বন্ধন; (অধাতু + অধাতু) ⟶ সমযোজী বন্ধন

আয়নিক বন্ধন : ধাতু ও অধাতু পরমাণুর যোজ্যতাস্তরে ইলেকট্রন প্রদান ও গ্রহণের মাধ্যমে নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় মৌলের মতো অধিক স্থায়ী ইলেকট্রন বিন্যাস অর্জন করে যথাক্রমে ধনাত্মক আয়ন ও ঋণাত্মক আয়ন সৃষ্টিসহকারে তড়িৎযোজী বন্ধন বা, আয়নিক বন্ধন গঠন করে। ধনাত্মক আয়ন ও ঋণাত্মক আয়ন সৃষ্টির মাধ্যমে আয়নিক বন্ধন দ্বারা সৃষ্ট যৌগকে আয়নিক যৌগ বলে। NaCl একটি আয়নিক যৌগ। যেমন,

আয়নিক বন্ধন গঠনে গ্রুপভিত্তিক সম্পর্ক : পর্যায় সারণির গ্রুপ-1 ও গ্রুপ-2 এর যথাক্রমে ক্ষার ধাতু ও মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের যোজ্যতাস্তরে যথাক্রমে ns^1 ও ns^2 ইলেকট্রন আছে। অপরদিকে গ্রুপ-17 ও গ্রুপ-16 এর মৌলসমূহে যোজ্যতাস্তরে যথাক্রমে $ns^2\ np^5$ এবং $ns^2\ np^4$ ইলেকট্রনসমূহ আছে।

আবার গ্রুপ-1 এর ক্ষার ধাতুসমূহের **আয়নীকরণ শক্তি সবচেয়ে** কম অর্থাৎ এদের ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা সবচেয়ে বেশি এবং গ্রুপ-17 এর হ্যালোজেনসমূহের **ইলেকট্রন** আসক্তি অর্থাৎ এদের ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা **সবচেয়ে বেশি।**

এতে বোঝা যায়, গ্রুপ-1 এর ধাতুসমূহ এদের ns^1 ইলেকট্রন সহজেই ত্যাগ করে M^+ আয়ন সৃষ্টি করতে পারে এবং সেই ত্যাগ করা ইলেকট্রন গ্রুপ-17 এর মৌল গ্রহণ করে X^- আয়নে পরিণত হতে পারে।

যেমন, লুইস প্রতীকের মাধ্যমে সোডিয়াম পরমাণু (Na•) ও ক্লোরিন পরমাণুর (:C̈l.) ইলেকট্রন ত্যাগ ও গ্রহণের মাধ্যমে নিম্নরূপে NaCl অণু গঠিত হয়।

$$Na\cdot + \cdot\ddot{C}l: \longrightarrow Na^+ + Cl^- \longrightarrow Na^+Cl^- \quad \text{(আয়নিক যৌগ)}$$

অনুরূপভাবে গ্রুপ-2 এর মৌল ns^2 ইলেকট্রনদ্বয় ত্যাগ করে M^{2+} আয়ন সৃষ্টি করতে সক্ষম। গ্রুপ-16 এর মৌলসমূহ দুটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে X^{2-} আয়নে পরিণত হতে পারে। এক্ষেত্রে প্রত্যেক M^+, M^{2+}, X^- ও X^{2-} আয়নসমূহ এদের নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর মতো ইলেকট্রন বিন্যাসে অষ্টক পূর্ণ করেছে। শেষে ধনাত্মক আয়ন ও ঋণাত্মক আয়নসমূহ চার্জ সংখ্যা মতে যুক্ত হয়ে MX, MX_2 ইত্যাদি আয়নিক যৌগ গঠন করতে পারে।

$$Na\cdot \longrightarrow Na^+ + e^- \qquad :\ddot{C}l. + e^- \longrightarrow :\ddot{C}l:^-$$
$$Mg: \longrightarrow Mg^{2+} + 2e^- \qquad :\ddot{O}. + 2e^- \longrightarrow :\ddot{O}:^{2-}$$
$$Mg^{2+} + O^{2-} \longrightarrow Mg^{2+}O^{2-} \longrightarrow MgO$$
$$Na^+ + Cl^- \longrightarrow Na^+Cl^- \longrightarrow NaCl$$

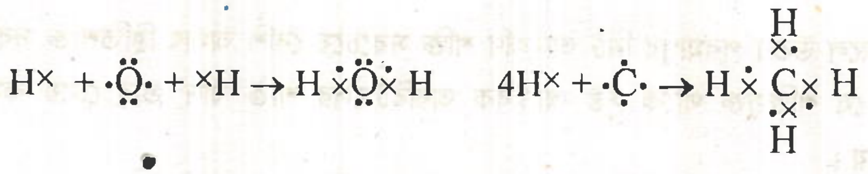
বৈশিষ্ট্য : (১) একই গ্রুপে যত নিচের দিকে পারমাণবিক সংখ্যা মতে যাওয়া যায়, এসব মৌলের সৃষ্ট আয়নের আকার ততই বৃদ্ধি পায়। পোলারায়নের নিয়ম মতে ঋণাত্মক আয়নের আয়নিক আকার যতই বৃদ্ধি পায়, সৃষ্ট আয়নিক বন্ধন ততই দুর্বল হয়।

(২) 'Like dissolves like' নিয়ম মতে আয়নিক যৌগগুলো পোলার পানিতে দ্রবীভূত হয়। কিন্তু বিশুদ্ধ সমযোজী যৌগ অণুতে কোনো পোল (pole) বা ধনাত্মক ও ঋণাত্মক মেরু সৃষ্টি হয় না বলে এরা পানিতে অদ্রবণীয়। এরা অপোলার জৈব দ্রাবক বেনজিন ও কেরোসিনে দ্রবণীয়। যেমন কেরোসিন নামক হাইড্রোকার্বন ($C_{11}H_{24}$) পানিতে অদ্রবণীয়।

(৩) ধাতুর পরমাণুসমূহ ১টি বা ২টি বা ৩টি ইলেকট্রন ত্যাগ করতে যে আয়নীকরণ শক্তির প্রয়োজন হয়; এর চেয়ে বেশি ৪টি ইলেকট্রন ত্যাগ করার প্রয়োজনীয় শক্তি পরিবেশ থেকে পাওয়া দুষ্কর। তাই অনেক মৌল ইলেকট্রন শেয়ার করে নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় গ্যাসের স্থায়ী ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করে বন্ধনে আবদ্ধ হয়; এরূপ বন্ধনকে সমযোজী বন্ধন বলে।

সমযোজী বন্ধন : অধাতব পরমাণুসমূহ ইলেকট্রন যুগল শেয়ারের মাধ্যমে সমযোজী অণু গঠন করে। **রাসায়নিক পরিবেশে অধাতব পরমাণুসমূহ প্রত্যেকে সমসংখ্যক ইলেকট্রন যোগান দিয়ে প্রথমে 'ইলেকট্রন-যুগল' গঠন করে এবং পরে ঐ 'ইলেকট্রন যুগল' উভয় পরমাণু 'শেয়ার করে' নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় মৌলের মতো ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করে বন্ধনে আবদ্ধ হয়; এরূপ বন্ধনকে সমযোজী বন্ধন বলে।** সমযোজী বন্ধন দ্বারা সৃষ্ট যৌগকে সমযোজী যৌগ বলে। H_2O একটি সমযোজী যৌগ। যেমন,

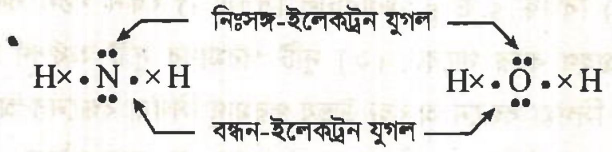
H পরমাণু ও O পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রন যুগল গঠন ও শেয়ার করার মাধ্যমে সমযোজী পানি (H_2O) অণু গঠন এবং কার্বন (C) পরমাণু ও H পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রন যুগল শেয়ার করে সমযোজী মিথেন (CH_4) অণু গঠন 'লুইস-প্রতীক'-এর মাধ্যমে নিচে দেখানো হলো :



লক্ষণীয়, কোনো কোনো সমযোজী অণুতে 'লুইস প্রতীকে' অষ্টক তত্ত্ব মতে কেন্দ্রীয় পরমাণুর প্রতীকের চার পার্শ্বে 'বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল' (bond pair-electrons) ও 'নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল' (Lone pair-electrons) উভয়ই থাকে। আবার কোনো সমযোজী অণুতে কেবল বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল থাকে; নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল থাকে না। যেমন H_2O অণুতে O পরমাণুর ওপর ও নিচে দুটি নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল এবং দু'পার্শ্বে দুটি বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল আছে। কিন্তু CH_4 অণুতে চারটি বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল আছে; কোনো নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল নেই।

বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল : সমযোজী অণুতে যে ইলেকট্রন-যুগল দুটি পরমাণুকে আবদ্ধ রাখে এবং ঐ ইলেকট্রন যুগল উভয় পরমাণুর নিউক্লিয়াস দ্বারা আকৃষ্ট থাকে, সে ইলেকট্রন যুগলকে **বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল** বলে। যেমন পানি (H_2O) অণুতে দুটি করে বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল আছে এবং CH_4 অণুতে চারটি বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল আছে।

নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল : সমযোজী অণুতে যে ইলেকট্রন যুগল কেবল কেন্দ্রীয় পরমাণুর নিউক্লিয়াস দ্বারা আকৃষ্ট থাকে এবং ইলেকট্রনের অক্টেট-সেট গণনায় ভূমিকা রাখে, সে ইলেকট্রন যুগলকে **নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল** বলে। যেমন পানি ($H_2\ddot{O}$) অণুর মধ্যে কেন্দ্রস্থ O-পরমাণুতে দুটি নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল আছে। অ্যামোনিয়া ($\ddot{N}H_3$) অণুর N-পরমাণুতে একটি নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল থাকে। যেমন,



সাধারণত গ্রুপ-14, গ্রুপ-15, গ্রুপ-16 ও গ্রুপ-17 এর মৌলসমূহের মধ্যে ইলেকট্রন শেয়ার করার মাধ্যমে সমযোজী বন্ধন গঠিত হয়।

৩.৮ সমযোজী বন্ধনের অরবিটাল অধিক্রমণ : যোজনী বন্ধন মতবাদ

Orbital Overlapping in Covalent Bond : Valence Bond Theory

* অরবিটালের অধিক্রমণ বলতে দুটি পরমাণুর দুটি অরবিটালের পারস্পরিক উপরিস্থাপনকে বোঝায়। পরমাণুর সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের মোট অর্ধপূর্ণ অরবিটাল (বা বিজোড় ইলেকট্রন) সংখ্যা ঐ মৌলের যোজন অরবিটাল সংখ্যা প্রকাশ করে। যেমন— উদ্দীপিত কার্বন পরমাণু (*C) এর চারটি অর্ধপূর্ণ অরবিটাল আছে। $*C\ (6) = 1s^2\ \boxed{2s^1\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1}$

* দুটি পরমাণুর একটি করে অর্ধপূর্ণ যোজন অরবিটাল পরস্পর অধিক্রমণের ফলে একটি সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি হয়। এক্ষেত্রে দুটি অর্ধপূর্ণ অরবিটাল বিপরীত স্পিনযুক্ত হতে হয়। উল্লেখ্য একই অরবিটালে প্রবেশের জন্য দুটি ইলেকট্রনের স্পিন প্রয়োজনে পুনর্বিন্যাস করে বিপরীত স্পিনযুক্ত হতে হয়; নতুবা অধিক্রমণ ঘটে না।

$$\boxed{\uparrow} + \boxed{\downarrow} \longrightarrow \boxed{\uparrow\downarrow} \text{ অথবা, } \boxed{\uparrow} + \boxed{\uparrow} \longrightarrow \boxed{\uparrow\downarrow}$$

* অরবিটালের অধিক্রমণ উভয় অরবিটালের অক্ষ বরাবর হতে হবে। অরবিটালদ্বয়ের অধিক্রমণের পরিমাণ যত বেশি হবে সৃষ্ট বন্ধনের শক্তি তত বেশি হবে। উভয় অরবিটালের অধিক্রমণের ফলে পরমাণু দুটির নিউক্লিয়াসের মাঝামাঝি স্থানে ইলেকট্রন মেঘের সাধারণ ঘনত্ববিশিষ্ট একটি ক্ষেত্র সৃষ্টি হয়; এটাকে **আণবিক অরবিটাল বলা** হয়।

* আণবিক অরবিটালে উভয় পরমাণুর নিট আকর্ষণ শক্তি সবচেয়ে বেশি অর্থাৎ স্থিতিশক্তি সবচেয়ে কম হয়। পরমাণুর পারমাণবিক অরবিটাল যে শক্তিযুক্ত থাকে সৃষ্ট আণবিক অরবিটালের শক্তি যদি তার চেয়ে কম হয়, তবেই স্থিতিশীল সমযোজী বন্ধন গঠিত হয়।

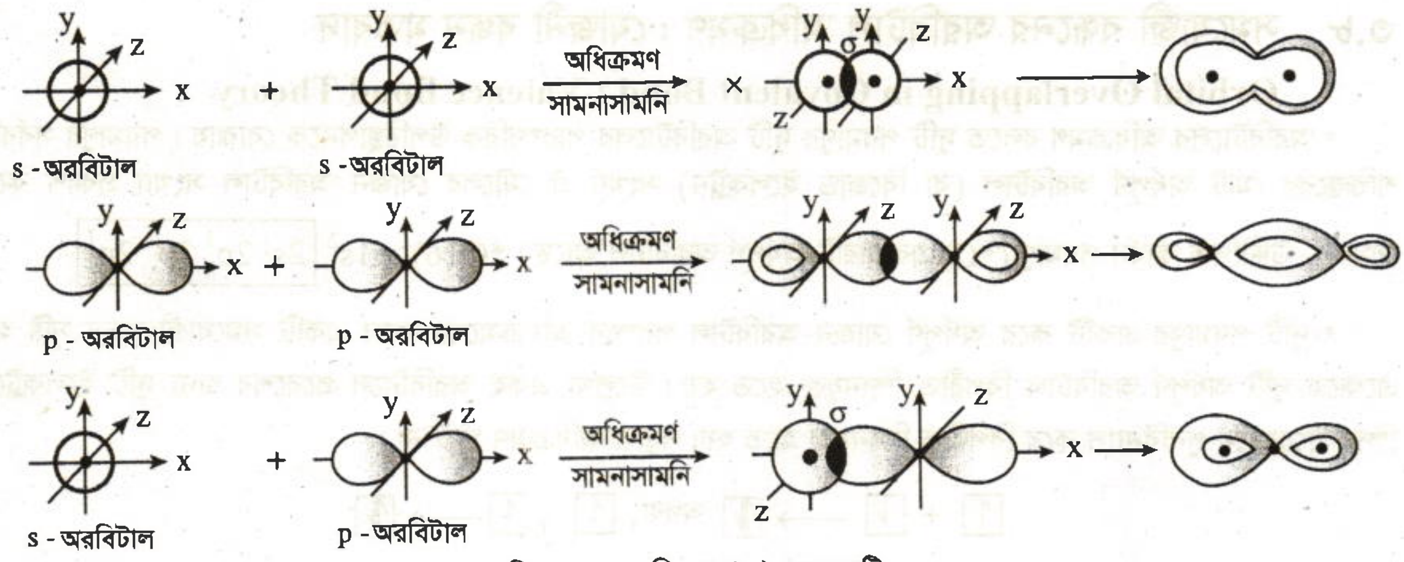
৩.৮.১ সমযোজী বন্ধনের শ্রেণিবিভাগ
Classification of Co-valent Bonds

* দুটি পরমাণুর দুটি অর্ধপূর্ণ অরবিটালের অধিক্রমণ সামনা-সামনি অথবা পাশাপাশি দু'ভাবে ঘটতে পারে। দুটি অর্ধপূর্ণ অরবিটালের মধ্যে সামনা-সামনি অধিক্রমণ ঘটলে তাদের অক্ষ বরাবর সর্বাধিক ইলেকট্রন ঘনত্ববিশিষ্ট বন্ধন সৃষ্টি হয়, একে **সিগ্মা (σ) বন্ধন** বলা হয়। অপরদিকে দুটি পরমাণুর মধ্যে সিগমা বন্ধন গঠনের পর উভয় পরমাণুর দুটি সমান্তরাল অর্ধপূর্ণ p অরবিটালের পাশাপাশি অধিক্রমণ ঘটলে সৃষ্ট বন্ধনে ইলেকট্রনের ঘনত্ব কম থাকে, একে **পাই (π) বন্ধন** বলে। যেহেতু দুটি পরমাণুর একটি করে অর্ধপূর্ণ যোজন অরবিটাল পরস্পর অধিক্রমণের ফলে একটি সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি হয়; সেহেতু **সিগমা বন্ধন ও পাই বন্ধন উভয়েই মূলত সমযোজী বন্ধন।**

(ক) সিগমা (σ) বন্ধন (Sigma bond) : সমযোজী বন্ধন সৃষ্টির সময় যখন দুটি পরমাণুর যোজ্যতাস্তরের দুটি অর্ধপূর্ণ অরবিটালের পরস্পরের সাথে সামনাসামনি অধিক্রমণ ঘটে, তখন উৎপন্ন বন্ধনকে সিগমা (σ) বন্ধন বলা হয়। দুটি s অরবিটাল (s–s), একটি s ও একটি p অরবিটাল (s–p) এবং দুটি p অরবিটালের (p–p) সামনাসামনি অধিক্রমণের ফলে σ বন্ধনের সৃষ্টি হতে পারে। ৩.১৬ নং চিত্রে বিভিন্ন অরবিটালের অধিক্রমণ দেখানো হলো।

সিগমা বন্ধনের বৈশিষ্ট্য : (১) বিশুদ্ধ s ও p অরবিটাল সিগমা σ বন্ধন গঠন করে। এ ছাড়া বিভিন্ন ধরনের সংকর অরবিটালও σ বন্ধন সৃষ্টিতে অংশগ্রহণ করে থাকে। (২) দুটি পরমাণুর দুটি অর্ধপূর্ণ অরবিটালের সামনাসামনি অধিক্রমণ দ্বারা সিগমা বন্ধন গঠিত হয়। (৩) সিগমা বন্ধনে আবদ্ধ উভয় পরমাণু সিগমা বন্ধনের অক্ষ বরাবর ঘূর্ণন করতে পারে।

উদাহরণ : তিনটি চিত্রে H_2 অণু গঠনে s–s সিগমা (σ) বন্ধন, F_2 অণু গঠনে p–p সিগমা (σ) বন্ধন ও HCl অণু গঠনে s–p সিগমা বন্ধন থাকে।



চিত্র-৩.১৬ : সিগমা (σ) বন্ধন সৃষ্টি।

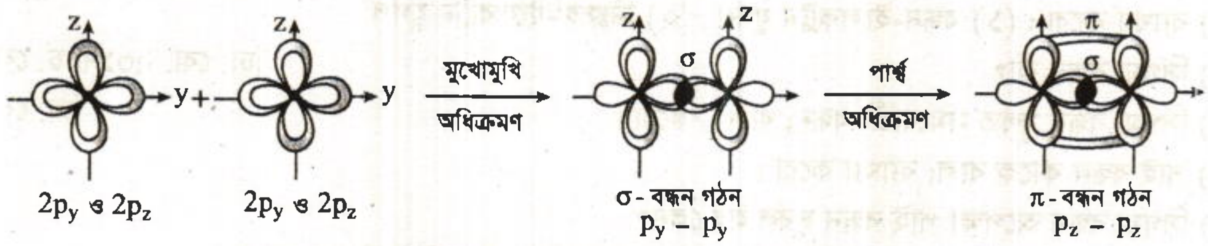
(খ) পাই (π) বন্ধন (Pi, π-bond) : দুটি পরমাণুর মধ্যে একটি সিগ্মা বন্ধন গঠনের পর উভয় পরমাণুর প্রত্যেকটি হতে একটি করে দুটি সমান্তরাল অর্ধপূর্ণ p অরবিটালের পার্শ্ব অধিক্রমণের ফলে সৃষ্ট বন্ধনকে পাই (π) বন্ধন বলা হয়।

পাই (π) বন্ধনের বৈশিষ্ট্য : (১) সিগমা (σ) বন্ধন ছাড়া পাই (π) বন্ধন গঠিত হয় না। (২) s অরবিটাল ও সংকর অরবিটাল পাই (π) বন্ধন গঠন করতে পারে না; কারণ এরা পরস্পর একক অক্ষ বরাবর লম্বভাবে থাকে না। (৩) সর্বোচ্চ ২টি পাই (π) বন্ধন গঠন সম্ভব; কারণ কার্তেসিয়ান (cartesian) জ্যামিতি মতে লম্বভাবে X, Y, Z তিনটি অক্ষ সম্ভব। সিগমা বন্ধন গঠনে দুটি পরমাণুর X–X অক্ষ বরাবর অরবিটাল ব্যবহৃত হলে তখন উভয়ের বেলায় পরস্পর লম্বভাবে থাকা দুটি অক্ষ (Y ও Z) অবশিষ্ট থাকে। (৪) পাই বন্ধনে আবদ্ধ পরমাণুদ্বয়ের একটিকে স্থির রেখে অপরটির বন্ধন বরাবর ঘূর্ণন সম্ভব নয়। তাই এক্ষেত্রে জ্যামিতিক সমাণুতার উদ্ভব ঘটে। (৫) পাই (π) বন্ধন সিগমা বন্ধন থেকে দুর্বল হয়।

চিত্র-৩.১৭ : পাই (π) বন্ধন সৃষ্টি।

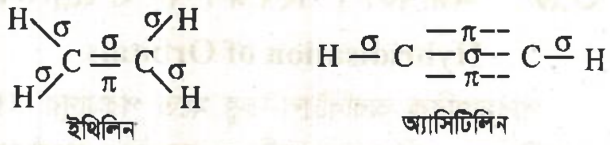
পাশের ৩.১৭ নং চিত্রে দুটি পরমাণুর মধ্যে সিগমা বন্ধন গঠনের পর উভয় পরমাণুর সমান্তরাল দুটি p অরবিটালের পার্শ্ব অধিক্রমণের ফলে পাই (π) বন্ধনের সৃষ্টি দেখানো হলো।

উদাহরণ : অক্সিজেন অণু (O_2) গঠনে একটি সিগমা (σ) বন্ধন ও একটি পাই (π) বন্ধন সৃষ্টি হয়। আমরা জানি, $O(8) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p_x^2\ 2p_y^1\ 2p_z^1$। অর্থাৎ দুটি অক্সিজেন পরমাণুর প্রত্যেকের যোজ্যতাস্তরে দুটি করে অর্ধপূর্ণ $2p_y^1$ ও $2p_z^1$ অরবিটাল আছে। প্রথমে তাদের মধ্যে একটি করে অরবিটাল যেমন, $2p_y^1 - 2p_y^1$ অরবিটাল মুখোমুখি অধিক্রমণ করে সিগমা বন্ধন গঠন করে। তখন প্রত্যেক পরমাণুর অবশিষ্ট $2p_z^1$ অরবিটাল পরস্পর সমান্তরালভাবে থাকে। পরে এ দুটি $2p_z^1$ অরবিটাল পাশাপাশি অধিক্রমণ করে পাই (π) বন্ধন দ্বারা দ্বিবন্ধন সৃষ্টি করে। তাই অক্সিজেন অণুতে দুটি পরমাণুর মধ্যে একটি সিগমা (σ) বন্ধন ও একটি পাই (π) বন্ধন দ্বারা দ্বিবন্ধন সৃষ্টি হয়।



চিত্র-৩.১৮ : অক্সিজেন অণু গঠনে σ ও π বন্ধন।

দ্বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধনে পাই (π) বন্ধন : দুটি পরমাণুর মধ্যে যখন দ্বি-বন্ধন থাকে, তখন একটি সিগমা বন্ধন এবং অপরটি পাই বন্ধন হয়। দুটি পরমাণুর মধ্যে ত্রিবন্ধন থাকলে তার একটি সিগমা বন্ধন এবং অপর দুটি পাই বন্ধন হয়; যেমন ইথিলিনের অণুতে দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে একটি সিগমা বন্ধন ও একটি পাই বন্ধন বিদ্যমান। সব C-H বন্ধন সিগমা বন্ধন। অ্যাসিটিলিন যৌগের অণুতে দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে একটি সিগমা এবং দুটি পাই বন্ধন বিদ্যমান [৩.১৯ নং চিত্র]।



চিত্র-৩.১৯ : ইথিলিন এবং অ্যাসিটিলিন অণুর গঠন।

জেনে নাও : (১) পাই (π) বন্ধন গঠনে s-অরবিটাল অংশ নেয় না কেন? [চ. বো. ২০১৯]

সমাধান : অরবিটালসমূহের ত্রিমাত্রিক গঠন কাঠামোর ওপর নির্ভর করে সমযোজী সিগমা (σ) বন্ধন ও সমযোজী পাই (π) বন্ধন গঠিত হয়। (i) s-অরবিটাল হলো non-directional অর্থাৎ নির্দিষ্ট কোনো অক্ষ বরাবর বিস্তৃত নয়; বরঞ্চ কেন্দ্রস্থ নিউক্লিয়াসের চারদিকে তিনটি অক্ষ (x, y ও z) বরাবর সমভাবে বিস্তৃত গোলক আকৃতির। (ii) তিনটি p-অরবিটাল হলো পৃথক তিনটি অক্ষ x, y, z বরাবর পরস্পর লম্বভাবে থাকা ডাম্বেল আকৃতির অর্থাৎ directional যেমন p_x, p_y, p_z।

পাই (π) বন্ধন গঠনের দুটি শর্ত হলো— (i) অধাতব দুটি পরমাণুর মধ্যে একই অক্ষ বরাবর দুটি অর্ধপূর্ণ অরবিটালের মুখোমুখি অধিক্রমণ দ্বারা ১টি সিগমা (σ) বন্ধন গঠনের পর উভয় পরমাণুতে সমান্তরাল দুটি অর্ধপূর্ণ ও বিশুদ্ধ p অরবিটাল

থাকতে হয়। (ii) সিগমা (σ) বন্ধনে আবদ্ধ উভয় পরমাণুর নিউক্লিয়াসের অক্ষের ওপর লম্বভাবে থাকা এবং পরস্পর সমান্তরাল, বিশুদ্ধ অর্ধপূর্ণ উভয় p অরবিটালের মধ্যে পার্শ্ব অধিক্রমণ ঘটলে তখন পাই (π) বন্ধন গঠিত হয়।

এক্ষেত্রে দুটি পরমাণুর দুটি অর্ধপূর্ণ s অরবিটাল দ্বারা একটি সিগমা (σ) বন্ধন গঠনের পর উভয় নিউক্লিয়াসের অক্ষের ওপর লম্বভাবে এবং পরস্পর সমান্তরাল অপর কোনো অর্ধপূর্ণ s অরবিটাল থাকা সম্ভব নয়। তাই পাই (π) বন্ধন গঠনে s অরবিটালের অংশ গ্রহণ আদৌও সম্ভব নয়।

(২) পাই (π) বন্ধন গঠনে সংকর বা হাইব্রিড অরবিটাল অংশ নেয় না কেন? [দি. বো. ২০১৯]

সমাধান : পাই (π) বন্ধন গঠনের দুটি শর্ত হলো— (i) দুটি অধাতব পরমাণুর অর্ধপূর্ণ অরবিটালদ্বয়ের অক্ষ বরাবর অধিক্রমণ দ্বারা সিগমা (σ) বন্ধন গঠনের পর; (ii) যখন উভয় পরমাণুতে দুটি সমান্তরাল অর্ধপূর্ণ p অরবিটাল থাকে এবং ঐ p অরবিটালদ্বয়ের মধ্যে পার্শ্ব অধিক্রমণ ঘটে, তবেই পাই (π) বন্ধন সৃষ্টি হয়।

আমরা জানি, তিনটি p অরবিটাল পরস্পর সমকোণে বা, 90° কোণে থাকে। অপরদিকে কোনো পরমাণুতে s অরবিটাল ও p-অরবিটালের মধ্যে সংকরণ ঘটলে, তখন সৃষ্ট সংকর অরবিটালসমূহ পরস্পর সমকোণে থাকে না; বরঞ্চ ভিন্ন কৌণিক দূরত্বসহ নতুন জ্যামিতিক গঠন লাভ করে। যেমন C পরমাণুর sp^3 সংকরণে সৃষ্ট চারটি সংকর অরবিটাল পরস্পর 109.5° কোণসহকারে চতুস্তলক গঠন লাভ করে। তাই sp^3 সংকরিত দুটি C পরমাণুর মধ্যে একটি সিগমা বন্ধন গঠনের পর প্রত্যেক C পরমাণুতে তিনটি করে সংকর অরবিটাল অবশিষ্ট থাকে। উভয় C পরমাণুর এ সব সংকর অরবিটাল পরস্পর সমান্তরাল না থাকায় কোনো অরবিটালের মধ্যে পার্শ্ব অধিক্রমণ ঘটে না অর্থাৎ সংকর অরবিটাল দ্বারা পাই (π) বন্ধন গঠন সম্ভব হয় না।

> **শিক্ষার্থীর কাজ-৩.১১ : রাসায়নিক বন্ধনভিত্তিক :**
>
> **সমস্যা-৩.২৫(ক) : সমযোজী বন্ধন কী?**
>
> (খ) ব্যাখ্যা করো : (১) বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল, (২) নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল।
>
> (গ) সিগমা বন্ধন কী? [ঢা. বো. ২০১৭; চ. বো. ২০১৫]
>
> (ঘ) সিগমা বন্ধন মূলত সমযোজী বন্ধন; ব্যাখ্যা করো। [রা. বো. ২০১৬]
>
> (ঙ) পাই বন্ধন কাকে বলে; ব্যাখ্যা করো।
>
> (চ) সিগমা বন্ধন অপেক্ষা পাই বন্ধন দুর্বল হয় কেন?
>
> (ছ) একটি p_y ও একটি p_z অরবিটালের মধ্যে পাই বন্ধন গঠন সম্ভব কীনা ব্যাখ্যা করো।

৩.৯ অরবিটাল সংকরণ বা হাইব্রিডিজেশন

Hybridisation of Orbitals

পারমাণবিক অরবিটাল তত্ত্ব মতে পরমাণুর যোজ্যতাস্তরে যে কয়টি বিজোড় ইলেকট্রন থাকে, সে সংখ্যাই ঐ মৌলের যোজনী হয়। অর্থাৎ সমযোজী বন্ধন গঠনে যোজ্যতাস্তরে বিজোড় ইলেকট্রন থাকে। যেমন H, Clএর প্রত্যেকের যোজ্যতা স্তরে ১টি করে বিজোড় ইলেকট্রন আছে; O পরমাণুর ২টি বিজোড় ইলেকট্রন আছে। তাই H, Cl, O-এর যোজনী যথাক্রমে 1, 1, 2। কিন্তু Be, B, C প্রভৃতি পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসের সাথে তাদের প্রকৃত যোজনী সংখ্যার ব্যাখ্যা পাওয়া যায় না। তাদের ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ :

Be (4) = $1s^2\,2s^2$ লক্ষ্য করো, এতে বিজোড় ইলেকট্রন নেই।

B (5) = $1s^2\,2s^2\,2p_x^1$ লক্ষ্য করো, এতে ১টি বিজোড় ইলেকট্রন আছে।

C (6) = $1s^2\,2s^2\,2p_x^1\,2p_y^1$ লক্ষ্য করো, এতে ২টি বিজোড় ইলেকট্রন আছে।

কিন্তু বাস্তবে $BeCl_2$, BCl_3, CH_4 প্রভৃতি যৌগে Be, B, C এর যোজনী যথাক্রমে 2, 3, 4 হয়েছে। এর ব্যাখ্যায় বিজ্ঞানীরা বলেন, বিক্রিয়াকালে পরমাণুসমূহ প্রয়োজনীয় শক্তি পেয়ে উদ্দীপিত হওয়ার কালে তাদের যোজ্যতাস্তরের জোড়বদ্ধ

$2s^2$ ই লেকট্রন বিজোড় হয়ে একই শক্তিস্তরের পৃথক 2p অরবিটালে স্থানান্তরিত হয়। ফলে বিজোড় অরবিটাল গঠন করে। উদ্দীপিত অবস্থায় তাদের ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ :

$Be^* (4) = 1s^2 2s^1 2p_x^1$ লক্ষ্য করো, এতে ২টি বিজোড় ইলেকট্রন আছে।

$B^* (5) = 1s^2 2s^1 2p_x^1 2p_y^1$ লক্ষ্য করো, এতে ৩টি বিজোড় ইলেকট্রন আছে।

$C^* (6) = 1s^2 2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ লক্ষ্য করো, এতে ৪টি বিজোড় ইলেকট্রন আছে।

এরূপ ব্যাখ্যায় Be, B, C এর যোজনী সংখ্যা 2, 3, 4 হওয়ার ব্যাখ্যা মিলে। কিন্তু তাদের $2s^1$, $2p_x^1$, $2p_y^1$, $2p_z^1$ অরবিটালের ইলেকট্রন দ্বারা গঠিত অণুতে প্রত্যেক সমযোজী বন্ধন শক্তি এবং বন্ধন কোণ সমান হতে পারে না। পরীক্ষালব্ধ তথ্য হতে CH_4 অণুতে চারটি C-H সমযোজী বন্ধনই সমশক্তিসম্পন্ন (415 $kJmol^{-1}$) এবং চারটি বন্ধন কোণ পরস্পর সমান (109°28′)।

প্রচলিত অরবিটাল তত্ত্ব ও পরীক্ষালব্ধ ফলাফলের মধ্যে এ পার্থক্য নিরসন করে এবং পরমাণুর বন্ধন গঠনের প্রবণতা, সৃষ্ট যৌগ অণুর আকৃতি ও বন্ধনশক্তি ব্যাখ্যার উপযুক্ত করে 1931 খ্রিষ্টাব্দে বিজ্ঞানী লিনাস পলিং অরবিটাল সংকরণ বা হাইব্রিডজেশন মতবাদ প্রদান করেন।

অরবিটাল সংকরণের সংজ্ঞা : বিক্রিয়াকালে কোনো পরমাণুর যোজ্যতাস্তরের বিভিন্ন শক্তির অরবিটালসমূহ পরস্পরের সাথে মিশ্রিত হয়ে পরে সমশক্তির অরবিটাল সৃষ্টির প্রক্রিয়াকে অরবিটালসমূহের সংকরণ বা হাইবিডিজেশন বলা হয়। সংকরণ প্রক্রিয়ায় সৃষ্ট অরবিটালসমূহকে **সংকর অরবিটাল** (hybrid orbitals) বলা হয়।

অরবিটাল সংকরণ মতবাদের সার-সংক্ষেপ হলো নিম্নরূপ :

(১) শুধুমাত্র একক বিচ্ছিন্ন পরমাণুর অরবিটালের সংকরণ ঘটতে পারে।

(২) একই শক্তিস্তরের প্রায় সমশক্তিসম্পন্ন অরবিটালসমূহ সংকরণে অংশ গ্রহণ করে।

(৩) সংকরণে যতগুলো অরবিটাল অংশগ্রহণ করে, ঠিক ততটি সমশক্তির সংকর অরবিটাল সৃষ্টি হয়। (এটি সমশক্তি বন্ধন সৃষ্টি ব্যাখ্যা দেয়।) (ii) সংকরণের ফলে সৃষ্ট অরবিটালসমূহের শক্তি সমান বা সমতুল্য ও একই আকৃতির হওয়ায় তারা পরস্পরকে বিকর্ষণ করে সমান কৌণিক দূরত্ব সৃষ্টি করে। ফলে তাদের দিক নির্দেশনা বিভিন্ন হয়। (iii) সংকরণের প্রকৃতি থেকে অণুর আকৃতি ও অণুর মধ্যকার বন্ধন কোণ সম্পর্কে ধারণা করা সম্ভব। (iv) পারমাণবিক অরবিটালের মতো সংকর অরবিটালেও সর্বাধিক দুটো ইলেকট্রন থাকতে পারে। (v) সংকর অরবিটালসমূহ বিশুদ্ধ পারমাণবিক অরবিটাল অপেক্ষা ভিন্ন পরমাণুর অরবিটালসমূহের সাথে অধিকতরভাবে অধিক্রমণ হতে পারে। ফলে সংকর অরবিটালসমূহ থেকে সৃষ্ট বন্ধনসমূহ অধিকতর শক্তিশালী হয়। (vi) অরবিটালের সংকরণ ঘটে; ইলেকট্রনের নয়। প্রত্যেক সংকর অরবিটালেও বিপরীত স্পিনের দুটি করে ইলেকট্রন থাকে।

৩.৯.১ সংকর অরবিটালের প্রকারভেদ

Different Types of Hybrid Orbitals

অরবিটালসমূহের বিভিন্ন ধরনের সংকরণ হতে পারে; যেমন—

(১) sp^3 সংকরণ	(CH_4 অণু গঠনে)	:	চতুস্তলকীয় গঠন : বন্ধন কোণ 109.5°
(২) sp^2 সংকরণ	($CH_2 = CH_2$ অণু গঠনে)	:	সমতলীয় ত্রিভুজাকার গঠন : বন্ধন কোণ 120°
(৩) sp সংকরণ	($CH \equiv CH$ অণু গঠনে)	:	সরলরৈখিক গঠন : বন্ধন কোণ 180°
(৪) sp^2d সংকরণ	$[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ আয়নে	:	সমতলীয় বর্গাকার গঠন : বন্ধন কোণ 90° MAT (20-21)
(৫) sp^3d সংকরণ	(PCl_5 অণু গঠনে)	:	ত্রিকোণাকার দ্বিপিরামিড গঠন : বন্ধন কোণ 120° (সমতল)
(৬) sp^3d^2 সংকরণ	(SF_6 অণু গঠনে)	:	অষ্টতলকীয় গঠন : বন্ধন কোণ 90°

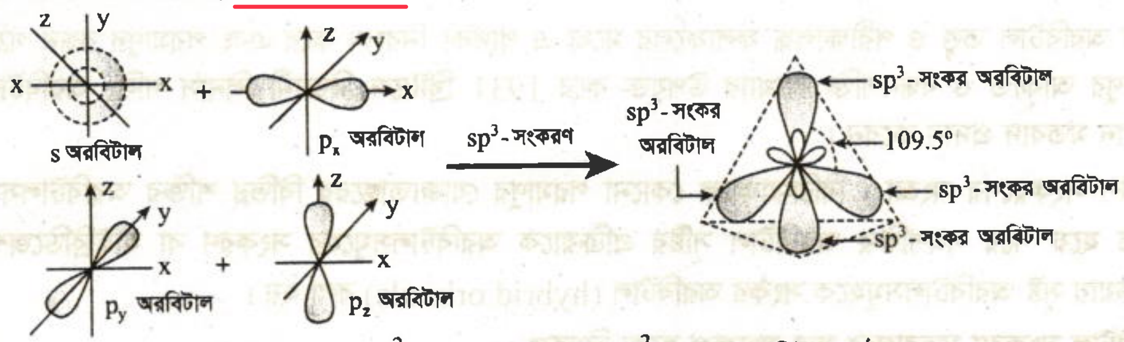
(৭) sp^3d^3 সংকরণ (IF_7 অণু গঠনে) : পঞ্চভুজীয় দ্বিপিরামিড গঠন : বন্ধন কোণ 90° MAT (21-22)

(৮) d^2sp^3 অথবা $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$ আয়ন গঠনে : অষ্টতলকীয় গঠন : বন্ধন কোণ 90°
sp^3d^2 সংকরণ

তবে কার্বন পরমাণুতে কেবল তিন প্রকার সংকরণ ঘটে। যেমন– sp^3, sp^2, sp সংকরণ। এখানে কার্বন পরমাণুর তিন প্রকার সংকরণ দ্বারা বিভিন্ন যৌগ গঠন আলোচনা করা হলো। কার্বন-কার্বন একক বন্ধন গঠনে sp^3, কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন গঠনে sp^2 এবং কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন গঠনের বেলায় প্রতিটি C-পরমাণুর sp-সংকরণ ঘটে।

sp^3 সংকরণ (sp^3 Hybridisation)

বিক্রিয়াকালে কোনো পরমাণুর যোজ্যতাস্তরের একটি s অরবিটাল ও তিনটি p অরবিটাল-এর মধ্যে সংমিশ্রণ ও পরে চারটি সমশক্তির অরবিটাল সৃষ্টির প্রক্রিয়াকে sp^3 সংকরণ বলা হয়। সৃষ্ট চারটি সংকর অরবিটাল সুষম চতুস্তলকের শীর্ষবিন্দুর দিকে প্রসারিত থাকে এবং কেন্দ্রে 109°28′ কোণ উৎপন্ন করে। যেমন,



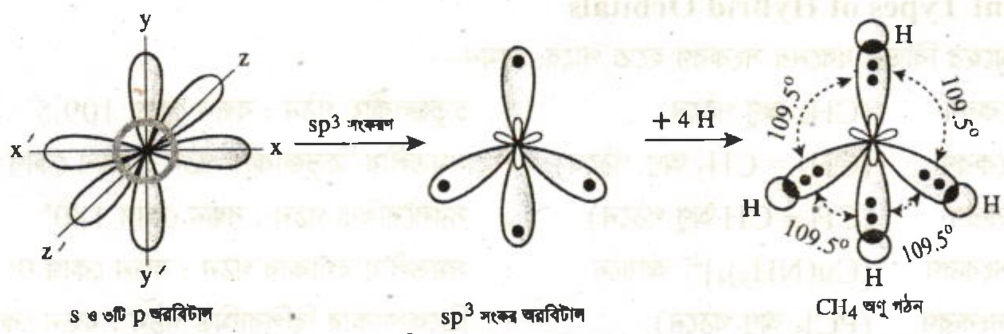
চিত্র-৩.২০ : sp^3 সংকরণ দ্বারা ৪টি sp^3 সংকর অরবিটাল গঠন।

কার্বনের sp^3 সংকরণ ও মিথেন অণু গঠন

sp^3 hybridisation of C-atom and Structure of CH_4

কার্বন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস হচ্ছে $C(6) = 1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^0$; এতে দুটি বিজোড় ইলেকট্রন আছে। যৌগ গঠনকালে শক্তি শোষণ করে উদ্দীপিত কার্বন পরমাণু এর 2s অরবিটাল থেকে একটি ইলেকট্রন খালি $2p_z$ অরবিটালে স্থানান্তরিত করে। যেমন, $C^*(6) = 1s^2\ 2s^1\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$

এ অবস্থায় কার্বন পরমাণুর যোজ্যতাস্তরের একটি 2s ও তিনটি 2p অরবিটাল সংমিশ্রিত হয়ে নতুন চারটি সমশক্তির সংকর অরবিটাল $2\psi_1^1$, $2\psi_2^1$, $2\psi_3^1$, $2\psi_4^1$ তৈরি করে। এরূপ sp^3 সংকরণে সৃষ্ট সংকর অরবিটালসমূহ একটি চতুস্তলকের শীর্ষবিন্দুর দিকে প্রসারিত থাকে। এ সমশক্তির সংকর অরবিটালসমূহ পরবর্তীতে চারটি H-পরমাণুর $1s^1$ অরবিটালসমূহের সাথে মুখোমুখি অধিক্রমণ করে মিথেন অণু (CH_4) সৃষ্টি করে। এ sp^3 সংকরণের ফলে সৃষ্ট অণুতে আদর্শ অবস্থায় বন্ধন কোণসমূহ 109°28′ হয়। নিচে C-পরমাণুর sp^3 সংকরণ ও H-পরমাণুর সাথে CH_4 অণু সৃষ্টি সুষম চতুস্তলকীয় গঠন দেখানো হলো।

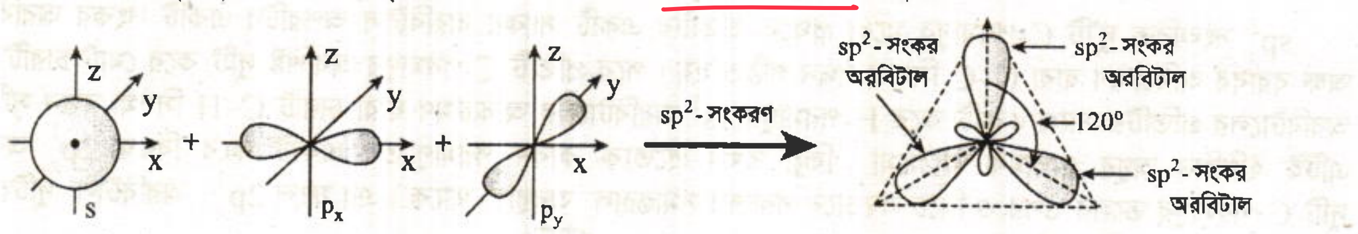


চিত্র-৩.২১ : কার্বন পরমাণুর sp^3 সংকরণের মাধ্যমে চতুস্তলকীয় CH_4 অণুর সৃষ্টি।

RMDAC

৩.৯.২ sp^2 সংকরণ
sp^2 hybridisation

বিক্রিয়াকালে কোনো পরমাণুর যোজ্যতাস্তরের একটি s অরবিটাল ও দুটি p অরবিটালের মধ্যে সংমিশ্রণ ও পরে তিনটি সমশক্তির অরবিটাল সৃষ্টির প্রক্রিয়াকে sp^2 সংকরণ বলা হয়। এতে সৃষ্ট সংকর অরবিটাল তিনটি একই সমতলে অবস্থান করে এবং একটি সমবাহু ত্রিভুজের তিন শীর্ষবিন্দুর দিকে প্রসারিত হয়; ত্রিভুজের কেন্দ্রে পরমাণুর নিউক্লিয়াস থাকে। sp^2 সংকরণের ফলে সৃষ্ট এ অরবিটালসমূহ কেন্দ্রে পরস্পরের মধ্যে 120° কোণ উৎপন্ন করে।



চিত্র-৩.২২ : sp^2 সংকরণ দ্বারা ৩টি সংকর অরবিটাল গঠন।

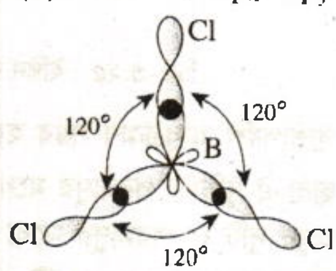
(১) বোরনের sp^2 সংকরণ প্রক্রিয়ায় BCl_3 যৌগের গঠন
sp^2 Hybridisation of B-atom & Structure of BCl_3

বোরন (B) পরমাণুর স্বাভাবিক ইলেকট্রন বিন্যাসে ১টি অযুগ্ম ইলেকট্রন আছে। যেমন B (5) = $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^o\ 2p_z^o$। B পরমাণুর 2s অরবিটাল থেকে ১টি ইলেকট্রন 2p অরবিটালে স্থানান্তরের ফলে এতে তিনটি অযুগ্ম ইলেকট্রন হয়ে থাকে। এর পরে বোরন পরমাণুতে sp^2 সংকরণ ঘটে :

স্বাভাবিক অবস্থায় : B (5) : $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^o 2p_z^o$

উদ্দীপিত অবস্থায় : B* (5) : $1s^2 2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^o$

সংকরিত অবস্থায় : B (5) : $1s^2, 2\psi_1^1, 2\psi_2^1, 2\psi_3^1$



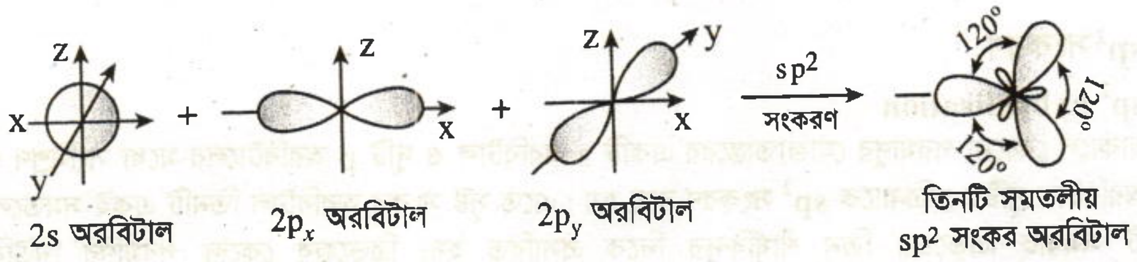
চিত্র-৩.২৩ : sp^2 সংকরণে ত্রিভুজ আকৃতির BCl_3 অণুর গঠন।

এখানে $\psi_1^1, \psi_2^1, \psi_3^1$ হলো বোরনের সংকর অরবিটালসমূহ। উৎপন্ন তিনটি সংকর অরবিটাল একটি ত্রিভুজের তিনটি শীর্ষবিন্দুর দিকে প্রসারিত হয়ে পরস্পর 120° কোণ গঠন করে। এরা তিনটি ক্লোরিন পরমাণুর এক ইলেকট্রনবিশিষ্ট $3p_z^1$ অরবিটালের সাথে অধিক্রমণ দ্বারা তিনটি B–Cl সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি করে এবং BCl_3 অণু গঠিত হয়। BCl_3 অণুর গঠন আকৃতি সমতলীয় সুষম ত্রিভুজাকার।

(২) কার্বনের sp^2 সংকরণ ও ইথিন বা ইথিলিন অণুর গঠন
sp^2 Hybridisation of Carbon atoms and Structure of Ethene

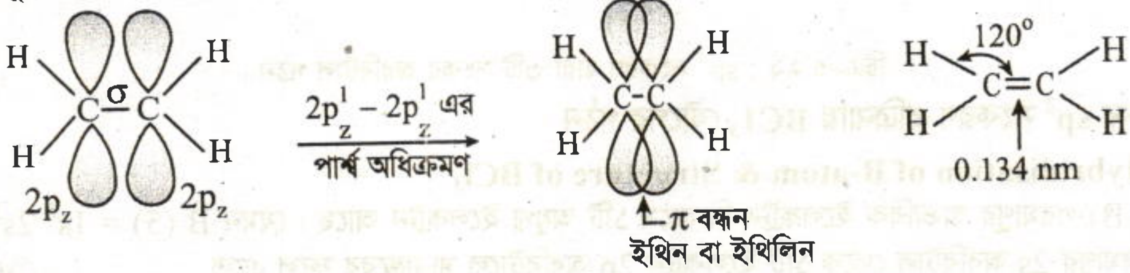
কার্বনের sp^2 সংকরণ : উদ্দীপিত কার্বন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস হলো C*(6) = $1s^2\ 2s^1\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$ । তখন কার্বন পরমাণুর $2s^1$ অরবিটালের সঙ্গে তিনটি 2p অরবিটালের ($2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$) যেকোনো দুটির মিশ্রণের ফলে সমশক্তির তিনটি sp^2 সংকর অরবিটাল ($2\Psi_1^1\ 2\Psi_2^1\ 2\Psi_3^1$) এর সৃষ্টি হতে পারে। একে কার্বনের sp^2 সংকরণ বলে। এ অবস্থায় C পরমাণুর একটি 2p অরবিটাল অপরিবর্তিত অর্থাৎ বিশুদ্ধ অবস্থায় থেকে যায়। তখন তিনটি sp^2 সংকর অরবিটাল একই সমতলে থাকে এবং পরস্পরের সঙ্গে 120° কোণ উৎপন্ন করে। প্রত্যেকটি sp^2 সংকর অরবিটালে 33.3% s-চরিত্র ও 66.7% p- চরিত্র থাকে। যেমন—

$$C^*(6) \longrightarrow 1s^2\ \boxed{2s^1 2p_x^1 2p_y^1}\ 2p_z^1 \xrightarrow{sp^2\ সংকরণ} 1s^2\ 2\Psi_1^1\ 2\Psi_2^1\ 2\Psi_3^1\ 2p_z^1$$



চিত্র-৩.২৪ : কার্বন পরমাণুর sp^2 সংকর দ্বারা তিনটি সংকর অরবিটাল গঠন।

sp^2 সংকরিত দু'টি C-পরমাণুর মধ্যে প্রথমে প্রতিটির একটি সংকর অরবিটাল অপরটির একটি সংকর অরবিটালের অক্ষ বরাবর অধিক্রমণ দ্বারা C–C সিগমা বন্ধন গঠিত হয়। পরে প্রতিটি C-পরমাণুর অবশিষ্ট দুটি করে মোট চারটি সংকর অরবিটালের প্রতিটির সাথে একটি করে H-পরমাণুর $1s^1$ অরবিটালের অধিক্রমণ দ্বারা চারটি C–H সিগমা বন্ধন সৃষ্টি হয়। এটিই ইথিলিন অণুর প্রাথমিক কাঠামো। কিন্তু তখন প্রত্যেক কার্বন পরমাণুতে একটি করে বিশুদ্ধ $2p_z^1$ অরবিটাল দুটি C পরমাণুর তলের ওপর ও নিচে লম্বভাবে পরস্পর সমান্তরাল অবস্থায় থাকে। এর ফলে $2p_z^1$ অরবিটাল দুটির মধ্যে



চিত্র-৩.২৫ : ইথিন বা ইথিলিন অণুর মধ্যে দুটি $2p_z^1$ অরবিটালের পাশাপাশি অধিক্রমণ দ্বারা পাই (π) বন্ধনের সৃষ্টি।

পাশাপাশি অধিক্রমণ সম্ভব হয়। এভাবে ডাম্বেল আকৃতিবিশিষ্ট দুটি $2p_z^1$ অরবিটালের পাশাপাশি আংশিকভাবে অধিক্রমণ দ্বারা ঐ দুটি C পরমাণুর মধ্যে একটি দুর্বল সমযোজী বন্ধনের সৃষ্টি হয়, একে কার্বন-কার্বন π বন্ধন বলে। সুতরাং ইথিলিন অণুর দুটি C পরমাণুর মধ্যে দুটি সমযোজী বন্ধন থাকে; এদের একটি হলো দুটি C পরমাণুর অক্ষ বরাবর, $sp^2 - sp^2$ সিগমা (σ) বন্ধন ও একটি পাই (π) বন্ধন মিলে একটি কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন সৃষ্টি হয়।

জ্যামিতিক আকৃতির দিক থেকে তিনটি sp^2 অরবিটাল সমতলীয় সুষম ত্রিকোণাকার হয়ে থাকে এবং ∠H–C–H বা, ∠H–C–C সমান 120° এবং C=C দ্বিবন্ধন দূরত্ব 0.134 nm হয়ে থাকে।

৩.৯.৩ sp সংকরণ
sp Hybridisation

বিক্রিয়াকালে কোনো পরমাণুর যোজ্যতাস্তরের একটি s অরবিটাল ও একটি p অরবিটালের মধ্যে সংমিশ্রণ ও পরে দুটি সমশক্তির অরবিটাল সৃষ্টির প্রক্রিয়াকে **sp সংকরণ** বলা হয়। এতে সৃষ্ট সংকর অরবিটালদ্বয় পরস্পরের বিপরীত দিকে সরলরেখা বরাবর অবস্থিত হয়। অর্থাৎ তাদের মধ্যকার কোণের পরিমাণ 180° হয়।

(১) sp সংকরণ প্রক্রিয়ায় $BeCl_2$ যৌগের অণুর গঠন
sp Hybridisation of Be-atom & Structure of $BeCl_2$

বেরিলিয়াম Be(4) পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\ 2s^2$, যাতে প্রথম দৃষ্টিতে মনে হয় Be মৌলের যোজনী শূন্য। কারণ এতে কোনো অযুগ্ম ইলেকট্রন নেই। উদ্দীপিত অবস্থায় বেরিলিয়াম পরমাণুর 2s অরবিটাল থেকে 2p অরবিটালে একটি ইলেকট্রন স্থানান্তরের ফলে এর ইলেকট্রন বিন্যাস দাঁড়ায় $1s^2\ 2s^1\ 2p_x^1$।

এ অবস্থায় বেরিলিয়াম পরমাণুতে sp সংকরণ হয়। উৎপন্ন দুটি সংকর অরবিটালে একটি করে ইলেকট্রন থাকে এবং এরা দুটি ক্লোরিন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসের ($3s^2\ 3p_x^2\ 3p_y^2\ 3p_z^1$) এক ইলেকট্রনবিশিষ্ট $3p_z^1$ অরবিটালের সাথে অধিক্রমণ প্রক্রিয়ায় দুটি Be–Cl বন্ধন সৃষ্টি করে। ফলে $BeCl_2$ অণু গঠিত হয়।

চিত্র-৩.২৬ : sp-সংকরণ দ্বারা $BeCl_2$ অণুর গঠন।

এক্ষেত্রে sp সংকরণ হওয়ায় $\angle ClBeCl = 180°$।
অর্থাৎ $BeCl_2$ অণুর আকৃতি সরলরৈখিক।

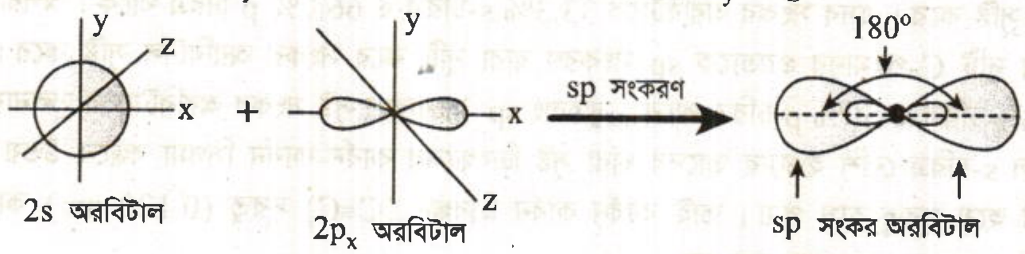
MCQ-3.16 : NH_3 অণুর ক্ষেত্রে তথ্য হলো :
(i) N পরমাণুতে sp^3 সংকরণ ঘটেছে
(ii) মুক্ত জোড় ইলেকট্রন আছে
(iii) চতুস্তলকীয় গঠন
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii
(গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

(২) কার্বনের sp সংকরণ ও ইথাইন বা অ্যাসিটিলিন অণুর গঠনাকৃতি

sp Hybridisation of Carbon atoms and Structure of Ethyne

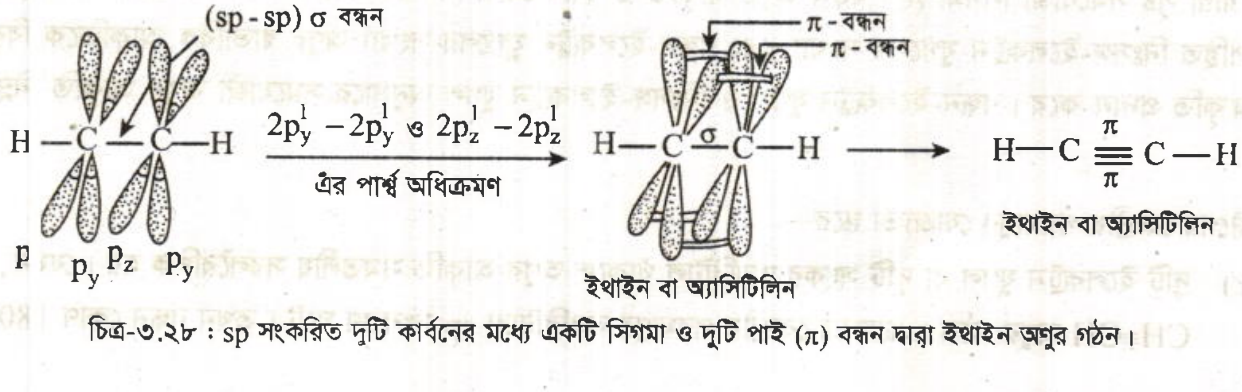
ইথাইন বা অ্যাসিটিলিন অণুর (H–C ≡ C–H) মধ্যে দুটি কার্বন পরমাণু পরস্পর ত্রিবন্ধনে আবদ্ধ থাকে। এ ত্রিবন্ধনের মধ্যে একটি σ বন্ধন ও দুটি π বন্ধন থাকে। একত্রে দুটি কার্বন পরমাণু প্রত্যেকে প্রথমে উদ্দীপিত অবস্থায় একটি 2s অরবিটাল ও একটি 2p অরবিটাল (যেমন, $2p_x$) মিশ্রিত হয়ে sp সংকরণ দ্বারা দুটি করে সংকর অরবিটাল ($2\Psi_1^1\ 2\Psi_2^1$) সৃষ্টি করে। প্রত্যেকটি sp সংকর অরবিটালে 50% s-চরিত্র ও 50% p-চরিত্র থাকে। এ দুটি সংকর অরবিটাল সমতলীয় এবং এক রেখায় অবস্থান করে।

$$*C(6) \longrightarrow 1s^2\,2s^1\,2p_x^1\,2p_y^1\,2p_z^1 \xrightarrow{\text{sp সংকরণ}} 1s^2\,2\Psi_1^1\,2\Psi_2^1\,2p_y^1\,2p_z^1$$



চিত্র-৩.২৭ : C-পরমাণুর sp সংকরণ

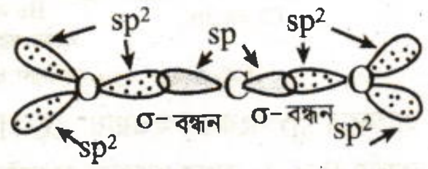
sp সংকরিত দু'টি C-পরমাণুর ইথাইন অণু গঠন : sp সংকরিত C পরমাণুর দু'টি করে সংকর অরবিটাল ($2\Psi_1^1\ 2\Psi_2^1$) থাকে। এরূপ দুটি C-পরমাণুর মধ্যে প্রথমে উভয় C-পরমাণুর একটি সংকর অরবিটালের মুখোমুখি অধিক্রমণ দ্বারা σ বন্ধন উৎপন্ন করে। এছাড়াও ঐ দুটি কার্বন পরমাণু তাদের দ্বিতীয় সংকর অরবিটাল দ্বারা পৃথকভাবে দুটি H পরমাণুর সাথে দুটি σ বন্ধন গঠন করে। কিন্তু অসংকরিত $2p_y^1$ এবং $2p_z^1$ অরবিটাল দুটি অবিকৃত অবস্থায় থাকে। তখন উভয় কার্বন পরমাণুর সমান্তরাল ও অসংকরিত একটি করে দুটি অরবিটালের পাশাপাশি ও আংশিকভাবে অধিক্রমণ দ্বারা দুটি π বন্ধন উৎপন্ন করে। অতএব ইথাইন বা অ্যাসিটিলিন অণুর মধ্যে তিনটি σ বন্ধন (দুটি C–H ও একটি C–C সিগমা বন্ধন) এবং দুই কার্বন পরমাণুর মধ্যে দুটি π বন্ধন অবস্থান করে। π বন্ধনের ইলেকট্রনগুলো এ σ বন্ধনের মূল কাঠামোকে বেষ্টন করে রাখে।



চিত্র-৩.২৮ : sp সংকরিত দুটি কার্বনের মধ্যে একটি সিগমা ও দুটি পাই (π) বন্ধন দ্বারা ইথাইন অণুর গঠন।

জ্যামিতিক আকৃতির দিক থেকে দুটি sp অরবিটাল সমতলীয় সরলরৈখিক এবং H–C–C কোণ 180° এবং C≡C ত্রিবন্ধন দূরত্ব হলো 0.120 nm।

(৩) **sp সংকরিত C-পরমাণু ও sp^2 সংকরিত O-পরমাণু দ্বারা সরলরৈখিক CO_2 অণু গঠন :** sp সংকরিত C পরমাণুর দুটি সংকর অরবিটাল ও দুটি অসংকরিত 2p অরবিটাল থাকে; $(2\psi_1^1\ 2\psi_2^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1)$। sp^2 সংকরিত O পরমাণুর তিনটি সংকর অরবিটাল ও একটি অসংকরিত 2p অরবিটাল থাকে; $(2\psi_1^2\ 2\psi_2^2\ 2\psi_3^1\ 2p_z^1)$। sp সংকরিত C পরমাণু এর দুটি সংকর অরবিটাল $(2\psi_1^1\ 2\psi_2^1)$ দ্বারা দুটি sp^2 সংকরিত O পরমাণুর প্রত্যেকের বিজোড় ইলেকট্রনের $(2\psi_3^1)$ সংকর অরবিটালের অধিক্রমণের মাধ্যমে দুটি সিগমা বন্ধন (σ) সহযোগে প্রাথমিক কাঠামো গঠিত হয়।



C পরমাণু O পরমাণুর মধ্যে C–O সিগমা বন্ধন গঠন

এরপর C পরমাণুর 2টি অসংকরিত 2p অরবিটাল $(2p_y^1\ 2p_z^1)$ সহযোগে দুই পার্শ্বের 2টি O পরমাণুর অসংকরিত $2p_z^1$ অরবিটালের পার্শ্ব অধিক্রমণ ঘটে। ফলে দুটি কার্বন-অক্সিজেন পাই (π) বন্ধন দ্বারা রৈখিক CO_2 (O=C=O) অণু গঠিত হয়। তখন O পরমাণুতে দুটি করে সংকর অরবিটালে (sp^2) দুই জোড়া নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন থাকে। উভয় O পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল পরস্পরকে বিকর্ষণ করে সরলরৈখিকভাবে 180° বন্ধন কোণে জ্যামিতিক গঠন সৃষ্টি করে।

দ্রষ্টব্য : কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন দূরত্ব (0.120 nm) কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন দূরত্ব (0.134 nm) অপেক্ষা কম হয়।

এর কারণ ব্যাখ্যা : কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন গঠনের বেলায়, দুটি C-পরমাণুর প্রত্যেকে sp^2 সংকরণ দ্বারা তিনটি করে সংকর অরবিটাল সৃষ্টি করে। এসব সংকর অরবিটালে 33.3% s-চরিত্র ও 66.7% p চরিত্র থাকে। অপরদিকে কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধনের বেলায় দুটি C-পরমাণুর প্রত্যেকে sp সংকরণ দ্বারা দুটি করে সংকর অরবিটাল সৃষ্টি করে। এসব sp সংকর অরবিটালে 50% s-চরিত্র ও 50% p-চরিত্র থাকে। সুতরাং sp^2 সংকরণে সৃষ্ট সংকর অরবিটালের তুলনায় sp সংকরণে সৃষ্ট সংকর অরবিটালে s-চরিত্র বেশি হওয়ায় তাদের দ্বারা সৃষ্ট ত্রিবন্ধনের কার্বন-কার্বন সিগমা বন্ধনে উভয় কার্বন নিউক্লিয়াস অধিকতর আকৃষ্ট হয়ে দূরত্ব হ্রাস পায়। তাই কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন (C≡C) দূরত্ব (0.120 nm) কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন (C=C) দূরত্ব (0.134 nm) অপেক্ষা কম হয়।

শিক্ষার্থী নিজে করো-৩.১২ : অরবিটাল সংকরণভিত্তিক :
সমস্যা-৩.২৬ : ফরম্যালডিহাইড অণু (H_2C=O) গঠনে C-পরমাণুর অরবিটাল সংকরণ বর্ণনা করো।
সমস্যা-৩.২৭ : অ্যাসিটিলিন (H–C≡C–H) অণু গঠনে C-পরমাণুর অরবিটাল সংকরণ বর্ণনা করো।

৩.১০ সংকর অরবিটালের সাথে সমযোজী যৌগের আকৃতির সম্পর্ক

Relation between Shapes of Covalent Compounds and Hybrid orbitals

যেকোনো সমযোজী যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকর অরবিটালসমূহের নির্দিষ্ট দিক ঐ যৌগ অণুর আকৃতি নির্দিষ্ট করে। কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটালের বিভিন্ন প্রকার সংকরণ যেমন sp^3 সংকরণ, sp^2 সংকরণ, sp সংকরণ ইত্যাদির প্রকৃতির ওপর তাদের দ্বারা সৃষ্ট সমযোজী সিগমা (σ) বন্ধন অণুর আকৃতি ও বন্ধন কোণ নির্ধারণ করে। আবার কেন্দ্রীয় পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে উপস্থিত নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগলের সংখ্যা এবং বন্ধন-ইলেকট্রন যুগলের সংখ্যা অণুর স্বাভাবিক আকৃতিকে বিকৃত করে নতুন আকৃতি প্রদান করে। বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল ও নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল অনুসারে সমযোজী অণুর আকৃতি নিম্নরূপ হয়ে থাকে।

যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে—

(1) **দুটি ইলেকট্রন যুগল** বা **দুটি সংকর অরবিটাল** থাকলে অণুর আকৃতি **সমতলীয় সরলরৈখিক** হয়। যেমন, $BeCl_2$, CH≡CH অণুর গঠন। এক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটালে sp সংকরণ ঘটে। তখন বন্ধন কোণ 180° হয়।

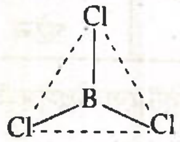
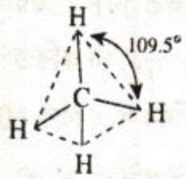
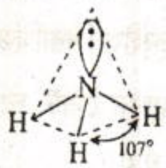
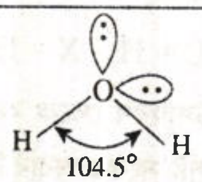
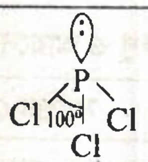
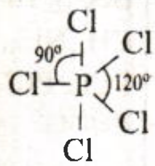
(2) তিনটি ইলেকট্রন যুগল বা **তিনটি সংকর অরবিটাল** থাকলে অণুর আকৃতি **সমতলীয় ত্রিভুজ আকৃতির** হয়। যেমন BCl_3। এক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটালে sp^2 সংকরণ ঘটে। তখন বন্ধন কোণ 120° হয়।

(3) চারটি ইলেকট্রন যুগল বা **চারটি সংকর অরবিটাল** থাকলে অণুর **আকৃতি চতুস্তলকীয়** হয়। যেমন CH_4, BF_4^-, NH_4^+। এক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটালে sp^3 সংকরণ ঘটে; বন্ধন কোণ 109°28′ বা, 109.5° হয়।

(4) চারটি ইলেকট্রন যুগলের মধ্যে **একটি নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল** থাকলে, অণুর আকৃতি চতুস্তলকীয় থেকে বিকৃত হয়ে **ত্রিকোণাকার পিরামিড;** বন্ধন কোণ 107° হয়। এর গঠন নিচের ছকে দেখানো হলো। যেমন, $\ddot{N}H_3$।

(5) চারটি ইলেকট্রন যুগলের মধ্যে **দুটি নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল** থাকলে তখন অণুর আকৃতি আরো বিকৃত হয়ে ইংরেজি **V-অক্ষরের আকৃতি** লাভ করে। তখন বন্ধন কোণ 104.5° এর মতো হয়। যেমন, $H_2\ddot{O}:$।

(6) এছাড়া **পাঁচটি সংকর অরবিটাল** থাকলে **ত্রিভুজাকার দ্বিপিরামিড** (PCl_5), **ছয়টি সংকর অরবিটাল** থাকলে **অষ্টতলকীয়** (SF_6), **সাতটি সংকর অরবিটাল** থাকলে অণুর গঠন **পঞ্চভুজাকার দ্বিপিরামিড** (IF_7) হয়।

যৌগের অণু	অণুতে ইলেকট্রন বিন্যাস	অরবিটাল সংকরণ	যোজ্যতাস্তরে ইলেকট্রন জোড়	অণুর আকৃতির নাম	অণুর গঠন আকৃতি	অণুতে বন্ধন কোণ
(1) $BeCl_2$	$:\ddot{Cl}\cdot \times Be \times \cdot\ddot{Cl}:$	sp	২ জোড়া	সরলরৈখিক	Cl—Be—Cl	180°
(2) BCl_3	$:\ddot{Cl}:$ / B / $:\ddot{Cl}$ $\ddot{Cl}:$	sp^2	৩ জোড়া	সমতলীয় ত্রিভুজাকার		120°
(3) CH_4	H / H··C··H / H	sp^3	৪ জোড়া	চতুস্তলকীয় বা টেট্রাহেড্রাল		109.5°
(4) NH_3	H··$\ddot{N}$··H / H	sp^3	৪ জোড়া ১টি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল	বিকৃত চতুস্তলকের ত্রিকোণাকার পিরামিড আকৃতি		107°
(5) $H_2\ddot{O}$	H / H··$\ddot{O}$:	sp^3	৪ জোড়া (২টি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল)	বিকৃত চতুস্তলকের V আকৃতি		104.5°
(6) $\ddot{P}Cl_3$	$\ddot{P}$ / Cl Cl / Cl	sp^3	৪ জোড়া (১টি নিঃসঙ্গ)	ত্রিভুজাকার বা ত্রিকোণাকার		100°
(7) PCl_5	Cl Cl / P / Cl Cl / Cl	sp^3d	৫ জোড়া	ত্রিকোণাকার দ্বিপিরামিড আকৃতি		120° (সমতলে) 90° (লম্বভাবে)

৩.১০.১ সমযোজী যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ অবস্থা নির্ণয়

Determination of Hybridisation State of Central atom in Covalent Compd.

লুইসের অষ্টক নিয়ম (Octet rule) মতে, সমযোজী যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে মৌলটির পরমাণুর মধ্যে বিক্রিয়াকালে কীরূপ অরবিটাল সংকরণ ঘটতে পারে তা আমরা পূর্বে আলোচিত যৌগ অণুর গঠন থেকে জেনেছি। এখন নিচে প্রদত্ত (১) নং **সাধারণ ফর্মুলার সাহায্যে** একটি যৌগ অণুর ও আয়নের কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটাল সংকরণে অংশগ্রহণকারী **অরবিটাল সংখ্যা (H)** নির্ণয় করা যায়। পরে তা থেকে কেন্দ্রীয় পরমাণুটির **অরবিটাল সংকরণ অবস্থা** এবং **অণুটির বা আয়নটির গঠন** জানা যায়। যেমন,

(১) $H = \frac{1}{2} \times$ [যোজ্যতাস্তরে থাকা ইলেকট্রন সংখ্যা (V) + একযোজী পরমাণুর সংখ্যা (X) − ক্যাটায়নের ওপর চার্জের সংখ্যা (C) + অ্যানায়নের ওপর চার্জের সংখ্যা (A)]

বা, $H = \frac{1}{2}(V + X - C + A)$

H-এর মান ⟶	2	3	4	5	6	7
সংকরণ ⟶	sp	sp^2	sp^3	sp^3d	sp^3d^2	sp^3d^3
অণুর গঠন ⟶	সরলরৈখিক গঠন	সমতলীয় ত্রিভুজাকার	চতুস্তলকীয় গঠন	ত্রিকোণাকার দ্বিপিরামিড	অষ্টতলকীয় গঠন	পঞ্চভুজীয় দ্বিপিরামিড

* সংকর অরবিটালে নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল থাকলে উপরোক্ত সাধারণ আণবিক গঠন পরিবর্তিত হয়। যেমন,

* sp^3 সংকরিত NH_3 এর অণুতে এক জোড়া নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন থাকায় NH_3 এর গঠন বিকৃত চতুস্তলক ও কোণ *107° হয়। sp^3 সংকরিত H_2O এর অণুতে দুই জোড়া নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন থাকায় H_2O এর গঠন বিকৃত চতুস্তলক বা, V আকৃতির ও কোণ 104.5° হয়।

* sp^3d^3 সংকরিত XeF_6 অণুতে একটি নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল থাকায় এর গঠন পঞ্চভুজীয় দ্বি-পিরামিডের পরিবর্তে পঞ্চভুজীয় পিরামিড আকৃতি হয়। [চিত্র-৩.২(খ) দেখো]।

(২) কেন্দ্রীয় পরমাণুর মোট সংকর অরবিটালে (H) উপস্থিত নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন জোড়ের সংখ্যা (L) নিম্নোক্ত সাধারণ ফর্মুলার সাহায্যে জানা যায় :

$L = H - X - D$ (এখানে X হলো একযোজী পরমাণু ও D হলো দ্বিযোজী পরমাণুর সংখ্যা)

নিচের পাঁচটি উদাহরণ থেকে কয়েকটি অণু ও আয়নের **কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণে জড়িত অরবিটাল সংখ্যা (H), সংকরণ অবস্থা** এবং সৃষ্ট **সংকর অরবিটালে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন** জোড় সংখ্যা (L) জানা যাবে।

বিভিন্ন সমযোজী অণু ও আয়নের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ অবস্থা, নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন জোড় সংখ্যা ও গঠন নির্ণয় :

অণুর প্রকৃতি	সংশ্লিষ্ট যৌগ	উদাহরণসহ সংকরণ অবস্থা ও গঠন আকৃতি নির্ণয়
(১) যৌগ অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুতে শুধুমাত্র একযোজী পরমাণু যুক্ত থাকে।	$BeCl_2$, BF_3, CH_4, NH_3, H_2O, PCl_3, PCl_5, SF_4 ইত্যাদি।	➤ যৌগ : CH_4; এক্ষেত্রে, $H = \frac{1}{2}[V + X - C + A] = \frac{1}{2}[4 + 4 - 0 + 0] = 4$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু C এর সংকরণ অবস্থা : sp^3, আবার $L = [4 - 4 - 0] = 0$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু C তে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের সংখ্যা, L = 0 ∴ sp^3 সংকরিত অণুটির গঠনাকৃতি : চতুস্তলকীয় CH_4 অণু।

অণুর প্রকৃতি	সংশ্লিষ্ট যৌগ	উদাহরণসহ সংকরণ অবস্থা ও গঠন আকৃতি নির্ণয়
(২) যৌগ অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুতে শুধু একযোজী পরমাণু ও নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় আছে।	NH_3, NF_3, PH_3, PCl_3, H_2O, H_2S ইত্যাদি।	➤ যৌগ : H_2O, এক্ষেত্রে, $H = \frac{1}{2}\ [V + X - C + A] = \frac{1}{2}\ [6 + 2 - 0 + 0] = 4$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু O এর সংকরণ অবস্থা : sp^3, আবার $L = [4 - 2 - 0] = 2$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু O তে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের সংখ্যা, $L = 2$ ∴ sp^3 সংকরিত ও 2L যুক্ত H_2O এর গঠন : বিকৃত চতুস্তলকীয়।
(৩) যৌগ অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুতে শুধুমাত্র দ্বিযোজী পরমাণু যুক্ত থাকে।	CO_2, CS_2, SO_2, SO_3 ইত্যাদি।	➤ যৌগ : SO_3, এক্ষেত্রে, $H = \frac{1}{2}\ [V + X - C + A] = \frac{1}{2}\ [6 + 0 - 0 + 0] = 3$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু S এর সংকরণ অবস্থা : sp^2, আবার $L = [3 - 0 - 3] = 0$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু S তে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের সংখ্যা, $L = 0$ ∴ sp^2 সংকরিত অণুটির গঠনাকৃতি : সমতলীয় ত্রিকোণাকার SO_3 অণু।
(৪) যৌগ অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুতে একযোজী ও দ্বিযোজী উভয় পরমাণু যুক্ত থাকে।	$COCl_2$, $POCl_3$, HCHO ইত্যাদি।	➤ যৌগ : HCHO, এক্ষেত্রে, $H = \frac{1}{2}\ [4 + 2 - 0 + 0] = 3$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু C এর সংকরণ অবস্থা : sp^2, আবার $L = [3 - 2 - 1] = 0$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু C তে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের সংখ্যা, $L = 0$ ∴ sp^2 সংকরিত অণুটির গঠনাকৃতি : সমতলীয় ত্রিভুজাকার HCHO অণু।
(৫) ক্যাটায়নের ক্ষেত্রে।	NH_4^+, $\overset{+}{C}H_3$, H_3O^+ ইত্যাদি।	➤ যৌগ আয়ন : NH_4^+, এক্ষেত্রে, $H = \frac{1}{2}\ [5 + 4 - 1 + 0] = 4$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু N এর সংকরণ অবস্থা : sp^3, আবার $L = [4 - 4 - 0] = 0$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু N তে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের সংখ্যা, $L = 0$ ∴ sp^3 সংকরিত আয়নের গঠনাকৃতি : চতুস্তলকীয় NH_4^+ আয়ন।
(৬) অ্যানায়নের ক্ষেত্রে।	BCl_4^-, BF_4^-, CO_3^{2-}, NO_3^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-}, ইত্যাদি।	➤ যৌগ আয়ন : BF_4^-, এক্ষেত্রে, $H = \frac{1}{2}\ [3 + 4 - 0 + 1] = 4$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু B এর সংকরণ অবস্থা : sp^3, আবার $L = [4 - 4 - 0] = 0$ ∴ কেন্দ্রীয় পরমাণু B তে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের সংখ্যা, $L = 0$ ∴ sp^3 সংকরিত আয়নের গঠনাকৃতি : চতুস্তলকীয় BF_4^- আয়ন।

উল্লেখ্য সমযোজী যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ অবস্থা নির্ণয়ের এ পদ্ধতিটি **'বিজোড় ইলেকট্রন যুক্ত অণু'** (Odd electron molecule)-এর বেলায় প্রযোজ্য হবে না।

বিজোড় ইলেকট্রনযুক্ত অণু (Odd Electron Molecule) : লুইসের 'অষ্টক নিয়ম' এর ব্যতিক্রম ঘটে এমন কিছু সমযোজী অণু ও ঋণাত্মক আয়ন আছে; এদের মধ্যে অণুস্থিত একটি পরমাণুতে একটি বিজোড় ইলেকট্রন থাকে এবং ঐ সব অণু বা আয়নের লুইস গঠনে বিজোড় ইলেকট্রনযুক্ত পরমাণুটিতে আটটি ইলেকট্রন না থেকে সাতটি ইলেকট্রন থাকে। অষ্টক অপূর্ণ এরূপ বন্ধনযুক্ত সমযোজী অণু ও আয়নকে বিজোড় ইলেকট্রনযুক্ত অণু বা আয়ন বলে। যেমন, নাইট্রিক অক্সাইড (NO), নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড (NO_2), সুপার অক্সাইড আয়ন (O_2^-) ইত্যাদি। এসব বিজোড় ইলেকট্রনযুক্ত অণু ও আয়ন জৈব ফ্রি-রেডিকেল বা মুক্ত মূলকের মত কম স্থায়ী ও বিক্রিয়ায় অধিক সক্রিয় হয়। এসব অণু রেজোন্যান্স বা অনুরণন প্রক্রিয়াসহকারে একাধিক লুইস গঠনসহ মোটামুটি স্থায়িত্ব লাভ করে থাকে। বিজোড় ইলেকট্রন থাকায় এসব অণু বা আয়ন প্যারাচুম্বকধর্মী হয়। যেমন,

NO এর লুইস গঠন $\longrightarrow$ $:\dot{N}: :\ddot{O}:$ বা, $:\dot{N} = \ddot{O}:$ [এক্ষেত্রে মোট যোজ্যতা ইলেকট্রন হলো (5 + 6) = 11]

NO_2 এর লুইস গঠন $\longrightarrow$ $:\ddot{O} \cdot\cdot \dot{N}: :\ddot{O}$ বা, $:\ddot{O} - \dot{N} = \ddot{O}$ [এক্ষেত্রে মোট যোজ্যতা ইলেকট্রন হলো (5 + 12) = 17]

O_2^- আয়নের লুইস গঠন $\longrightarrow$ $:\ddot{O} \cdot\cdot \ddot{O}:$ বা, $\dot{O}-O^-$ [এক্ষেত্রে মোট যোজ্যতা ইলেকট্রন হলো (6 × 2 + 1) = 13]

৩.১১ সমযোজী অণুর আকৃতি ও বন্ধন কোণের ওপর নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগলের প্রভাব

Impact of Lone pair Electrons on Molecular shapes

সমযোজী যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর যোজ্যতাস্তরে নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল বা মুক্তজোড় ইলেকট্রন থাকলে তাদের বিকর্ষণের ফলে অণুতে বন্ধন কোণসমূহ আদর্শ মান থেকে হ্রাস পায়।

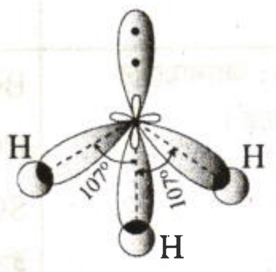
ইলেকট্রনসমূহ পরস্পরকে বিকর্ষণ করে এবং এ বিকর্ষণের পরিমাণ কেন্দ্রীয় পরমাণুর নিকট বিভিন্ন অরবিটালে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্বের ওপর নির্ভর করে। বন্ধন সৃষ্টিতে ব্যবহৃত বন্ধন ইলেকট্রন যুগল (bp) দুটি পরমাণুর কেন্দ্রকে প্রদক্ষিণ করে। অপরদিকে কেন্দ্রীয় পরমাণুর নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল (lp) শুধুমাত্র সে পরমাণুকে প্রদক্ষিণ করে। এ কারণে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগলবিশিষ্ট অরবিটালে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব কেন্দ্রীয় পরমাণুর নিকট শেয়ারকৃত ইলেকট্রন যুগল অপেক্ষা বেশি হয়। দুটি ইলেকট্রন যুগলের মধ্যকার বিকর্ষণের পরিমাণ ইলেকট্রন যুগলদ্বয়ের ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্বের গুণফলের ওপর নির্ভর করে। ফলে তাদের মধ্যকার বিকর্ষণের পরিমাণ নিম্নরূপ হয় :

নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল-নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল বিকর্ষণ>নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল-বন্ধন ইলেকট্রন যুগল বিকর্ষণ>বন্ধন ইলেকট্রন যুগল-বন্ধন ইলেকট্রন যুগল বিকর্ষণ; বা, (lp – lp) > (lp – bp) > (bp – bp)।

উপরিউক্ত সিদ্ধান্তের আলোকে NH_3, H_2O, NH_4^+ প্রভৃতি যৌগ ও আয়নের বন্ধন ও আকৃতি আলোচনা করা হলো।

(ক) বন্ধন কোণের ওপর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগলের প্রভাব :

(১) অ্যামোনিয়া (NH_3) অণুর গঠনে sp^3 সংকরণ (Formation of NH_3 with sp^3)



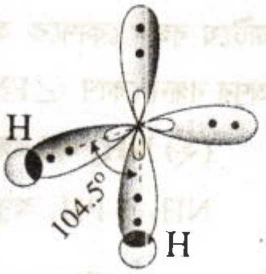
চিত্র-৩.২৯ : NH_3 অণুর গঠন ও বন্ধন কোণ।

নাইট্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস, N (7) = $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$। এর sp^3 সংকরণের ফলে যে চারটি সমতুল্য সংকর অরবিটাল সৃষ্টি হয়, তাদেরকে ψ_1, ψ_2, ψ_3 ও ψ_4 দ্বারা চিহ্নিত করলে সংকরিত অবস্থায় N-পরমাণুর যোজ্যতাস্তরে ইলেকট্রন বিন্যাস হয় ψ_1^2, ψ_2^1, ψ_3^1, ψ_4^1। এক্ষেত্রে ψ_2^1, ψ_3^1, ψ_4^1 সংকর অরবিটালে একটি করে ইলেকট্রন থাকায় তারা প্রত্যেকে একটি করে H পরমাণুর $1s^1$ অরবিটালের সাথে মুখোমুখি অধিক্রমণ দ্বারা তিনটি N–H সিগমা (σ)-বন্ধন সৃষ্টি করে এবং এভাবে NH_3 অণু সৃষ্টি হয়। ψ_2, ψ_3, ψ_4 ও অরবিটালসমূহের বন্ধন ইলেকট্রন যুগলের মধ্যকার বিকর্ষণ অপেক্ষা ψ_1^2 এর নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল দ্বারা তাদের ওপর বিকর্ষণ বেশি হয়। ফলে অ্যামোনিয়া অণুতে বন্ধন কোণ ∠HNH এর মান 109.5° থেকে কমে 107° হয়। অ্যামোনিয়া অণুর গঠন একটি **ত্রিকোণাকার পিরামিডের** ন্যায়, যার কেন্দ্রবিন্দুতে N পরমাণু এবং তলের কৌণিক বিন্দুসমূহে H পরমাণুসমূহ অবস্থিত।

(২) পানির অণুর গঠনে sp^3 সংকরণ প্রক্রিয়া (Formation of H_2O with sp^3)

পানির কেন্দ্রীয় পরমাণু অক্সিজেনের ইলেকট্রন বিন্যাস O (8) = $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^2\ 2p_y^1\ 2p_z^1$। অক্সিজেন পরমাণুর 2s ও 2p অরবিটালসমূহের sp^3 সংকরণ হয়। উৎপন্ন চারটি সংকর অরবিটাল একটি চতুস্তলকের শীর্ষবিন্দুর দিকে প্রসারিত থাকে। এ চতুস্তলকের কেন্দ্রে অক্সিজেন পরমাণুর অবস্থান। চারটি সংকর অরবিটালের যেমন ψ_1^2, ψ_2^2, ψ_3^1, ψ_4^1 এর প্রথম দুটিতে আছে নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল। এরা বন্ধন সৃষ্টিতে ব্যবহৃত হয় না। অপর দুটি অরবিটালে যেমন ψ_3^1, ψ_4^1 -এ একটি করে

ইলেকট্রন। এ অরবিটাল দুটি হাইড্রোজেন পরমাণুর $1s^1$ অরবিটালের সাথে অধিক্রমণ করে দুটি O–H বন্ধন সৃষ্টি করে; এভাবেই পানির অণু সৃষ্টি হয়। অক্সিজেন পরমাণুর দুটি নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল পানির অণুর বন্ধন ইলেকট্রন যুগলকে অধিকতর বিকর্ষণ করে বলে বন্ধন কোণ ∠HOH এর মান আদর্শ চতুস্তলকের কোণের মান 109.5° থেকে কমে 104.5° (বা, 104°28′) হয়। যেহেতু পরীক্ষায় শুধুমাত্র নিউক্লিয়াসসমূহের অবস্থান ধরা পড়ে, সেহেতু পরমাণুর নিউক্লিয়াসসমূহের অবস্থান অনুসারে পানির অণুর আকার ইংরেজি V-অক্ষরের আকৃতির ন্যায় দেখায়।



চিত্র-৩.৩০ : H_2O অণুর গঠন ও বন্ধন কোণ।

(খ) বন্ধন কোণের ওপর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল ও পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মক তার প্রভাব :

নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রনযুক্ত যৌগ অণু, AB_3L (যেমন— $\ddot{N}H_3$, $\ddot{N}F_3$, $\ddot{N}H_3$) ও AB_2L_2 (যেমন— $H_2\ddot{O}$, $H_2\ddot{S}$) এর বেলায় বন্ধন কোণের ওপর সংশ্লিষ্ট পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার প্রভাব রয়েছে। এক্ষেত্রে A = কেন্দ্রীয় পরমাণু, B = বন্ধনযুক্ত প্রান্তীয় পরমাণু ও L = নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল। উপরোক্ত AB_3L ও AB_2L_2 সংকেতযুক্ত প্রত্যেক যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর মধ্যে sp^3 সংকরণ ঘটে; তাই চতুস্তলকীয় গঠন ও বন্ধন কোণ 109°28′ হওয়ার কথা। কিন্তু কেন্দ্রীয় পরমাণুতে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল থাকায় বন্ধন কোণ lp – bp এর বিকর্ষণের কারণে 109°28′ থেকে হ্রাস পায়। এছাড়া সংশ্লিষ্ট কেন্দ্রীয় পরমাণু ও বন্ধনযুক্ত প্রান্তীয় পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্যের কারণেও বন্ধন ইলেকট্রন যুগলদ্বয়ের (bp – bp) মধ্যে বিকর্ষণের মাত্রা কম বেশি হয়ে থাকে।

(i) যৌগ অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা প্রান্তীয় পরমাণুর চেয়ে যত বেশি হয়, বন্ধন ইলেকট্রন যুগল কেন্দ্রীয় পরমাণুর দিকে তত বেশি সরে আসে। ফলে বন্ধন ইলেকট্রন যুগলদ্বয়ের (bp – bp) মধ্যে বিকর্ষণ বেশি হয় এবং বন্ধন কোণের পরিমাণ বেড়ে যায়।

(ii) অপরদিকে, কেন্দ্রীয় পরমাণুর চেয়ে প্রান্তীয় পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা যত বেশি হয়, বন্ধন ইলেকট্রন যুগল কেন্দ্রীয় পরমাণুর চেয়ে প্রান্তীয় পরমাণুর দিকে তত বেশি সরে আসে। ফলে বন্ধন ইলেকট্রন যুগলদ্বয়ের (bp – bp) মধ্যে বিকর্ষণ কম হয় এবং বন্ধন কোণের পরিমাণ কমে যায়। যেমন—

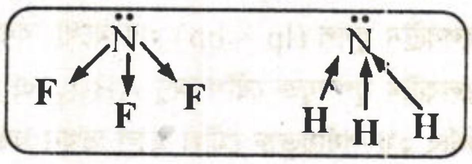
(১) NH_3 এর বন্ধন কোণ 107° হলেও NF_3 এর বন্ধন কোণ 102°29′ বা, 102.5° হয় কেন?—এর ব্যাখ্যা :

$\ddot{N}H_3$ ও $\ddot{N}F_3$ অণুতে কেন্দ্রীয় পরমাণু N এর মধ্যে sp^3 সংকরণ ঘটে।

$$N\,(7) \longrightarrow 1s^2\ \boxed{2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1}\ \xrightarrow{sp^3\ \text{সংকরণ}}\ 2\psi_1^{\,2}\ 2\psi_2^{\,1}\ 2\psi_3^{\,1}\ 2\psi_4^{\,1}$$

N পরমাণুর সৃষ্ট চারটি সংকর অরবিটালের মধ্যে একটিতে নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল $(2\psi_1^{\,2})$ আছে।

তাই $\ddot{N}H_3$ ও $\ddot{N}F_3$ অণুতে নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল ও বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল চতুস্তলকীয়ভাবে বিন্যস্ত না থেকে ত্রিকোণাকার পিরামিডের আকার ধারণ করে। আবার প্রত্যেক অণুতে উভয় পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্যের ওপর নির্ভর করে দুটি বন্ধন ইলেকট্রন যুগলের (bp – bp-এর) মধ্যে বিকর্ষণের মাত্রা ভিন্ন হয়ে থাকে। যেমন,



NF_3 অণুতে N এর চেয়ে অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক F পরমাণু N–F বন্ধনের ইলেকট্রন যুগলকে বেশি মাত্রায় নিজের কেন্দ্রের দিকে আকর্ষণ করে। কিন্তু NH_3 অণুতে H এর চেয়ে অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক N পরমাণু N–H বন্ধনের ইলেকট্রন যুগলকে বেশি মাত্রায় নিজের কেন্দ্রের দিকে আকর্ষণ করে রাখে। তাই bp – bp বিকর্ষণের মাত্রা NF_3 এর চেয়ে NH_3 এর ক্ষেত্রে বেশি হয়। এছাড়া সংকর অরবিটালের $(2\psi_1^{\,2})$ নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল (lp) তুলনামূলকভাবে NH_3 অণুর চেয়ে NF_3 অণুর বন্ধন ইলেকট্রন যুগল (bp) এর ওপর বেশি বিকর্ষণ (lp – bp)

RMDAC

ঘটিয়ে বন্ধন কোণকে অধিক হ্রাস করতে পারে। এজন্য NH_3 অণুর বন্ধন কোণ ∠HNH এর মান 107° হয় এবং NF_3 অণুর বন্ধন কোণ ∠FNF এর মান অধিক হ্রাস পেয়ে 102.5° হয়ে থাকে।

(২) NH_3 এর বন্ধন কোণ 107° হলেও PH_3 এর বন্ধন কোণ 94° হয় কেন?—এর ব্যাখ্যা :

NH_3 ও PH_3 অণু গঠনকালে প্রতি ক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় পরমাণু N ও P এর sp^3 সংকরণ ঘটে। যেমন—

$$N\,(7) \longrightarrow 1s^2\, 2s^2\, 2p_x^1\, 2p_y^1\, 2p_z^1 \xrightarrow[\text{সংকরণ}]{sp^3} 1s^2\, 2\psi_1^2\, 2\psi_2^1\, 2\psi_3^1\, 2\psi_4^1$$

$$P\,(15) \longrightarrow [Ne]\, 3s^2\, 3p_x^1\, 3p_y^1\, 3p_z^1 \xrightarrow[\text{সংকরণ}]{sp^3} [Ne]\, 3\psi_1^2\, 3\psi_2^1\, 3\psi_3^1\, 3\psi_4^1$$

$\ddot{N}H_3$ ও $\ddot{P}H_3$ অণুতে কেন্দ্রীয় পরমাণু N ও P এর মধ্যে sp^3 সংকরণ ঘটে। তাই NH_3 ও PH_3 অণুর গঠন চতুস্তলকীয় হওয়ার কথা। কিন্তু এক্ষেত্রে NH_3 ও PH_3 অণুতে প্রতি ক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় পরমাণু যেমন N ও P পরমাণুতে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল থাকায় বন্ধনকোণ 109°28′ থেকে হ্রাস পায়। আবার আমরা জানি, নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুক্ত যৌগ অণু AB_3L এর বেলায় কেন্দ্রীয় পরমাণু (যেমন— A) এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা যদি বেশি এবং আকার ছোটো হয় অর্থাৎ ২য় পর্যায়ভুক্ত মৌল হলে সেক্ষেত্রে বন্ধনকোণ তুলনামূলকভাবে ৩য় পর্যায়ভুক্ত একই গ্রুপের মৌলের যৌগ থেকে বেশি হয়। এক্ষেত্রে N ও P এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা হলো যথাক্রমে 3.0 ও 2.1।

NH_3 অণুতে অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক N পরমাণু N–H বন্ধন ইলেকট্রন যুগলকে নিজের দিকে বেশি আকৃষ্ট করে। কিন্তু PH_3 অণুতে কম তড়িৎ-ঋণাত্মক P পরমাণু P–H বন্ধন ইলেকট্রন যুগলকে নিজের দিকে কম আকৃষ্ট করে। তাই PH_3 এর চেয়ে NH_3 এর ক্ষেত্রে দুটি বন্ধন ইলেকট্রন যুগল (bp – bp) এর মধ্যে বিকর্ষণের মাত্রা বেশি হয়। এজন্য NH_3 এর বন্ধন কোণ ∠HNH এর মান 107° এবং PH_3 এর বন্ধনকোণ ∠HPH এর মান 94° হয়ে থাকে।

(৩) H_2O এর বন্ধন কোণ 104°28′ হলেও H_2S এর বন্ধন কোণ 92° হয় কেন?—এর ব্যাখ্যা :

$H_2\ddot{\underset{..}{O}}$ ও $H_2\ddot{\underset{..}{S}}$ উভয় অণুতে কেন্দ্রীয় পরমাণু O ও S এর মধ্যে sp^3 সংকরণ ঘটে এবং উভয় অণুতে দুটি করে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল আছে। যেমন,

$$O(8) \longrightarrow 1s^2\ \boxed{2s^2\, 2p_x^2\, 2p_y^1\, 2p_z^1} \xrightarrow{sp^3\ \text{সংকরণ}} 1s^2\ 2\psi_1^2\, 2\psi_2^2\, 2\psi_3^1\, 2\psi_4^1$$

$$S(16) \longrightarrow 1s^2 2s^2 2p^6\ \boxed{3s^2\, 3p_x^2\, 3p_y^1\, 3p_z^1} \xrightarrow{sp^3\ \text{সংকরণ}} 3\psi_1^2\, 3\psi_2^2\, 3\psi_3^1\, 2\psi_4^1$$

উভয় ক্ষেত্রে sp^3 সংকরণ থাকা সত্ত্বেও H_2O ও H_2S এর প্রত্যেকের বেলায় দুটি করে নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল ও বন্ধন ইলেকট্রন যুগল (lp – bp) এর মধ্যে বিকর্ষণের ফলে বন্ধনকোণ 109°28′ থেকে হ্রাস পায়। আবার আমরা জানি, নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগলযুক্ত যৌগ অণু AB_2L_2 এ বেলায় কেন্দ্রীয় পরমাণু (যেমন A) এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা বেশি ও আকার ছোটো অর্থাৎ ২য় পর্যায়ভুক্ত মৌল হলে তখন বন্ধনকোণ তুলনামূলকভাবে ৩য় পর্যায়ভুক্ত একই গ্রুপের মৌলের যৌগ থেকে বেশি হয়। এক্ষেত্রে O, S ও H এর তড়িৎ ঋণাত্মকতা হলো যথাক্রমে 3.5, 2.5 ও 2.1।

H_2O অণুতে অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক O পরমাণু O–H বন্ধন ইলেকট্রনযুগলকে নিজের দিকে বেশি আকৃষ্ট করে। কিন্তু H_2S অণুতে H অপেক্ষা বেশি কিন্তু O অপেক্ষা কম তড়িৎ-ঋণাত্মক S পরমাণু S–H বন্ধন ইলেকট্রন যুগলকে নিজের দিকে তুলনামূলকভাবে কম আকৃষ্ট করে। তাই H_2S এর চেয়ে H_2O এর ক্ষেত্রে দুটি বন্ধন ইলেকট্রন যুগল (bp – bp) এর মধ্যে বিকর্ষণের মাত্রা বেশি হয়। এজন্য H_2O এর বন্ধনকোণ ∠HOH এর মান 104°28′ বা, 104.5° হয়; কিন্তু H_2S এর বন্ধনকোণ ∠HSH এর মান হ্রাস পেয়ে 92° হয়ে থাকে।

sp^3 সংকরিত কেন্দ্রীয় পরমাণুতে নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল ও তড়িৎ-ঋণাত্মকতার প্রভাবে যৌগ অণুর আকৃতি ও বন্ধন কোণের পরিবর্তন নিচের ছকে দেখানো হলো :

যৌগ অণু	অরবিটাল সংকরণ	বন্ধন ইলেকট্রন জোড়	নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়	তড়িৎ ঋণাত্মকতা	বন্ধন কোণ	অণুর গঠন আকৃতি
NH_3	sp^3	৩ জোড়া	১ জোড়া	3.0—2.1	107°	ত্রিকোণাকার পিরামিড
NF_3	sp^3	৩ জোড়া	১ জোড়া	3.0—4.0	102.5°	ত্রিকোণাকার পিরামিড
NH_3	sp^3	৩ জোড়া	১ জোড়া	3.0—2.1	107°	ত্রিকোণাকার পিরামিড
PH_3	sp^3	৩ জোড়া	১ জোড়া	2.1—2.1	94°	ত্রিকোণাকার পিরামিড
H_2O	sp^3	২ জোড়া	২ জোড়া	3.5—2.1	104.5°	বিকৃত চতুস্তলকের V আকৃতি
H_2S	sp^3	২ জোড়া	২ জোড়া	2.5—2.1	92°	বিকৃত চতুস্তলকের V আকৃতি

দ্রষ্টব্য : কেন্দ্রীয় পরমাণুর বিভিন্ন অরবিটাল সংকরণ, নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় ও ভিন্ন তড়িৎ-ঋণাত্মকতাবিশিষ্ট সমযোজী অণুর বন্ধন কোণের সংখ্যা-মানের ক্রম :

$BeCl_2$ (sp, 180°), CO_2 (sp, 180°), BCl_3 (sp^2, 120°), CH_4 (sp^3, 109.5°),
NH_3 (sp^3, 107°), H_2O (sp^3, 104.5°), NF_3 (sp^3, 102.5°), PCl_3 (sp^3, 100°),
PH_3 (sp^3, 94°), H_2S (sp^3, 92°), PCl_5 (sp^3d, 120°, 90°), SF_6 (sp^3d^2, 90°).

শিক্ষার্থীর কাজ-৩.১৩ : অরবিটাল সংকরণ ও অণুর আকৃতিভিত্তিক :

সমস্যা-৩.২৮(ক) : A ও B মৌলের যোজ্যতা ইলেকট্রন হলো যথাক্রমে ns^2np^3 এবং ns^2np^4 (n = 2)। A ও B এর হাইড্রাইড গঠনে অরবিটাল সংকরণ একই হওয়া সত্ত্বেও এদের আকৃতি ভিন্ন কেন, বিশ্লেষণ করো। [দি.বো. ২০১৫]

সমস্যা-৩.২৮(খ) : X ও Y মৌলের যোজ্যতা ইলেকট্রন হলো যথাক্রমে ns^2np^2 এবং ns^2np^4 (n = 2)। X ও Y এর হাইড্রাইড গঠনে কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটাল সংকরণ একই প্রকার হলে উভয় যৌগের গঠন ও বন্ধনকোণ কীরূপ হবে তা বিশ্লেষণ করো।

সমস্যা-৩.২৮(গ) : নিম্নোক্ত যৌগের অণুতে ও আয়নের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ অবস্থা নির্ণয় করো এবং তা হতে প্রত্যেকের গঠন আকৃতি কীরূপ হবে তা নির্ধারণ করো :

(১) H_2O, CO_2, SO_2, SO_3
(২) PCl_3, PCl_5, SF_4, XeF_2, XeF_4, XeF_6
(৩) NH_4^+, PH_4^+, H_3O^+, $^+CH_3$
(৪) NO_3^-, CO_3^{2-}, ClO_3^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-}

সমস্যা-৩.২৯(ক) : NH_3 এর বন্ধনকোণ 107° হলেও NF_3 অণুর বন্ধনকোণ 102.5° হয় কেন; এর ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২৯(খ) : NH_3 এর বন্ধনকোণ 107°; কিন্তু PH_3 অণুর বন্ধনকোণ 94° হয়; এর কারণ ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.২৯(গ) : H_2O এর বন্ধনকোণ 104.5°; কিন্তু H_2S অণুর বন্ধনকোণ 92° হয় কেন; তা ব্যাখ্যা করো।

সমস্যা-৩.৩০ : নিচের যৌগসমূহের অণুতে প্রতিটি C-পরমাণুর সংকরণ প্রকৃতি এবং অণুতে সিগমা (σ) ও পাই (π) বন্ধনের সংখ্যা উল্লেখ করো : (a) $CH_3–CH_3$, (b) $CH_3–CH=CH_2$, (c) $CH_2=C=CH_2$, (d) $CH_3–CHO$.

প্রশ্ন-৩.৩১(ক) : $BeCl_2$ যৌগের অরবিটাল সংকরণ বর্ণনা করো। [য. বো. ২০১৬]

প্রশ্ন-৩.৩১(খ) : সমযোজী বন্ধনগুলো দিক-নির্দেশক ধর্মবিশিষ্ট হয় কেন?

৩.১২ সমযোজী যৌগ অণুর মডেল তৈরি

To make Molecular models of Covalent Compounds

শিক্ষার্থীর গ্রুপভিত্তিক কাজ : সমযোজী বন্ধনভিত্তিক : **সময় ১ পিরিয়ড**

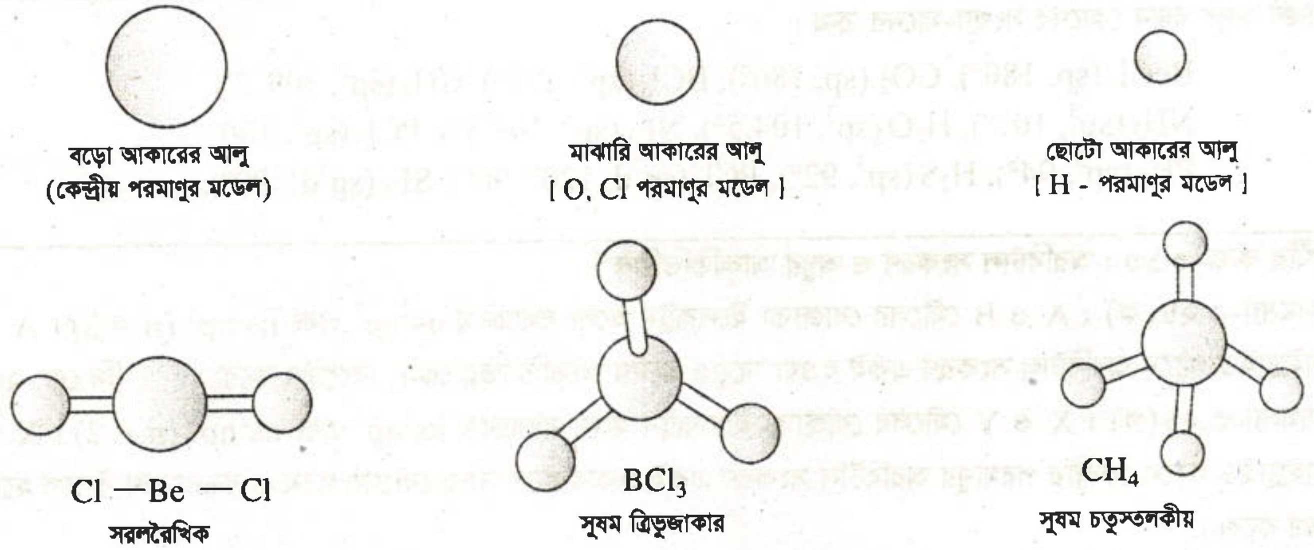
১। অনুচ্ছেদ-৩.৩ এর চিত্র-৩.৭ থেকে Be, B, C, N ও H এর তুলনামূলক পারমাণবিক আকারের ধারণা নাও। এ ধারণা মাথায় রেখে ঐ তিন প্রকারের পরমাণুর জন্য ছোটো, বড়ো গোল আলু ও পরমাণুর বন্ধন বোঝানোর জন্য লোহার তারকে দেড় ইঞ্চি করে কেটে নাও অথবা দিয়াশলাই কাঠি সংগ্রহ করো। দিয়াশলাই কাঠি অথবা লোহার তার দ্বারা দুই পরমাণুর মধ্যে একক সিগমা বন্ধন দেখানো যাবে।

২। এবার পর্যায় সারণিতে ঐসব মৌলের অবস্থান ঠিক করে এদের সর্বোচ্চ যোজনী জেনে নাও।

৩। সমযোজী যৌগের অণুর আকৃতি ও বন্ধন কোণের ওপর তোমাদের অর্জিত জ্ঞানকে কাজে লাগিয়ে নিচে উল্লেখিত যৌগের মডেল তৈরি করো এবং নিজেদের মধ্যে আলোচনা করো।

(ক) মিথেন অণু (খ) ইথেন অণু (গ) $BeCl_2$ অণু (ঘ) BCl_3 অণু (ঙ) অ্যামোনিয়া অণু।

৪। বোঝার সুবিধার জন্য কিছু পরমাণু মডেল এবং ঐ সব পরমাণু দ্বারা সিগমা বন্ধন সহযোগে সমযোজী অণুর গঠন মডেল বল ও স্টিক পদ্ধতিতে দেখানো হলো।



চিত্র-৩.৩১ : $BeCl_2$, BCl_3 ও CH_4 এর অণুর মডেল।

জেনে নাও :

* মিথেন (CH_4), ইথেন (C_2H_6) ইত্যাদি সব সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন বা অ্যালকেন (C_nH_{2n+2}) এর সব C-পরমাণু sp^3 সংকরিত। তাই এরা কম সক্রিয় হয়।

* হীরক বা ডায়মন্ড কেলাসে সব C-পরমাণু sp^3 সংকরিত এবং সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ থাকে। এতে কোনো মুক্ত ইলেকট্রন থাকে না বলে হীরক বিদ্যুৎ অপরিবাহী।

* গ্রাফাইট কার্বনে সব C-পরমাণু sp^2 সংকরিত এবং প্রত্যেক C-পরমাণুতে একটি করে সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন থাকে। তাই গ্রাফাইট বিদ্যুৎ সুপরিবাহী অধাতব মৌল। অপরদিকে সব ধাতুতে ধাতব-বন্ধনে ক্রিয়াশীল সব ধাতব পরমাণুর সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন থাকে।

* দ্বিবন্ধনযুক্ত C-পরমাণুর অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন বা অ্যালকিন (C_nH_{2n})-এর দ্বিবন্ধনের উভয় C-পরমাণু sp^2 সংকরিত এবং দুই C-পরমাণুর মাঝখানে একটি সিগমা বন্ধনসহ একটি পাই (π) বন্ধন থাকে। পাই (π) বন্ধন থাকার কারণে অ্যালকিন অধিক সক্রিয়।

> * বেনজিন (C_6H_6) অণুতে প্রত্যেক C-পরমাণু sp^2 সংকরিত এবং বেনজিনের ছয় C-পরমাণুবিশিষ্ট বলয়ে ছয় C-পরমাণুর ছয়টি সঞ্চরণশীল পাই (π) ইলেকট্রন থাকে। বেনজিন বলয়ে তিনটি দ্বিবন্ধনের সমতুল্য ছয়টি সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন আবদ্ধ অবস্থায় থাকে বলে বেনজিন গ্রাফাইটের মতো বিদ্যুৎ পরিবাহী নয়।
>
> * অনুরূপভাবে ত্রিবন্ধনযুক্ত হাইড্রোকার্বন বা অ্যালকাইন (C_nH_{2n-2}) এর ত্রিবন্ধনের উভয় C-পরমাণু sp সংকরিত। ত্রিবন্ধনযুক্ত উভয় C-পরমাণুর মাঝখানে একটি সিগমা বন্ধনসহ দুটি পাই (π) বন্ধন থাকে। পাই (π) বন্ধন থাকার কারণে অ্যালকাইন অধিক সক্রিয় হয়।

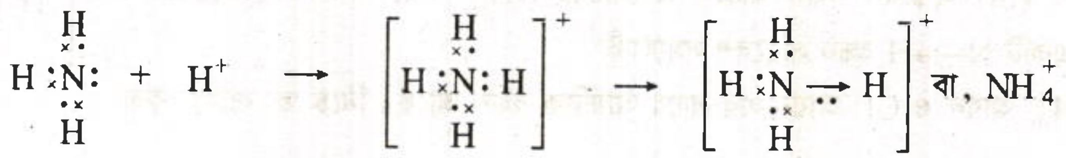
৩.১৩ সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন

Coordinate Covalent Bond

সমযোজী বন্ধন গঠনকালে বন্ধনে অংশগ্রহণকারী প্রতিটি পরমাণু সমান সংখ্যক ইলেকট্রন যোগান দিয়ে ইলেকট্রন যুগল সৃষ্টি করে। তোমরা অ্যামোনিয়াম আয়ন NH_4^+ লিখে থাকো, এতে $\ddot{N}H_3$ অণুর N পরমাণুর নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল বা মুক্তজোড় (lone pair) ইলেকট্রন দ্বারা H^+ আয়ন কোনো ইলেকট্রন না দিয়েও সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হয়। সুতরাং দুটি পরমাণুর মধ্যে **সমযোজী বন্ধন সৃষ্টির জন্য প্রয়োজনীয় ইলেকট্রন যুগল কোনো কোনো ক্ষেত্রে একটিমাত্র পরমাণু সরবরাহ করে থাকে এবং অপর পরমাণু কোনো ইলেকট্রন যোগান না দিয়ে ঐ ইলেকট্রন যুগল সরবরাহকারী পরমাণুর সাথে সমভাবে শেয়ার করে বন্ধনে আবদ্ধ হয়।** এভাবে সৃষ্ট বন্ধনকে **সন্নিবেশ বন্ধন বা সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন** বলা হয়।

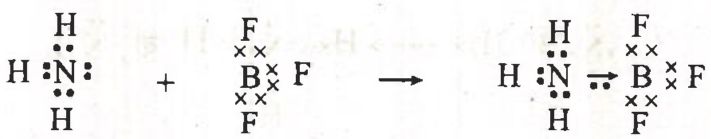
যে পরমাণু তার মুক্তজোড় ইলেকট্রন যুগল সরবরাহ করে তাকে **দাতা পরমাণু** (donor atom) এবং যে পরমাণু তা শেয়ার করে তাকে **গ্রহীতা পরমাণু** (acceptor atom) বলা হয়। এক্ষেত্রে দাতা পরমাণু ও গ্রহীতা পরমাণুর মধ্যে একটি তীর চিহ্ন ($\rightarrow$) দেয়া হয়।

উদাহরণ-১। অ্যামোনিয়া ($\ddot{N}H_3$) অণু ও হাইড্রোজেন আয়নের মধ্যে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা NH_4^+ আয়ন সৃষ্টি হয়।



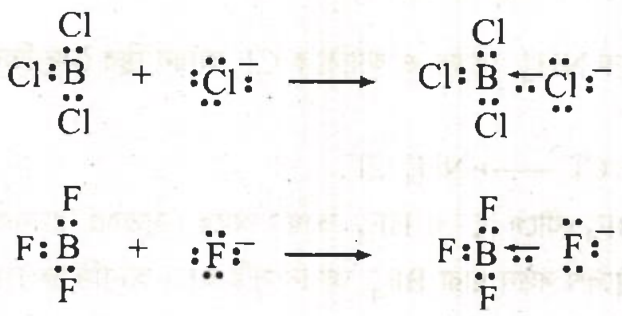
অ্যামোনিয়াম আয়ন

উদাহরণ-২। অষ্টক অপূর্ণ বোরন ট্রাইফ্লোরাইড ও NH_3 অণুর মধ্যে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা উভয় যৌগ যুক্ত হয়ে অ্যামোনিয়া বোরো ফ্লোরাইড উৎপন্ন করে।



অনুরূপভাবে, BCl_3, BF_3 ও NH_3 এর মধ্যে সন্নিবেশ বন্ধন ঘটে থাকে।

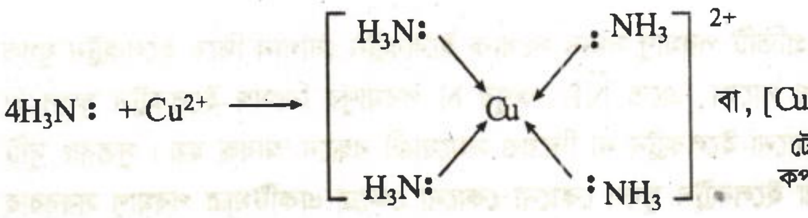
উদাহরণ-৩। অষ্টক অপূর্ণ BCl_3 ও BF_3 এর সাথে ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) ও ফ্লোরাইড আয়ন (F^-) সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা যথাক্রমে BCl_4^- আয়ন ও BF_4^- আয়ন গঠন করে। যেমন,



> **MCQ-3.17 : নিচের কোনটির আকার সবচেয়ে ছোটো?** [কু. বো. ২০১৭]
>
> (ক) O (খ) N (গ) C (ঘ) Li

জেনে নাও : সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা সৃষ্ট BCl_4^- আয়ন ও BF_4^- আয়ন গঠনকালে কেন্দ্রীয় পরমাণু B এর sp^2 সংকরণ (BCl_3-তে) পরিবর্তিত হয়ে নতুনভাবে sp^3 অরবিটাল সংকরণ ঘটে।

সন্নিবেশ বন্ধনের সবচেয়ে বেশি উদাহরণ পাওয়া যায় জটিল ধাতব যৌগে। এসব জটিল যৌগে বা জটিল আয়নে বিভিন্ন লিগ্যান্ড d-ব্লক মৌলের ধাতব আয়নসমূহকে ইলেকট্রন যুগল সরবরাহ করে সন্নিবেশ বন্ধন সৃষ্টি করে। জটিল আয়ন বা যৌগ গঠনে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যোগানকারী ঋণাত্মক আয়ন বা প্রশম অণুকে **লিগ্যান্ড** (ligand) বলে। যেমন, নিচের উদাহরণে টেট্রাঅ্যাম্মিন কপার (II) আয়ন ও ডাইঅ্যাম্মিন সিলভার (I) আয়ন গঠনকালে $\ddot{N}H_3$ অণু হলো লিগ্যান্ড।



বা, $[Cu(:NH_3)_4]^{2+}$
টেট্রাঅ্যাম্মিন কপার (II) আয়ন

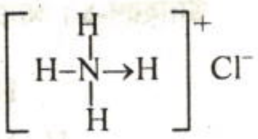
$2H_3N: + Ag^+ \longrightarrow : [H_3N: \longrightarrow Ag \longleftarrow :NH_3]^+$ বা, $[Ag(:NH_3)_2]^+$

অ্যামোনিয়া ডাইঅ্যাম্মিন সিলভার (I) আয়ন।

MCQ-3.18: $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ এর মধ্যে কী কী প্রকারের বন্ধন আছে? [কু. বো. ২০১৫]
(i) আয়নিক (ii) সমযোজী
(iii) সন্নিবেশ বন্ধন
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii
(গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৩.১৩.১ একই যৌগে বিভিন্ন ধরনের বন্ধনের উপস্থিতি
Presence of Different Types of Bonds in the Same Compound

বিভিন্ন বন্ধনযুক্ত যৌগ : অনেক যৌগে একই সাথে বিভিন্ন ধরনের বন্ধন থাকতে পারে; যেমন,



উদাহরণ-১। NH_4Cl এর মধ্যে তিন প্রকার বন্ধন যেমন— (i) সমযোজী বন্ধন, (ii) সন্নিবেশ বন্ধন ও (iii) আয়নিক বন্ধন আছে। এ যৌগের NH_4^+ আয়নে তিনটি N–H বন্ধন সমযোজী এবং একটি $N \longrightarrow H$ বন্ধন সন্নিবেশ সমযোজী।

আবার NH_4^+ আয়ন ও Cl^- আয়ন এর সাথে আয়নিক বন্ধন আছে। নিচে তা ব্যাখ্যা করা হলো :

(i) সমযোজী বন্ধন দ্বারা NH_3 অণু গঠন : একটি N পরমাণু তিনটি H পরমাণুর সাথে তিনটি সমযোজী N—H বন্ধন সহযোগে NH_3 অণু গঠন করে।

$$\cdot\ddot{N}\cdot + 3H\times \longrightarrow H\times\cdot\ddot{N}\cdot\times H \text{ (with } \overset{\times}{H} \text{ below N) বা, } \ddot{N}H_3$$

(ii) সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন দ্বারা NH_4^+ আয়ন গঠন : অ্যামোনিয়া অণু ($\ddot{N}H_3$) এর নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল সহযোগে একটি হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) সন্নিবেশ বন্ধনে আবদ্ধ হয়।

$$H^+ + :NH_3 \longrightarrow [H \leftarrow NH_3]^+ \text{ বা, } NH_4^+$$

(iii) আয়নিক বন্ধন দ্বারা NH_4Cl গঠন : ধনাত্মক NH_4^+ আয়ন ও ঋণাত্মক Cl^- আয়ন স্থির বৈদ্যুতিক আকর্ষণ দ্বারা আয়নিক বন্ধনে আবদ্ধ হয়ে NH_4Cl গঠন করে।

$$NH_4^+ + Cl^- \longrightarrow NH_4^+Cl^-$$

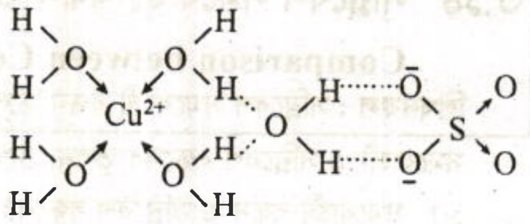
একইভাবে, পটাসিয়াম বোরন টেট্রাফ্লোরাইড KBF_4 যৌগে K^+ ও BF_4^- আয়ন আছে। সুতরাং তাদের মধ্যে আয়নিক বন্ধন বিদ্যমান। আবার BF_3 ও F^- আয়নের মধ্যে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা BF_4^- আয়ন সৃষ্টি হয়। অন্যদিকে BF_3 অংশে B–F বন্ধনসমূহ সমযোজী বন্ধন।

উদাহরণ-২। $H_3N \longrightarrow BF_3$ যৌগে দু ধরনের বন্ধন যেমন সমযোজী বন্ধন (N–H ও B–F) এবং সন্নিবেশ বন্ধন ($N \longrightarrow B$) আছে। এতে কোনো আয়নিক বন্ধন নেই। অপরদিকে KOH যৌগে K^+ আয়ন ও OH^- আয়ন এর মধ্যে আয়নিক বন্ধন এবং OH^- অংশে O ও H এর মধ্যে বিশুদ্ধ সমযোজী বন্ধন আছে।

উদাহরণ-৩। হেক্সা-অ্যাম্মিন কোবাল্ট (III) ক্লোরাইড $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ যৌগে অ্যামোনিয়া অংশে N–H বন্ধনসমূহ সমযোজী। আবার Co^{3+} আয়নের সাথে ছয়টি $\ddot{N}H_3$-লিগ্যান্ডের (বা নাইট্রোজেন পরমাণুর) বন্ধন সন্নিবেশ বন্ধন। তৃতীয়ত, $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ যৌগটি প্রকৃতপক্ষে হেক্সা-অ্যাম্মিন কোবাল্ট (iii) আয়ন $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ এবং $3Cl^-$ আয়ন দ্বারা গঠিত। সুতরাং এ দু অংশের মধ্যে **আয়নিক বন্ধন**।

এভাবে $Ag(NH_3)_2Cl$, Na_2SO_4 প্রভৃতি বহু যৌগে তিন প্রকারের বন্ধন আছে।

উদাহরণ-৪। সোদক কপার সালফেট বা তুঁতে ($CuSO_4.5H_2O$) হলো নীল বর্ণের কেলাস। এর মধ্যে (i) সমযোজী বন্ধন, (ii) সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন, (iii) আয়নিক বন্ধন ও (iv) হাইড্রোজেন বন্ধন (......) আছে। তা পার্শ্বে দেখানো হলো।



কেলাস-পানি ও কেলাসের গঠন-পানি :

যেসব অজৈব লবণের কেলাস গঠনে নির্দিষ্ট সংখ্যক পানি অণু সন্নিবেশ বন্ধন ও H-বন্ধন দ্বারা যথাক্রমে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের সাথে যুক্ত থেকে নির্দিষ্ট আকারের কেলাস গঠন করে; সেসব পানি অণুকে ঐ কেলাসের **কেলাস-পানি** (water of crystallization) বলা হয়। যেমন ব্লু-ভিট্রিওল (blue vitriol) বা নীল বর্ণের তুঁতে ($CuSO_4.5H_2O$)।

ব্লু-ভিট্রিওলের কেলাস-ল্যাটিসে 4টি H_2O অণু Cu^{2+} আয়নের সাথে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা এবং পঞ্চম H_2O অণুটি কেন্দ্রীয়ভাবে একদিকে SO_4^{2-} আয়নের সাথে 2টি H-বন্ধন দ্বারা এবং অপরদিকে Cu^{2+} আয়নের সাথে সন্নিবেশ বন্ধনে যুক্ত 2টি H_2O অণুসহ 2টি H বন্ধনসহকারে মোট 4টি H বন্ধনে আবদ্ধ থাকে (গঠন চিত্র দেখো)।

ব্লু-ভিট্রিওলের ওপর তাপমাত্রার প্রভাব :

ব্লু-ভিট্রিওল ($CuSO_4.5H_2O$) কে উত্তপ্ত করলে ১ম ধাপে 63°C তাপমাত্রায় Cu^{2+} সহ সন্নিবেশ বন্ধনে আবদ্ধ 2টি H_2O মুক্ত হয়; ২য় ধাপে 109°C তাপমাত্রায় Cu^{2+} এর অপর 2টি H_2O মুক্ত হয়ে হালকা নীলাভ সাদা বর্ণের কপার (II) সালফেট মনোহাইড্রেট ($CuSO_4.H_2O$) কেলাস তৈরি হয়। এক্ষেত্রে একক পানি অণুটি Cu^{2+} আয়নের সাথে 2টি সন্নিবেশ বন্ধন এবং SO_4^{2-} আয়নের সাথে 2টি H-বন্ধন দ্বারা আবদ্ধ থেকে কেলাস গঠন স্থির রাখে। তখন কেলাসের গঠন রক্ষাকারী পানি অণুকে সংশ্লিষ্ট **'কেলাসের গঠন-পানি'** (Water of constitution) বলে। এরপর 200°C (বা, 392F) তাপমাত্রায় ঐ কেলাসের গঠন পানি অণুটি বিমুক্ত হয়ে কেলাসের গঠন সম্পূর্ণ নষ্ট ও সাদা বর্ণের নিরুদিত $CuSO_4$ এর পাউডার উৎপন্ন হয়। এরপর 650°C তাপমাত্রায় $CuSO_4$ অণু বিয়োজিত হয়ে কালো বর্ণের CuO ও SO_3 গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$\underset{\text{গাঢ় নীল কেলাস}}{CuSO_4.5H_2O} \xrightarrow[-2H_2O]{63^\circ C} \underset{\text{নীল কেলাস}}{CuSO_4.3H_2O} \xrightarrow[-2H_2O]{109^\circ C} \underset{\text{নীলাভ সাদা কেলাস}}{CuSO_4.H_2O} \xrightarrow[-H_2O]{200^\circ C} \underset{\text{সাদা পাউডার}}{CuSO_4} \xrightarrow{650^\circ C} \underset{\text{কালো}}{CuO\,(s)} + SO_3\,(g)$$

বিভিন্ন বন্ধনযুক্ত যৌগের ধর্ম : (১) অনেক অজৈব লবণে আয়নিক ও সমযোজী বন্ধন একত্রে বিদ্যমান। যেহেতু এসব যৌগে বিপরীতধর্মী আয়নসমূহ বিদ্যমান, সেহেতু এসব যৌগ আয়নিক যৌগের ধর্ম প্রদর্শন করে। যেমন উচ্চ গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক, তড়িৎ পরিবাহিতা, আয়নসমূহের স্বকীয়তা প্রভৃতি।

(i) যদি কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়ায় আয়নসমূহ অবিকৃত থাকে, তবে সে বিক্রিয়া খুব দ্রুত সম্পন্ন হবে। যেমন, তিন প্রকারের বন্ধনযুক্ত Na_2SO_4 আয়নগুলো দ্রবণে অবিকৃত থাকে, তাই Na_2SO_4 দ্রবণে $BaCl_2$ দ্রবণ যোগ করলে সাথে সাথে $BaSO_4$ এর অধঃক্ষেপ পড়ে। অনুরূপভাবে, $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ এর সাথে $AgNO_3$ এর বিক্রিয়ায় তাৎক্ষণিকভাবে AgCl-এর অধঃক্ষেপ পড়ে।

(ii) অপরদিকে যদি কোনো বিক্রিয়ায় কোনো আয়নের অভ্যন্তরে সমযোজী বন্ধন ভাঙা বা গড়া হয়, তবে তা তত দ্রুত হবে না। যেমন Na_2SO_4 কে বিজারিত করে Na_2SO_3 বা, Na_2S করতে হলে S–O সমযোজী বন্ধন ভাঙতে হবে। সেক্ষেত্রে বিক্রিয়া ধীরগতিতে এবং উচ্চতাপমাত্রায় সংঘটিত হবে।

(২) সাধারণভাবে **কোনো যৌগে সমযোজী ও সন্নিবেশ বন্ধনের সাথে আয়নিক বন্ধন থাকলে এতে আয়নিক যৌগের ধর্মাবলি প্রাধান্য পায়।** সে ধরনের যৌগকে সাধারণভাবে আয়নিক যৌগ হিসেবেই চিহ্নিত করা হয়। যেমন, K_2SO_4, $NaNO_3$, NH_4Cl প্রভৃতিতে বিভিন্ন ধরনের বন্ধন থাকলেও এরা আয়নিক যৌগ হিসেবে পরিচিত।

শিক্ষার্থীর কাজ :

৩.১৪ সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন ও সমযোজী বন্ধনের তুলনা
Comparison between Covalent and Coordinate Bonds

শিখনফল : সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন হলো সমযোজী বন্ধনের একটি বিশেষ রূপ, তা প্রমাণ করতে হবে।

সমযোজী ও সন্নিবেশ বন্ধনের তুলনা দেখানোর জন্য নিম্নোক্ত বিষয়ের ওপর তুলনা করো। যেমন—

১। সমযোজী বন্ধন ও সন্নিবেশ বন্ধনের পরিচয় দাও।

২। পরমাণুর বহিঃস্থ স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাসসহ NH_3 ও NH_4^+ আয়নের গঠন দেখাও। এতে সমযোজী ও সন্নিবেশ বন্ধন গঠন হয়েছে ব্যাখ্যা করো।

৩। এবার NH_3 অণুতে তিনটি N–H বন্ধনের সাথে NH_4^+ আয়নে চারটি N–H বন্ধনের কোনো পার্থক্য নেই তা ব্যাখ্যা করো।

৪। সবশেষে NH_4^+ আয়নে $\angle HNH = 109^\circ\ 28'$ কোণটি আদর্শ চতুস্তলকের কোণের সমান হওয়ায় প্রতিটি সমযোজী বন্ধনে ইলেকট্রন ঘনত্ব সমান রয়েছে প্রমাণ করে।

৫। সমযোজী বন্ধন ও সন্নিবেশ বন্ধন সমতুল্য প্রমাণ করা হলো।

উপরোক্ত বিষয়ভিত্তিক আলোচনা হলো—

সমযোজী বন্ধন : নিকটস্থ নিষ্ক্রিয় গ্যাসের স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাস যেমন দ্বিত্বক অথবা অষ্টক কাঠামো লাভের জন্য দুটি অধাতব পরমাণু প্রত্যেকে সমসংখ্যক ইলেকট্রন যোগান দিয়ে যুগল গঠন ও শেয়ার করে যে বন্ধনে আবদ্ধ হয়, একে **সমযোজী বন্ধন** বলা হয়।

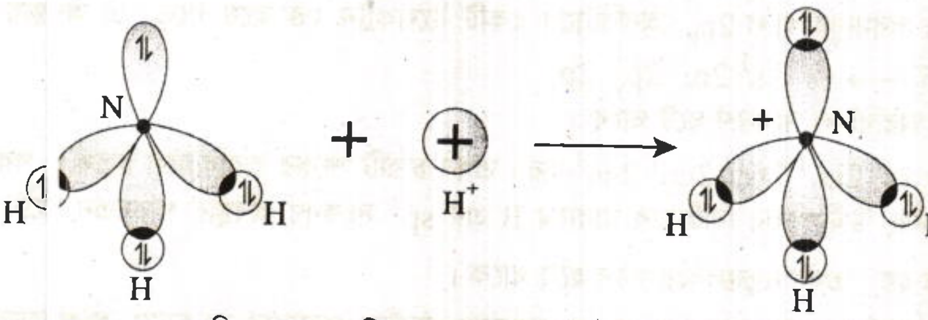
সন্নিবেশ বন্ধন : আবার যৌগ অণু গঠনের সময় সমযোজী বন্ধন গঠনের প্রয়োজনীয় ইলেকট্রন যুগল কেবলমাত্র একটি পরমাণু সরবরাহ করে এবং অপর পরমাণু কোনো ইলেকট্রন যোগান না দিয়েও ঐ প্রথম পরমাণুর যোগান দেয়া ইলেকট্রন যুগল শেয়ার করে দ্বিত্বক অথবা অষ্টক পূর্ণ করে বন্ধনে আবদ্ধ হয়, একে **সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন** বলা হয়।

সমযোজী বন্ধন ও সন্নিবেশ বন্ধনের সমতুল্যতা : বন্ধন গঠনের প্রয়োজনীয় ইলেকট্রন যুগলের উৎস ভিন্ন হলেও প্রকৃতপক্ষে বন্ধন শেষে সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন হলো সাধারণ সমযোজী বন্ধনের বা সিগমা বন্ধনের একটি বিশেষ রূপমাত্র। অর্থাৎ **সন্নিবেশ বন্ধন প্রকৃতপক্ষে সমযোজী বন্ধন।** এক্ষেত্রে NH_3 অণুর গঠন ও NH_4^+ আয়ন গঠনের মধ্যে তুলনা থেকে তা সুস্পষ্ট হবে।

নাইট্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস হলো; $N(7) = 1s^2\,2s^2\,2p_x^1\,2p_y^1\,2p_z^1$

অ্যামোনিয়া (NH_3) যৌগ গঠনের পূর্বে নাইট্রোজেন পরমাণুর অরবিটালে sp^3 সংকরণ ঘটে। এর ফলে চারটি সমতুল্য সংকর অরবিটাল (যেমন $\psi_1^2\ \psi_2^1\ \psi_3^1\ \psi_4^1$) সৃষ্টি হয়, যার তিনটিতে একটি করে এবং চতুর্থটিতে দুটি ইলেকট্রন থাকে। এক ইলেকট্রনবিশিষ্ট সংকর অরবিটাল তিনটি (যেমন $\psi_2^1\ \psi_3^1\ \psi_4^1$) তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর $1s^1$ অরবিটাল এর সাথে অধিক্রমণ করে তিনটি N–H সমযোজী সিগমা বন্ধন সৃষ্টি করে। অ্যামোনিয়া যৌগে নাইট্রোজেন পরমাণুতে চতুর্থ সংকর অরবিটালে (যেমন ψ_1^2) নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল বা মুক্তজোড় ইলেকট্রন অবস্থান করে। অ্যামোনিয়াম (NH_4^+) আয়ন

গঠনের সময় এ চতুর্থ সংকর অরবিটালটি একটি হাইড্রোজেন আয়নের (H^+ এর) ইলেকট্রনবিহীন 1s অরবিটালের সাথে অধিক্রমণ করে সন্নিবেশ বন্ধন সৃষ্টি করে :



চিত্র-৩.৩২ : সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা NH_4^+ আয়ন গঠন।

MCQ-3.19 : NH_4Cl অণুতে কী কী প্রকারের বন্ধন আছে? [ঢা. বো. ২০১৫]
(i) আয়নিক (ii) সমযোজী
(iii) সন্নিবেশ বন্ধন
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii
(গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

সন্নিবেশ বন্ধন গঠনের ফলে N পরমাণুতে ধনাত্মক আধানের সৃষ্টি হয়। হাইড্রোজেন পরমাণুতে যে ঋণাত্মক আধানের সৃষ্টি হওয়ার কথা, তা পূর্ব থেকে অবস্থানরত ধনাত্মক আধানের সাথে মিলিত হয়ে প্রশমিত হয়। সুতরাং চতুর্থ N–H বন্ধনের সাথে অপর তিনটি N–H বন্ধনের আর কোনো পার্থক্য থাকে না। অ্যামোনিয়াম আয়নে প্রতিটি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং N–H বন্ধন সমতুল্য এবং প্রতিটি $\angle HNH = 109°28'$ অর্থাৎ আদর্শ চতুস্তলকের কোণ 109.5° এর সমান।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১৫: দ্বিতীয় পর্যায়ভুক্ত গ্রুপ-13 বা 3A এর একটি মৌল B এর ফ্লোরাইড BF_3 যৌগটি নিম্নরূপে BF_4^- অ্যানায়ন গঠন করে : [চ. বো. ২০১৫]

$$BF_3 + F^- \longrightarrow BF_4^-$$

(ক) BF_3 ও F^- আয়নের সাথে কোন্ প্রকারের বন্ধন গঠিত হয় তা ব্যাখ্যা করো।
(খ) উদ্দীপকের বিক্রিয়ার মাধ্যমে B পরমাণুর সংকরণ অবস্থার পরিবর্তন ঘটে কীনা তা যাচাই করো।

সমাধান : (ক) BF_3 ও F^- আয়নের মধ্যে বন্ধন গঠনের ব্যাখ্যা :

উদ্দীপক মতে, B হলো ২য় পর্যায়ভুক্ত গ্রুপ– 13 বা 3A এর মৌল। তাই মৌলটি হলো বোরন, B(5)। মৌলটির ইলেকট্রন বিন্যাস হলো :

$$B(5) \longrightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1$$

উদ্দীপিত অবস্থায়, $B^*(5) \longrightarrow 1s^2\ 2s^1\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^0$

সুতরাং B এর সংকরণ হলো sp^2, $B^*(5) \longrightarrow 1s^2\ 2\psi_1^1\ 2\psi_2^1\ 2\psi_3^1$

MCQ-3.20 : কোনটির ইলেকট্রন আসক্তির মান সর্বনিম্ন? [য. বো. ২০১৭]
(ক) F (খ) O (গ) Ca (ঘ) Si

sp^2 সংকরিত B পরমাণুর তিনটি সংকর অরবিটালের সাথে তিনটি ফ্লোরিন পরমাণু সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হয়ে BF_3 অণু গঠিত হয়। লুইস প্রতীকের মাধ্যমে বন্ধন গঠনটি হলো নিম্নরূপ :

$$\cdot\dot{B}\cdot + 3\ :\ddot{\underset{\cdot\cdot}{F}}\cdot \longrightarrow F\cdot\cdot\overset{F}{\underset{}{\ddot{B}}}\cdot\cdot F$$

উৎপন্ন BF_3 যৌগ অণুতে অষ্টক অপূর্ণ আছে। তাই উদ্দীপক মতে ফ্লোরাইড আয়ন (F^-) নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় যোগান দিয়ে BF_3 এর সাথে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা BF_4^- আয়ন গঠন করে থাকে। যেমন,

$$F-\overset{F}{\underset{F}{B}} + :\ddot{\underset{\cdot\cdot}{F}}:^- \longrightarrow F-\overset{F}{\underset{F}{B}} \leftarrow :\ddot{\underset{\cdot\cdot}{F}}:^- \longrightarrow \left[F-\overset{F}{\underset{F}{B}}\leftarrow F\right]^-$$

সমাধান : (খ) B পরমাণুর সংকরণ অবস্থার পরিবর্তন ঘটে কিনা তার ব্যাখ্যা : আমরা জানি BF_3 অণু গঠনে B পরমাণুর sp^2 সংকরণ ঘটেছে। উদ্দীপক মতে, BF_3 অণু ও ফ্লোরাইড আয়ন (F^-) এর মধ্যে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা BF_4^- অ্যানায়ন গঠিত হয়ে থাকে। তখন B পরমাণুর খালি $2p_z^0$ অরবিটালে একটি ইলেকট্রন যুক্ত হয়ে পড়ে। এ অবস্থায় B^- আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস হয়, $B^-(5) \longrightarrow 1s^2\ 2s^1\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1$

তখন B^- আয়নে নতুনভাবে sp^3 অরবিটাল সংকরণ ঘটে থাকে।

sp^3 সংকরণের পর $B^-(5) \longrightarrow 1s^2\ 2\psi_1{}^1\ 2\psi_2{}^1\ 2\psi_3{}^1\ 2\psi_4{}^1$ হয়। তখন চারটি সংকর অরবিটালে চতুর্থ F পরমাণু সিগমা বন্ধনে আবদ্ধ হয়ে পড়ে। সুতরাং উদ্দীপকের বিক্রিয়ার মাধ্যমে B এর sp^2 সংকরণ অবস্থার পরিবর্তন ঘটে sp^3 সংকর অবস্থায় BF_4^- অ্যানায়ন গঠিত হয়। তখন চতুস্তলকীয় গঠন হয়ে থাকে।

সত্যতা যাচাই : নিচের সাধারণ ফর্মুলার সাহায্যে যৌগ বা অ্যানায়নের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণে অংশগ্রহণকারী অরবিটাল সংখ্যা (H) নির্ণয় করা যায় এবং সংকরণ অবস্থা থেকে গঠনাকৃতিও জানা যায়। যেমন–

$$H = \frac{1}{2}\left[\text{যোজ্যতাস্তরে ইলেকট্রন সংখ্যা (V)} + \text{একযোজী পরমাণুর সংখ্যা (X)} - \text{ক্যাটায়নের চার্জ সংখ্যা (C)} + \text{অ্যানায়নের চার্জ সংখ্যা (A)}\right]$$

বা, $H = \frac{1}{2}\ [V + X - C + A]$

BF_4^- আয়নের বেলায় সংকরণে অংশগ্রহণকারী অরবিটাল সংখ্যা :

$$H = \frac{1}{2}\ [3 + 4 - 0 + 1] = 4$$

সুতরাং এক্ষেত্রে চারটি অরবিটাল যেমন 2s ও তিনটি 2p অরবিটাল সংকরণে অংশ নিয়েছে। তাই BF_4^- আয়ন গঠনে sp^3 সংকরণ ঘটেছে। বিক্রিয়ার পূর্বে BF_3 অণুতে B এর sp^2 সংকরণ ছিল এবং সন্নিবেশ বন্ধনে F^- আয়নের সাথে যুক্ত হওয়ার কালে সংকরণের পরিবর্তনের মাধ্যমে নতুন সংকরণ sp^3 ঘটেছে, তা যাচাই করা হলো এবং এর সত্যতা প্রমাণিত হলো।

> **শিক্ষার্থীর কাজ-৩.১৪ : বন্ধন প্রকৃতির ব্যাখ্যাভিত্তিক :**
>
> **প্রশ্ন-৩.৩২(ক)।** NH_4Cl যৌগের বন্ধন প্রকৃতি ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০১৫]
>
> **প্রশ্ন-৩.৩২(খ)।** A ও D মৌলের যোজ্যতা ইলেকট্রন হলো যথাক্রমে ns^2np^1 ও ns^2np^3। ACl_3 এর সাথে DH_3 এর মধ্যে কোন্ ধরনের বন্ধন গঠন সম্ভব তা ব্যাখ্যা করো। [ব. বো. ২০১৫]
>
> **প্রশ্ন-৩.৩২(গ)।** সন্নিবেশ বন্ধন প্রকৃতপক্ষে সমযোজী বন্ধন; ব্যাখ্যা করো। [চ. বো. ২০১৭]

৩.১৫ সমযোজী বন্ধনে পোলারিটি বা, তড়িৎযোজী বৈশিষ্ট্য : তড়িৎ-ঋণাত্মকতার প্রভাব

Polarity in Covalent Compounds : Electronegativity Effect

সমযোজী বন্ধনের শেয়ারকৃত ইলেকট্রন যুগলকে কোনো পরমাণু কর্তৃক নিজের দিকে অধিক আকর্ষণ করার ক্ষমতাকে ঐ পরমাণুর **তড়িৎ-ঋণাত্মকতা** বলা হয়। অধাতুর তড়িৎ ঋণাত্মকতা বেশি এবং ধাতুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা কম। ফ্লোরিনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সবচেয়ে বেশি, তারপর অক্সিজেন, ক্লোরিন, নাইট্রোজেন পরমাণুর স্থান। শেয়ারকৃত ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুর দিকে বেশি আকৃষ্ট হয়। ফলে ঐ পরমাণুতে আংশিক ঋণাত্মক চার্জ (δ–) এবং অপর পরমাণুতে আংশিক ধনাত্মক চার্জ (δ+) সৃষ্টি হয়। যেমন,

N 3.0	O 3.5	F 4.0
	S 2.5	Cl 3.0
		Br 2.8
		I 2.5

সর্বাধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণু

$$\overset{\delta+}{H}\cdot\cdot\overset{\delta-}{F} \text{ বা, } \overset{\delta+}{H}-\overset{\delta-}{F}$$

পাউলিং স্কেল অনুসারে কয়েকটি মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান হলো, F = 4, O = 3.5, Cl = 3.0, N = 3.0, Br = 2.8, I = 2.5, C = 2.5, H = 2.1

ডাইপোল ও পোলারিটি : সমযোজী যৌগের সংশ্লিষ্ট দুই পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য 0.5 – 1.9 এর মধ্যে হলে তখন সমযোজী বন্ধনের ইলেকট্রন যুগল অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণু দ্বারা বেশি আকৃষ্ট হয়ে থাকে। ফলে অণুর দু প্রান্তে দুটি আংশিক ভিন্ন চার্জের বা মেরুর সৃষ্টি হয়, উভয় মেরুকে একত্রে ডাইপোল (dipole) বলা হয়। সমযোজী যৌগের অণুতে এ ডাইপোল সৃষ্টির ধর্মকে ঐ যৌগের পোলারিটি (polarity) বলা হয়। অণুর দু প্রান্তে আংশিক ধনাত্মক (δ+) ও আংশিক ঋণাত্মক (δ–) দুটি ভিন্ন মেরু সৃষ্টি হওয়ায় ঐ অণুকে পোলার অণু বা পোলার যৌগ বলা হয়। HF, H_2O হলো পোলার যৌগ।

HF একটি সর্বাধিক পোলার অণু এবং আয়নিক বৈশিষ্ট্য সর্বাধিক হয়; কারণ F ও H পরমাণুদ্বয়ের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য (4 – 2.1) = 1.9 যা দ্বারা পোলার অণুসমূহের মধ্যে সর্বাধিক পোলারিটি প্রকাশ পায়। হ্যালোজেনসমূহের মধ্যে F সর্বাধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক বলে HF সর্বাধিক পোলার অণু। হাইড্রোজেন হ্যালাইডের অণুগুলোর মেরু প্রবণতা ক্রম হলো HF > HCl > HBr > HI; মূলকথা বন্ধনে আবদ্ধ পরমাণুদ্বয়ের ঋণাত্মকতার পার্থক্য যত বেশি হবে সমযোজী যৌগে আয়নিক বৈশিষ্ট্য তত বেশি প্রকাশ পায়।

জেনে রাখো : বাস্তবে 100% আয়নিক কোনো যৌগ নেই। তদ্রূপ 100% সমযোজী যৌগ নেই। NaCl যৌগে প্রায় 80% আয়নিক বৈশিষ্ট্য রয়েছে। নিচের সারণিতে পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য এবং তাদের দ্বারা সৃষ্ট যৌগে আয়নিক বৈশিষ্ট্যের মোটামুটি শতকরা মাত্রা দেখানো হলো। যেমন,

তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্যের পরিমাণ :	0.1	0.2	0.6	1.1	1.7	2.0	2.1	3
শতকরা মাত্রায় গড় আয়নিক বৈশিষ্ট্য :	0.5	1.0	10	25	50	75	80	90

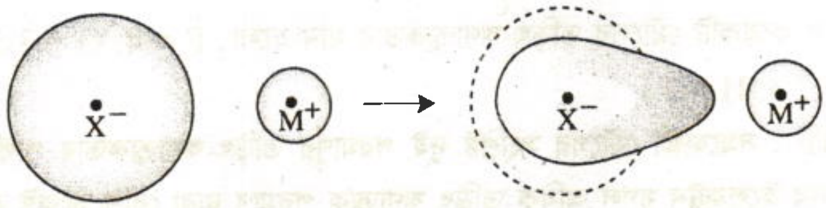
সমযোজী অণুতে আংশিক ধনাত্মক ও ঋণাত্মক তড়িৎ চার্জ সৃষ্টির কারণে ঐ সব যৌগে আংশিক আয়নিক যৌগের বৈশিষ্ট্য প্রকাশ পায়। H-পরমাণুযুক্ত পোলার অণুর মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধন নামে নতুন আন্তঃআণবিক বল সৃষ্টি হয়। তখন এ সব যৌগের অণু সংবদ্ধ (associated) থাকে। H-বন্ধনের কারণে যৌগের মধ্যে পার্থক্য দেখা দেয়। যেমন ঐসব যৌগে ভৌত অবস্থা, গলনাঙ্ক, ঘনত্ব ইত্যাদি ধর্মে আংশিক আয়নিক যৌগের বৈশিষ্ট্য দেখা যায়।

গ্রুপ 16 (6A) এর অক্সিজেন ও সালফারের হাইড্রাইড হলো যথাক্রমে H_2O ও H_2S। এক্ষেত্রে পোলার H_2O তরল, কিন্তু অপোলার H_2S হলো গ্যাস। HCl, H_2SO_4, HNO_3 ইত্যাদি এসিড অণু হলো পোলার। এরা পানিতে H^+ আয়ন দেয়, অম্লধর্ম প্রকাশ করে। NaCl এর জলীয় দ্রবণের মতো এসব এসিডের জলীয় দ্রবণ বিদ্যুৎ পরিবাহী হয়। জলীয় দ্রবণে আয়নিক যৌগের বিক্রিয়া যেমন খুব দ্রুত ঘটে। অনুরূপভাবে এসব পোলার সমযোজী যৌগ পানিতে দ্রবীভূত অবস্থায় দ্রুত বিক্রিয়া করে থাকে। বিশুদ্ধ সমযোজী যৌগের মধ্যে বিক্রিয়া আয়নিক যৌগের বিক্রিয়ার তুলনায় ধীরে ঘটে।

৩.১৫.১ পোলারায়ন বা আয়নের বিকৃতি

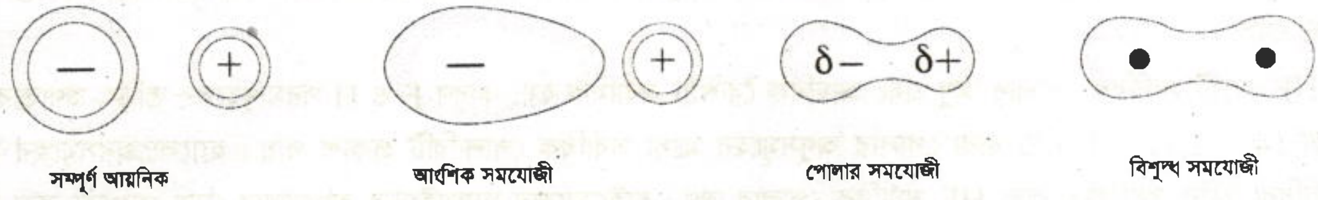
Polarization of Ions

পোলারায়ন : যখন কোনো ক্যাটায়ন একটি অ্যানায়নের খুব নিকটে আসে, তখন ক্যাটায়নের নিউক্লিয়াস তথা সামগ্রিক ধনাত্মক চার্জ অ্যানায়নের ইলেকট্রন মেঘকে নিজের দিকে আকর্ষণ করে। একই সাথে ক্যাটায়নটি অ্যানায়নের নিউক্লিয়াসকে বিকর্ষণ করে। এ আকর্ষণ ও বিকর্ষণের ফলে অ্যানায়নের ইলেকট্রন মেঘ ক্যাটায়নের দিকে সরে আসে। একে ক্যাটায়ন দ্বারা অ্যানায়নের বিকৃতি বা পোলারায়ন বলা হয়। তখন ক্যাটায়ন দ্বারা অ্যানায়নটি পোলারায়িত হয়েছে বলা হয়। অ্যানায়নকে এভাবে পোলারায়িত করার ক্ষমতাকে **ক্যাটায়নের পোলারায়ন ক্ষমতা** বলে।



চিত্র-৩.৩৩ : M^+ ক্যাটায়ন কর্তৃক X^- অ্যানায়নের পোলারায়ন।

সম্পূর্ণ আয়নিক বন্ধনে আয়নদ্বয়ের অবস্থা, পোলারায়নের ফলে অ্যানায়নে ইলেকট্রন মেঘের বিকৃতি, পোলার সমযোজী বন্ধন ও বিশুদ্ধ সমযোজী বন্ধনে ইলেকট্রন মেঘের অবস্থা নিচের চিত্র দ্বারা ধারণা দেয়া হলো :



চিত্র-৩.৩৪ : বিভিন্ন বন্ধনে ইলেকট্রন মেঘের বিভিন্ন অবস্থা।

৩.১৫.২ আয়নিক যৌগে সমযোজী বৈশিষ্ট্য

DAT(21-22)

Covalent Character in Ionic Compounds

অ্যানায়নের পোলারায়ন নিঃসন্দেহে আদর্শ আয়নিক যৌগের ধর্ম থেকে বিচ্যুতি। এ কারণে পোলারায়নের পরিমাণ বৃদ্ধির সাথে সাথে আয়নিক যৌগের বিভিন্ন ধর্মের (যেমন, উচ্চ গলনাঙ্ক, উচ্চ স্ফুটনাঙ্ক, উদ্বায়িতা, পানিতে অধিক দ্রবণীয়তা প্রভৃতির) ক্রম হ্রাস ও সমযোজী যৌগের বৈশিষ্ট্যের ক্রম বৃদ্ধি ঘটে। ধাতব কার্বনেট লবণসমূহে অধিক পোলারায়ন ঘটলে এদের সুস্থিতি হ্রাস পায় এবং অল্প তাপে বিয়োজিত হয়।

ফাজানের নিয়ম : আয়নিক যৌগে ক্যাটায়ন দ্বারা অ্যানায়নের পোলারায়নের পরিমাণ কয়েকটি শর্ত যেমন আয়নের চার্জ, আয়নের আকার ও আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস ইত্যাদি দ্বারা নির্ধারিত হয়। এসব শর্তকে **ফাজানের পোলারায়ন নিয়ম বলা** হয়। এসব শর্তের ভূমিকা হলো—

* (i) ক্যাটায়নের ও অ্যানায়নের চার্জের পরিমাণ যত বেশি হয় পোলারায়ন তত বেশি হয়।

* (ii) ক্যাটায়নের আকার যত ছোটো হয় এবং অ্যানায়নের আকার যত বড়ো হয় পোলারায়ন তত বেশি ঘটে। এছাড়া

* (iii) যেসব ক্যাটায়নের ইলেকট্রন বিন্যাসে $ns^2\ np^6\ nd^{1-10}$ ইলেকট্রন বিন্যাস থাকে; সেসব ক্ষেত্রে $ns^2\ np^6$ এর তুলনায় অ্যানায়নের বিকৃতি বা পোলারায়ন বেশি মাত্রায় ঘটে। যেমন,

ফাজানের পোলারায়ন নিয়ম বা শর্তাবলির ব্যাখ্যা

(১) পোলারায়নের ১ম নিয়ম : ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের চার্জের পরিমাণ : কোনো ক্যাটায়ন কর্তৃক অ্যানায়নকে পোলারায়ন করার ক্ষমতা ক্যাটায়নের ধনাত্মক চার্জ বৃদ্ধির সাথে বৃদ্ধি পায়।

পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক : পর্যায় সারণির যেকোনো পর্যায়ে বামদিক থেকে যতই ডানদিকে যাওয়া যায়, ক্যাটায়নসমূহের ধনাত্মক চার্জও তত বৃদ্ধি পায়; ফলে অধিক চার্জযুক্ত ক্যাটায়নের পোলারায়ন ক্ষমতাও ততই বৃদ্ধি পায়। ফলে যৌগটিতে সমযোজী বৈশিষ্ট্য বৃদ্ধি পায়। তাই সংশ্লিষ্ট যৌগের গলনাঙ্ক হ্রাস পায়।

তৃতীয় পর্যায়ে Na^+ আয়ন এর চেয়ে Mg^{2+} আয়নের পোলারায়ন ক্ষমতা বেশি। Mg^{2+} আয়ন অপেক্ষা Al^{3+} আয়নের পোলারায়ন ক্ষমতা আরো বেশি। তাই এসব আয়নের যৌগসমূহে সমযোজী ধর্ম ক্রমানুসারে বৃদ্ধি পায় এবং যৌগসমূহের গলনাঙ্ক (এবং স্ফুটনাঙ্ক) ক্রমশ হ্রাস পায়। যেমন,

$NaCl$ (গলনাঙ্ক 801°C) > $MgCl_2$ (গলনাঙ্ক 714°C) > $AlCl_3$ (গলনাঙ্ক 190°C)।

একই ধাতব পরমাণু বিভিন্ন চার্জযুক্ত ক্যাটায়ন সৃষ্টি করলে কম চার্জবিশিষ্ট ক্যাটায়নের পোলারায়ন ক্ষমতা কম হবে এবং বেশি চার্জের ক্যাটায়নের পোলারায়ন ক্ষমতা বেশি হবে। যেমন, অনার্দ্র ফেরাস ক্লোরাইড ($FeCl_2$) এর গলনাঙ্ক 670°C অথচ অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) এর গলনাঙ্ক মাত্র 306°C। ফেরিক ক্লোরাইড $FeCl_3$ এ ক্যাটায়নের চার্জ এক একক বৃদ্ধি পাওয়ায় যৌগের সমযোজী ধর্ম বৃদ্ধি পায়। ফলে গলনাঙ্ক কমে।

অ্যানায়নসমূহের ঋণাত্মক চার্জের বৃদ্ধির সাথে পোলারায়িত হওয়ার প্রবণতা বৃদ্ধি পায়। যেমন, ফ্লোরাইড (F^-) আয়ন অপেক্ষা অক্সাইড (O^{2-}) আয়ন বেশি পোলারায়িত হয় এবং নাইট্রাইড (N^{3-}) আয়ন আরও বেশি পোলারায়িত হয়। ফলে CaF_2 অপেক্ষা CaO অধিক সমযোজী প্রকৃতির হয়।

(খ) পোলারায়নের ২য় নিয়ম : ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের আকার : কোনো ক্যাটায়নের অ্যানায়নকে পোলারায়ন করার ক্ষমতা এর আকার হ্রাসের সাথে বাড়ে। পর্যায় সারণিতে **একই গ্রুপে যতই নিচ থেকে ওপরের দিকে** যাওয়া যায়, একই চার্জযুক্ত ক্যাটায়নসমূহের আকার কমে যাওয়ায় এদের পোলারায়ন ক্ষমতাও বেড়ে যায়, অর্থাৎ এসব আয়নের যৌগসমূহের সমযোজী ধর্ম তত বাড়ে।

গ্রুপ-2(2A) এর দ্বিধনাত্মক চার্জযুক্ত বিভিন্ন ক্যাটায়নের ব্যাসার্ধ ঐ গ্রুপের নিচ থেকে ওপর দিকে কমতে থাকে। যেমন Ba^{2+} = 1.34 Å ; Sr^{2+} = 1.12 Å; Ca^{2+} = 0.99 Å; Mg^{2+} = 0.66 Å; Be^{2+} = 0.35 Å। তাই তাদের পোলারায়ন ক্ষমতা বিপরীতভাবে কমে : যেমন $Be^{2+} > Mg^{2+} > Ca^{2+} > Sr^{2+} > Ba^{2+}$

তাদের অনার্দ্র ক্লোরাইডসমূহের সমযোজী বৈশিষ্ট্যের বৃদ্ধি বা গলনাঙ্কের হ্রাসের ক্রম হলো নিম্নরূপ :

$BaCl_2$ (963°C) > $SrCl_2$ (875°C) > $CaCl_2$ (782°C) > $MgCl_2$ (714°C) > $BeCl_2$ (405°C) DAT (21-22)

আবার **অ্যানায়নের আকার বৃদ্ধির** সাথে পোলারায়িত হওয়ার প্রবণতা বৃদ্ধি পায়। অ্যানায়নের ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পেলে সর্ববহিস্থ স্তরের ইলেকট্রনের সাথে নিউক্লিয়াসের গড় দূরত্ব বৃদ্ধি পায়। ফলে ইলেকট্রনের ওপর অ্যানায়নের নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ হ্রাস পায়। তখন ক্যাটায়ন সহজেই অ্যানায়নকে পোলারায়িত করতে পারে। **একই গ্রুপে ওপর থেকে নিচের দিকে** অ্যানায়নের পোলারায়িত হওয়ার প্রবণতা বাড়ে। যেমন,

F^- (133 pm) < Cl^- (181 pm) < Br^- (196 pm) < I^- (220 pm)

ক্যালসিয়ামের হ্যালাইডসমূহের মধ্যে CaI_2-এ সমযোজী বৈশিষ্ট্য সবচেয়ে বেশি। এদের গলনাঙ্ক নিম্নরূপ :

CaF_2 = 1392°C; $CaCl_2$ = 782°C, $CaBr_2$ = 730°C, CaI_2 = 575°C।

অনুরূপভাবে সোডিয়াম হ্যালাইডসমূহের আয়নিক ধর্মের হ্রাসক্রম হলো, NaF > NaCl > NaBr > NaI

অনুরূপভাবে সোডিয়াম হ্যালাইডসমূহের সমযোজী ধর্মের বৃদ্ধিক্রম হলো, NaF < NaCl < NaBr < NaI

অনুরূপভাবে সিলভার হ্যালাইডসমূহের সমযোজী ধর্মের বৃদ্ধিক্রম হলো, AgF < AgCl < AgBr < AgI

(গ) পোলারায়নের ৩য় নিয়ম : ক্যাটায়নের ইলেকট্রন বিন্যাস : সমচার্জের ও প্রায় সমআকারের দুটি ক্যাটায়নের মধ্যে ns^2np^6 ইলেকট্রন বিন্যাসবিশিষ্ট ক্যাটায়ন অপেক্ষা $ns^2np^6(n-1)d^{10}$ বিশিষ্ট ক্যাটায়নের (নিউক্লিয়াসে থাকা অধিক সংখ্যক প্রোটনের অধিক আকর্ষণের কারণে) পোলারায়ন ক্ষমতা বেশি হয়। যেমন, NaCl এর গলনাঙ্ক 801°C; অথচ কপার (I) ক্লোরাইড CuCl এর গলনাঙ্ক মাত্র 422°C যা দ্বারা শেষোক্ত যৌগে সমযোজী ধর্মের প্রাধান্য বোঝা যায়। যদিও Na^+ (0.095 nm) ও Cu^+ (0.096 nm) এর আকার প্রায় সমান।

জেনে নাও : পোলারিটি ও পোলারায়ন-এর মধ্যে পার্থক্য কী? [সি. বো. ২০১৯]

পোলারিটি ও পোলারায়ন এ উভয় পদের মধ্যে সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্যভিত্তিক নিম্নোক্ত পার্থক্য রয়েছে।

১। (ক) **পোলারিটির সংজ্ঞা :** সমযোজী যৌগ অণুর সংশ্লিষ্ট দুই পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য 0.5 – 1.9 এর মধ্যে হলে তখন অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুর দিকে সমযোজী বন্ধন ইলেকট্রন যুগল বেশি আকৃষ্ট হয়ে থাকে। ফলে অণুর দু প্রান্তে দুটি আংশিক ভিন্ন চার্জযুক্ত মেরু সৃষ্টি হয়। এক্ষেত্রে উভয় ভিন্ন মেরুকে ডাইপোল এবং সমযোজী যৌগের অণুতে ডাইপোল সৃষ্টি ধর্মকে **পোলারিটি** বলে। এরূপ যৌগকে পোলার অণু বলে। যেমন $\overset{\delta+\ \delta-}{HF}$ ও $\overset{\delta+\ \delta-}{H_2O}$ হলো পোলার অণু।

(খ) পোলারায়নের সংজ্ঞা : যখন কোনো ক্যাটায়ন একটি অ্যানায়নের খুব নিকটে আসে, তখন ক্যাটায়নের নিউক্লিয়াস বা সামগ্রিক ধনাত্মক চার্জ অ্যানায়নের ইলেকট্রন মেঘকে নিজের দিকে আকর্ষণ করে। একই সাথে ক্যাটায়নটি অ্যানায়নের নিউক্লিয়াসকে বিকর্ষণ করে। এরূপ আকর্ষণ ও বিকর্ষণের ফলে অ্যানায়নের ইলেকট্রন মেঘ ক্যাটায়নের দিকে সরে আসে। আয়নিক যৌগে ইলেকট্রন মেঘের এরূপ অবস্থাকে ক্যাটায়ন দ্বারা অ্যানায়নের **পোলারায়ন** বলে।

২। পোলারিটি ও পোলারায়নের বৈশিষ্ট্য বা ফলাফল :

(ক) পোলারিটি সৃষ্টির ফলে সমযোজী যৌগের মধ্যে আংশিক আয়নিক যৌগের বা তড়িৎযোজী যৌগের ধর্ম প্রকাশ পায়। যেমন HCl, HNO_3, H_2SO_4 ইত্যাদি সমযোজী যৌগ পানিতে সহজে আয়নিত হয়ে থাকে। এসব পোলার যৌগের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হয়ে থাকে; ফলে বিদ্যুৎ পরিবহণ করতে পারে।

(খ) পোলারায়নের ফলে আয়নিক যৌগ বা তড়িৎযোজী যৌগের মধ্যে আংশিক সমযোজী যৌগের ধর্ম প্রকাশ পায়। এর ফলে যৌগের গলনাঙ্ক, পানিতে দ্রাব্যতা, কার্বনেট লবণের তাপীয় স্থিতি ইত্যাদি প্রতি ক্ষেত্রে হ্রাস পায়। যেমন NaCl এর গলনাঙ্ক 801°C; কিন্তু পোলারায়নের প্রভাবে $AlCl_3$ এর গলনাঙ্ক হ্রাস পেয়ে 190°C হয়।

শিক্ষার্থীর কাজ-৩.১৫ : ফাজানের পোলারায়ন নিয়মভিত্তিক :

সমস্যা-৩.৩৩ : (ক) NaCl অপেক্ষা CuCl এর গলনাঙ্ক কম কেন? [ঢা. বো. ২০১৬]

(খ) $CaCl_2$ ও $AlCl_3$ লবণদ্বয়ের মধ্যে কোনটি পানিতে অধিক দ্রবণীয় এবং কেন? [চ. বো. ২০১৬]

(গ) $FeCl_2$ ও $FeCl_3$ লবণদ্বয়ের মধ্যে কোনটির গলনাঙ্ক কম হবে এবং কেন? [চ. বো. ২০১৫; ব. বো. ২০১৬]

(ঘ) $BeCO_3$, $MgCO_3$ ও $CaCO_3$ এর মধ্যে বিয়োজন তাপমাত্রার ক্রম কীরূপ হবে এবং কেন তা ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০১৬]

(ঙ) AgF পানিতে দ্রবণীয়, কিন্তু AgCl পানিতে অদ্রবণীয়;— এর ব্যাখ্যা করো।

(চ) AgCl হলো সাদা, কিন্তু AgI হলুদ কেন?

(ছ) $PbCl_2$ হলো সাদা, কিন্তু PbI_2 সোনালী হলুদ কেন?

৩.১৫.৩ আয়নিক বিভব বা আয়নিক পটেনসিয়াল (Ionic Potential)

ফাজানের পোলারায়ন নিয়ম মতে, ক্যাটায়ন দ্বারা অ্যানায়নকে পোলারায়ন করার ক্ষমতা ক্যাটায়নের চার্জ বৃদ্ধির সাথে বাড়ে এবং ক্যাটায়নের ব্যাসার্ধ বৃদ্ধির সাথে কমে। বিভিন্ন ক্যাটায়নের পোলারায়ন ক্ষমতা তুলনা করার জন্য "আয়নিক পটেনসিয়াল" পদ ব্যবহৃত হয় :

$$\text{ক্যাটায়নের আয়নিক পটেনসিয়াল}, \phi = \frac{\text{ক্যাটায়নের চার্জ}}{\text{ক্যাটায়নের ব্যাসার্ধ}}$$

ক্যাটায়নের ϕ এর মান বৃদ্ধির সাথে (i) আয়নিক লবণের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ক্রম হ্রাস পায়, তা ফাজানের ১ম নিয়মে উদাহরণ দেয়া হয়েছে। এছাড়া (ii) লবণের পানিতে দ্রাব্যতা হ্রাস পায়, (iii) যৌগসমূহ বর্ণযুক্ত হয়, (iv) ধাতব কার্বনেটসমূহের অল্প তাপে বিয়োজন ঘটে ইত্যাদি বৈশিষ্ট্য প্রকাশ পায়।

(১) পানিতে লবণের দ্রাব্যতা হ্রাস : আয়নিক যৌগসমূহ পোলার দ্রাবক পানিতে দ্রবণীয়; কিন্তু সমযোজী যৌগ পানিতে সাধারণত কম দ্রবণীয় বা অদ্রবণীয় হয়। আয়নিক যৌগে অ্যানায়ন খুব বেশি পোলারায়িত হলে যৌগটির সমযোজী ধর্ম বৃদ্ধি পায়। অ্যানায়নের আকার বৃদ্ধির সাথে পোলারায়িত হওয়ার প্রবণতা বৃদ্ধি পায়। ফলে সে যৌগ পানিতে অদ্রবণীয় হয়। যেমন– AgF, AgCl, AgBr ও AgI এ চারটি যৌগের মধ্যে AgF এ অ্যানায়নের পোলারায়ন সবচেয়ে কম ঘটে। কারণ F⁻ আয়নের আকার সবচেয়ে ছোটো। তাই AgF এ আয়নিক বৈশিষ্ট্য বেশি থাকে এবং এটি পানিতে দ্রবণীয়; অন্য হ্যালাইডসমূহে অ্যানায়নের পোলারায়ন বেশি ঘটে; তাই এরা পানিতে অদ্রবণীয় হয়।

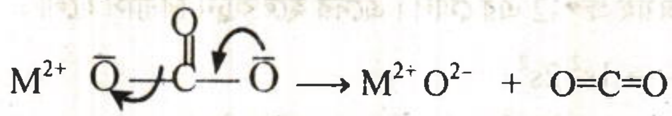
MAT(20-21)

(২) **যৌগের বর্ণ :** সাধারণত d ও f অরবিটালে অযুগ্ম ইলেকট্রনবিশিষ্ট আয়নের যৌগসমূহ বর্ণযুক্ত হয়। যৌগের বর্ণযুক্ত হওয়ার অন্যতম কারণ হলো অ্যানায়নের বেশি পোলারায়ন। অক্সাইড, সালফাইড প্রভৃতি আয়নের পোলারায়িত হওয়ার প্রবণতা বেশি। ক্যাটায়ন যেমন Hg^{2+}, Cu^{2+}, Cd^{2+}, Pb^{2+} প্রভৃতির সাথে উপরিউক্ত অ্যানায়নসমূহের যৌগে অ্যানায়নসমূহ খুব বেশি পোলারায়িত হয়; ফলে এসব যৌগ বর্ণযুক্ত হয়। যেমন CuS, PbS, HgS কালো, CdS হলুদ।

AgF, AgCl, AgBr ও AgI সিরিজে Ag^+ আয়নের পোলারায়ন ক্ষমতা বেশি। হ্যালাইড আয়নসমূহের মধ্যে F^- ও Cl^- আয়ন কম পোলারায়িত হয়; তাই AgF, AgCl **বর্ণহীন বা সাদা;** Br^- আয়ন বেশি পোলারায়িত হওয়ায় AgBr হালকা হলুদ। আয়োডাইড (I^-) আয়ন আরও বেশি পোলারায়িত হওয়ায় AgI গাঢ় হলুদ হয়।

পোলারায়িত অবস্থায় বর্ণ সৃষ্টির মূল কারণ হলো—অ্যানায়নের আকার বৃদ্ধির সাথে পোলারায়ন যেমন সহজে ঘটে, তেমনি অ্যানায়নের পূর্ণ অরবিটাল থেকে ক্যাটায়নের খালি করা অরবিটালে ইলেকট্রনের **ক্ষণিক স্থানান্তর** সহজে ঘটে থাকে। তখন প্রয়োজনীয় কম শক্তি দৃশ্যমান আলো থেকে শোষিত হয় এবং অবশিষ্ট আলোর বর্ণে যৌগটি বর্ণযুক্ত হয়। অপরদিকে অ্যানায়নের আকার ছোটো হলে পোলারায়ন কম ঘটে। তখন ঐ ছোটো অ্যানায়ন থেকে ক্যাটায়নের দিকে ইলেকট্রনের **ক্ষণিক স্থানান্তর** (যা বিস্তারণ বা লন্ডন বল নামে পরিচিত) ঘটানোর জন্য অপেক্ষাকৃত বেশি শক্তি প্রয়োজন হয়। তখন অধিক ফ্রিকুয়েন্সিযুক্ত UV রশ্মি থেকে শক্তি শোষিত হয় এবং যৌগটি বর্ণহীন বা সাদা দেখায়। যেমন AgCl সাদা, কিন্তু AgI হলুদ; $HgCl_2$ সাদা, কিন্তু HgI_2 লাল; $PbCl_2$ সাদা, কিন্তু PbI_2 সোনালি হলুদ হয়ে থাকে।

(৩) **ধাতব কার্বনেটের তাপীয় স্থিতি :** ক্যাটায়নের আয়নিক পটেনসিয়াল বেশি হলে তখন কার্বনেট অ্যানায়নের ইলেকট্রন মেঘ ক্যাটায়ন দ্বারা বেশি আকৃষ্ট হয়। তখন কার্বনেট লবণের তাপীয় স্থিতি হ্রাস পায়। ফলে অল্প তাপে কার্বনেট লবণ বিয়োজিত হয়ে ধাতব অক্সাইড ও CO_2 উৎপন্ন করে। যেমন–



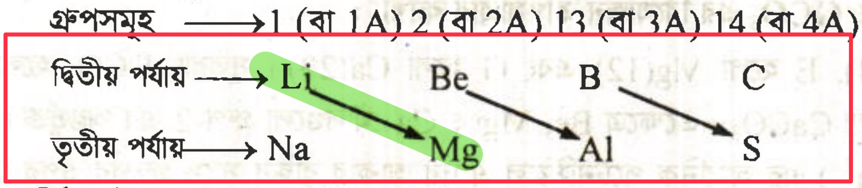
গ্রুপ 2 এর ধাতব আয়ন (M^{2+}) সমূহের আয়নিক পটেনসিয়াল এদের আকার বৃদ্ধির সাথে গ্রুপের ওপর থেকে নিচের দিকে কমে। যেমন, $Be^{2+} > Mg^{2+} > Ca^{2+} > Sr^{2+} > Ba^{2+}$। তাই এসব ক্যাটায়নের কার্বনেটের স্থিতি তথা কার্বনেট যৌগের গলনাঙ্ক একই ক্রমানুসারে বাড়তে থাকে। অর্থাৎ এদের বিয়োজন তাপমাত্রা ক্রমশ বাড়তে থাকে। যেমন—

$BeCO_3 = 100°C$, $MgCO_3 = 350°C$, $CaCO_3 = 547°C$, $SrCO_3 = 778°C$, $BaCO_3 = 998°C$

৩.১৫.৪ মৌলের কর্ণ সম্পর্ক (Diagonal Relationship of the Elements)

পর্যায় সারণির **দ্বিতীয় পর্যায়ভুক্ত** বিভিন্ন গ্রুপের মৌলসমূহের কিছু পর্যায়বৃত্ত ধর্ম একই গ্রুপভুক্ত মৌলের চেয়ে পরবর্তী তৃতীয় পর্যায়ভুক্ত তাদের ডানদিকের মৌলের সাথে অর্থাৎ কোনাকুনিভাবে অবস্থিত মৌলের ধর্মের সাথে অধিকতর মিল দেখা যায়। এরূপ দুটি পর্যায়ের মধ্যে কোনাকুনি অবস্থানের দুটি মৌলের ধর্মের সাদৃশ্যকে মৌলের কর্ণ সম্পর্ক বলে। যেমন,

দ্বিতীয় পর্যায়ভুক্ত গ্রুপ-1 (বা 1A) এর মৌল Li এর সাথে তৃতীয় পর্যায়ভুক্ত গ্রুপ-2 (বা 2A) এর মৌল Mg এর ধর্মে যথেষ্ট সাদৃশ্য দেখা যায়। অনুরূপভাবে Be এর সাথে Al এবং B এর সাথে Si এর ধর্মে বেশ সাদৃশ্য রয়েছে। তাদেরকে নিম্নরূপে দেখানো হয়।



কর্ণ সম্পর্কিত মৌলসমূহ (Li ও Mg; Be ও Al; B ও Si) এর ধর্মে সাদৃশ্যের কারণ :

(১) আয়নিক ব্যাসার্ধ : প্রতি জোড়া মৌলের পরমাণুর আয়নিক ব্যাসার্ধ খুব কাছাকাছি হয়। যেমন–

$Li^+ = 0.068$ nm এবং $Mg^{2+} = 0.078$ nm; $Be^{2+} = 0.034$ nm এবং $Al^{3+} = 0.050$ nm

(২) আয়নীকরণ শক্তি : তাদের আয়নীকরণ শক্তির পরিমাণ প্রায় কাছাকাছি। যেমন, Li ও Mg এর ১ম আয়নীকরণ শক্তির মান যথাক্রমে 520 $kJmol^{-1}$ ও 738 $kJmol^{-1}$। Be ও Al এর ১ম আয়নীকরণ শক্তি যথাক্রমে 899 $kJmol^{-1}$ ও 578 $kJmol^{-1}$।

(৩) তড়িৎ-ঋণাত্মকতা : তাদের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য খুব কম। যেমন, Li ও Mg এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান যথাক্রমে 1.0 ও 1.2। Be ও Al এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা হলো যথাক্রমে 1.5 ও 1.5।

(৪) পোলারিকরণ ক্ষমতা : তাদের পোলারিকরণ ক্ষমতা প্রায় সমান হয়।

(৫) আয়নিক চার্জের ঘনত্ব : তাদের আয়নিক চার্জের ঘনত্ব পরস্পরের কাছাকাছি।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১৬: নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও : [ঢা. বো. ২০১৬]

মৌলসমূহ ⟶	D	E	G	
যোজ্যতা ইলেকট্রন ⟶	$n s^2$	$(n+1) s^2$	$(n+2) s^2$	$n = 2$

(ক) উদ্দীপকের D অপেক্ষা G এর আয়নীকরণ শক্তি বা আয়নীকরণ বিভব কম কেন; ব্যাখ্যা করো।

(খ) উদ্দীপকের DCO_3, ECO_3, GCO_3 এর মধ্যে কোনটির বিয়োজন তাপমাত্রা সবচেয়ে কম; তা বিশ্লেষণ করো।

সমাধান : (ক) D অপেক্ষা G এর আয়নীকরণ শক্তি কম কেন; এর ব্যাখ্যা :

উদ্দীপক মতে, D হলো ns^2 বা $2s^2$ যোজ্যতা ইলেকট্রনবিশিষ্ট Be(4) পরমাণু এবং G হলো $4s^2$ যোজ্যতা ইলেকট্রন বিশিষ্ট Ca(20) পরমাণু। উভয়েই গ্রুপ-2 এর মৌল। এদের ইলেকট্রন বিন্যাস হলো :

$$Be(4) \longrightarrow 1s^2\, 2s^2$$

$$Ca(20) \longrightarrow 1s^2\, 2s^2\, 2p^6\, 3s^2\, 3p^6\, 3d^0\, 4s^2$$

Be বা D হলো ২য় পর্যায়ভুক্ত মৌল এবং Ca বা G হলো ৪র্থ পর্যায়ভুক্ত মৌল। একই গ্রুপভিত্তিক মৌলের আয়নীকরণ শক্তির সম্পর্ক মতে পরমাণুর আকার বৃদ্ধিতে আয়নীকরণ শক্তি হ্রাস পায়।

এক্ষেত্রে Be পরমাণুর দ্বিতীয় শক্তিস্তরের যোজ্যতা ইলেকট্রন নিউক্লিয়াস দ্বারা অধিক আকৃষ্ট থাকে। তাই গ্যাসীয় অবস্থায় এক মোল Be পরমাণু থেকে একটি করে ইলেকট্রন সরিয়ে গ্যাসীয় অবস্থায় এক মোল Be^+ আয়ন তৈরিতে অধিক শক্তি ব্যয় হয়।

অপরদিকে, Ca পরমাণুর ৪র্থ শক্তিস্তরের যোজ্যতা ইলেকট্রন এর নিউক্লিয়াস থেকে অপেক্ষাকৃত দূরে হওয়ায় নিউক্লিয়াস দ্বারা কম আকৃষ্ট থাকে। তাই গ্যাসীয় অবস্থায় এক মোল Ca পরমাণু থেকে একটি করে ইলেকট্রন সরিয়ে গ্যাসীয় অবস্থায় এক মোল Ca^+ আয়ন তৈরি করতে তুলনামূলক কম শক্তি প্রয়োজন হয়। যেমন,

$$Be\,(g) \longrightarrow Be^+(g) + e^- \quad E_i = 899\ kJmol^{-1}$$

$$Ca\,(g) \longrightarrow Ca^+(g) + e^- \quad E_i = 590\ kJmol^{-1}$$

সমাধান (খ) DCO_3, ECO_3 ও GCO_3 এর বিয়োজন তাপমাত্রার ব্যাখ্যা :

উদ্দীপক মতে, D হলো Be(4), E হলো Mg(12) এবং G হলো Ca(20)। সুতরাং DCO_3 হলো $BeCO_3$, ECO_3 হলো $MgCO_3$, GCO_3 হলো $CaCO_3$। এক্ষেত্রে Be, Mg ও Ca মৌলগুলো গ্রুপ-2 এর অন্তর্ভুক্ত। গ্রুপ-2 এর ধাতব আয়নসমূহ (Be^{2+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}) এর আয়নিক পটেনসিয়াল এদের আকার বৃদ্ধির সাথে গ্রুপের ওপর থেকে নিচের দিকে কমে। যেমন $Be^{2+} > Mg^{2+} > Ca^{2+}$। তাই এসব ক্যাটায়নের কার্বনেটের স্থিতি একই ক্রমানুসারে বাড়তে থাকে

অর্থাৎ এদের বিযোজন তাপমাত্রা ক্রমশ বাড়তে থাকে। সুতরাং উদ্দীপকের তিনটি ধাতব কার্বনেটের তাপ বিয়োজন তাপমাত্রার ক্রম হলো $CaCO_3 > MgCO_3 > BeCO_3$ অর্থাৎ $BeCO_3$ এর বিযোজন তাপমাত্রা সবচেয়ে কম হবে এবং তা হলো 100°C।

$$BeCO_3 \xrightarrow{100°C} BeO + CO_2$$

$$MgCO_3 \xrightarrow{350°C} MgO + CO_2$$

$$CaCO_3 \xrightarrow{547°C} CaO + CO_2$$

ব্যবহারিক (Practical)

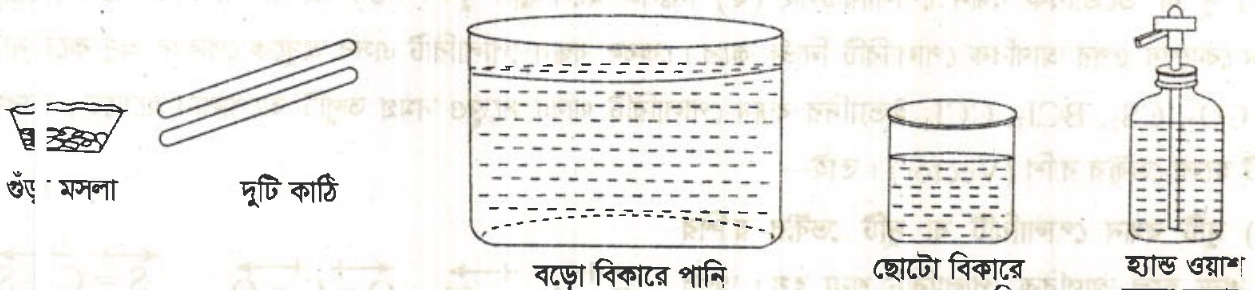
ল্যাবরেটরিতে শিক্ষার্থীর কাজ : শ্রেণিশিক্ষকের সহায়তায় চারজনের গ্রুপ করে নিম্নোক্ত মূলনীতিসহকারে কাজের ধারা অনুসরণ করে নিচের চিত্রমতে পানির ডাইপোলের উপস্থিতি প্রমাণ করো।

পরীক্ষা নং-১২ **পরীক্ষার সময় : ১ পিরিয়ড**

তারিখ : ....

৩.১৬ পরীক্ষার নাম : পানির ডাইপোলের উপস্থিতি প্রমাণ-এর পরীক্ষা

মূলনীতি : পানি একটি পোলার সমযোজী যৌগ অণু। অক্সিজেন পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা 3.5 এবং হাইড্রোজেন পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা 2.1; উভয় পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য হলো (3.5 – 2.1) = 1.4, যা 0.5 থেকে 1.9 এর মধ্যে রয়েছে। শর্ত অনুসারে পানি অণু পোলার $(\overset{\delta+\,\delta+}{H_2O})$ হয়েছে। তাই সাবানের ঋণাত্মক আয়ন স্টিয়ারেট আয়ন $(C_{17}H_{35}COO^-)$ দ্বারা পানি অণু বিকর্ষিত হয় এবং চার্জযুক্ত প্লাস্টিক রড দ্বারা পানি অণু আকৃষ্ট হয়ে থাকে।



চিত্র-৩.৩৫ : পানিতে ডাইপোলের উপস্থিতি প্রমাণের পরীক্ষা।

প্রয়োজনীয় উপকরণ : (১) ১টি বড়ো বিকার অথবা বড়ো বাটি ও ১টি ছোটো বিকার, (২) সামান্য পরিমাণ মসলা যেমন মরিচ-গুঁড়া অথবা হলুদ-গুঁড়া, (৩) হ্যান্ড ওয়াশ (তরল সাবান), (৪) দুটি সরু কাঠি বা দেয়াশলাই কাঠি, (৫) পানি।

কাজের ধারা : (১) বড়ো বিকারে বা বড়ো বাটিতে পানি ঢেলে নাও।

(২) ঐ পানির ওপর এক চিমটা হলুদের গুঁড়া অথবা মরিচের গুঁড়া বা উভয়ের গুঁড়া ছড়িয়ে দাও। দেখতে পাবে পানির ওপর মসলার সূক্ষ্ম গুঁড়া পাতলা স্তররূপে ভাসমান আছে। ভারী গুঁড়াগুলো পাত্রের তলায় পড়ে আছে।

(৩) ছোটো বিকারটিতে পানি নিয়ে একটু সাবান গুলিয়ে নাও।

(৪) দুটি ছোটো কাঠির একটির মাথা সাবানের পানিতে ভিজিয়ে নাও এবং বড়ো বিকারে নেয়া মসলার পানিতে ঢোকাও। লক্ষ্য করো মসলার গুঁড়ার পাতলা স্তরে কোনো নড়াচড়া হচ্ছে কী-না।

পর্যবেক্ষণ : এখন সাবানের কাঠি পানিতে ঢোকানোর সাথে সাথে মসলার কণাগুলো দূরে সরে যাচ্ছে। এরপর দ্বিতীয় কাঠিকে বাম হাতে নিয়ে সরাসরি মসলার পানিতে ঢোকাও। এবার মসলার গুঁড়ার স্তর সরে যায় না। দ্বিতীয় কাঠিটি ডুবানো

RMDAC

অবস্থায় রেখে প্রথম কাঠিটি সাবানের পানিতে ভিজিয়ে আবার মসলার পানিতে ডুবাও। এবার কিন্তু মসলার গুঁড়ার স্তর সরে যাচ্ছে।

সিদ্ধান্ত : (১) তরল সাবানের ঋণাত্মক আয়নিক অংশ মসলার সূক্ষ্ম কণার সংস্পর্শে থাকা পানির সদৃশ মেরুকে বিকর্ষণ করছে। এতে প্রমাণিত হয় পানি পোলার অণু অর্থাৎ পানি অণুতে আংশিক ধনাত্মক (δ+) ও আংশিক ঋণাত্মক (δ–) ডাইপোল আছে।

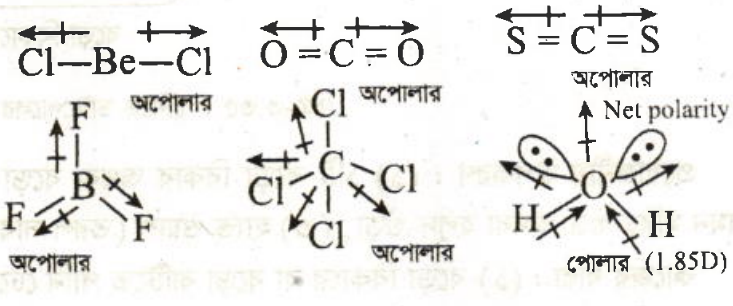
৩.১৬.১ সমযোজী বন্ধন পোলারিটি, আণবিক পোলারিটি ও ডাইপোল মোমেন্ট (Covalent Bond Polarity, Molecular Polarity & Dipole Moment)

সমযোজী বন্ধন পোলারিটি ও আণবিক পোলারিটি—এ শব্দ দুটি ভিন্ন অর্থ ও বৈশিষ্ট্য প্রকাশ করে :

***বন্ধন পোলারিটি :** সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ দুটি পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য 0.5 – 0.9 হলে বন্ধনটিতে পোলারিটি সৃষ্টি হয়। এ বন্ধন পোলারিটি ঐ অণুর দু প্রান্তে ডাইপোল সৃষ্টি করে। অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুটিতে আংশিক ঋণাত্মক চার্জ (δ–) এবং অপর পরমাণুটিতে আংশিক ধনাত্মক চার্জ (δ+) সৃষ্টি হয়। তখন অণুটিকে পোলার অণু বলে। যেমন, $\overset{\delta+}{H}-\overset{\delta-}{Cl}$, $\overset{\delta+}{H_2}\overset{\delta+}{O}$। উল্লেখ্য বন্ধন পোলারিটি নির্ভর করে কেবল বন্ধনের উভয় পরমাণুর তড়ি-ঋণাত্মকতার মানের ওপর। পোলার অণুর ডাইপোলকে 'ক্রস চিহ্নযুক্ত তীর (⟼) প্রতীক' দ্বারা ইলেকট্রন চার্জ শিফট দেখানো হয়; 'তীরের মুখ' ডাইপোলের ঋণাত্মক মেরু (δ–) এবং 'ক্রস চিহ্নটি' ধনাত্মক মেরু (δ+) প্রান্তকে বোঝায়। বন্ধন পোলারিটি একটি ভেক্টর রাশি (vector), যার মান ও দিক দুটিই থাকে।

*** আণবিক পোলারিটি :** দ্বিপরমাণুক অণু যেমন HF, HCl এর একটিমাত্র বন্ধনের বন্ধন পোলারিটিই সমগ্র অণুটিকে পোলার অণু করে থাকে। কিন্তু দু-এর বেশি পরমাণুযুক্ত অণু যেমন H_2O, $BeCl_2$, CO_2, BCl_3, CCl_4, PCl_5 এদের মধ্যে থাকা (১) দু বা ততোধিক বন্ধন পোলারিটিসহ (২) নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল (৩) এদের আণবিক গঠন (shape) ও (৪) বন্ধন কোণের ওপর আণবিক পোলারিটি নির্ভর করে। কেবল বন্ধন পোলারিটি এসব অণুকে পোলার অণু করে না; যেমন $BeCl_2$, CO_2, CS_2, BCl_3, CCl_4 ইত্যাদির বন্ধন পোলারিটি থাকা সত্ত্বেও সমগ্র অণুটি অপোলার হয়েছে। কারণ বন্ধন পোলারিটি হলো ভেক্টর রাশি (Vector)। তাই—

(ক) দুটি বন্ধন পোলারিটি বা দুটি ভেক্টর রাশির যোগফল শূন্য হলে আণবিক পোলারিটি শূন্য হয়। অণুর গঠন আকৃতি (১) **সরলরৈখিক** (linear) অথবা (২) **প্রতিসম জ্যামিতিক গঠন** হলে তখন দু বা ততোধিক বন্ধন পোলারিটির ভেক্টর যোগফল শূন্য হয় এবং ঐসব অণু অপোলার হয়। যেমন,



(১) রৈখিক অপোলার অণু : $BeCl_2$, CO_2, CS_2

(২) প্রতিসম অপোলার অণু : BF_3, CCl_4, PCl_5

ব্যাখ্যা : রৈখিক অণুর ($BeCl_2$, CO_2) দুটি বন্ধন পোলারিটি পরস্পর 180° কোণে বিপরীতমুখী ভেক্টর রাশি হওয়ায় পরস্পরকে সমতা সাধন (counter balanced) করে। তখন লব্ধি ফল (net result) শূন্য হয়; অপরদিকে প্রতিসম ত্রিভুজাকার BF_3 ও চতুস্তলকীয় CCl_4 এর ক্ষেত্রে যেকোনো দুটি বন্ধন পোলারিটির ভেক্টর যোগফল তৃতীয়টি দ্বারা সমতা সাধন হয়। উল্লেখ্য এসব অপোলার অণুর আণবিক পোলারিটি শূন্য হওয়ায় এদের ডাইপোল মোমেন্টও শূন্য হয়।

(খ অণুস্থিত দু বা ততোধিক **'বন্ধন পোলারিটির' ভেক্টর যোগফলের লব্ধি (resultant) মান ধনাত্মক** হলে তখন অণুর গঠনে আ ণবিক পোলারিটি সৃষ্টি হয় এবং অণুটিকে পোলার অণু বলে। যেমন H_2O, NH_3, $CHCl_3$ ইত্যাদি অণুর **আণবিক গঠন অ তিসম** হওয়ায় এদের বন্ধন পোলারিটির ভেক্টর যোগফল ধনাত্মক মানযুক্ত হয় এবং এরা পোলার অণু হয়। পোলার অণুর 'আ ণবিক পোলারিটির' মাত্রা প্রকাশের জন্য পোলার অণুর **'ডাইপোল মোমেন্ট'** নামে ভিন্ন পদ বা term ব্যবহৃত হয়েছে।

* **ডাইপোল মোমেন্ট :** পোলার অণুর 'মোট আণবিক পোলারিটি' (net molecular polarity)-এর মাত্রিক সংখ্যা মানই হলো ঐ যৌগ অণুর ডাইপোল মোমেন্ট। কোনো যৌগের ডাইপোলের যেকোনো প্রান্তের আংশিক তড়িৎ চার্জ (Q) ও ডাইপোলের দূরত্ব (d) এর গুণফলই মাত্রিকভাবে ঐ যৌগের ডাইপোল মোমেন্ট (μ) হয়।

∴ ডাইপোল মোমেন্ট (μ) = Q × d; ডাইপোল মোমেন্টের SI একক হলো কুলম্ব মিটার (C.m); CGS পদ্ধতিতে ডাইপোল মোমেন্টের একক হলো ডিবাই (debyes, D)। এক্ষেত্রে 1D = 3.336 × 10^{-30} কুলম্বমিটার (C.m) অর্থাৎ 1 C.m = 2.9976 × 10^{29} D. ইলেকট্রিক ফিল্ড পরিবেশে গ্যাসীয় অবস্থায় ডাইপোল মোমেন্ট পরিমাপ করা হয়। কিছু যৌগের নির্ণীত ডাইপোল মোমেন্টের মান সারণিতে দেওয়া হলো।

যৌগ	ডাইপোল মোমেন্ট, D
1. CH_3Cl	1.90
2. H_2O	1.85
3. HF	1.83
4. NH_3	1.47
5. HCl	1.11
6. $CHCl_3$	1.01
7. CCl_4	0
8. CO_2	0

* **ডাইপোল মোমেন্টের প্রয়োগ :** পরীক্ষালব্ধ ডাইপোল মোমেন্ট ও সূত্রভিত্তিক নির্ণীত ডাইপোল মান থেকে পোলার যৌগে **শতকরা আয়নিক বৈশিষ্ট্য গণনা করা যায়।** এক্ষেত্রে HF ও HCl এর মধ্যে কোন্‌টি বেশি আয়নিক তা নিম্নরূপে গণনা করা হলো।

C.G.S পদ্ধতিতে ডাইপোল মোমেন্ট গণনা : এক্ষেত্রে ডাইপোল অণুকে 100% আয়নিক ধরে অণুর যেকোনো প্রান্তের আংশিক চার্জকে একটি প্রোটনের চার্জের সমান যেমন 4.8 × 10^{-10} esu এবং HF এর বন্ধন দূরত্ব (d) = 92 pm বা, 92 × 10^{-10} cm। অপরদিকে HCl এর বন্ধন দূরত্ব হলো 127 pm বা, 127 × 10^{-10} cm।

HF এর ডাইপোল মোমেন্ট :

$\mu = Q \times d = 4.8 \times 10^{-10} \times 92 \times 10^{-10}$ esu.cm

$= 441.6 \times 10^{-20}$ esu.cm

যেহেতু $1D = 10^{-18}$ esu.cm

$\therefore \mu = (441.6 \times 10^{-20})/10^{-18} = 4.416$ D

আবার HF এর পরীক্ষালব্ধ μ = 1.83 D

∴ HF এর অণুর শতকরা আয়নিক বৈশিষ্ট্য :

$$= \frac{\text{পরীক্ষালব্ধ } \mu \text{ এর মান} \times 100}{\text{সম্পূর্ণ আয়নিত অবস্থায় নির্ণীত } \mu \text{ এর মান}}$$

$$= \frac{1.83\ D \times 100}{4.416\ D} = 41.44\%$$

HCl এর ডাইপোল মোমেন্ট :

$\mu = Q \times d = 4.8 \times 10^{-10} \times 127 \times 10^{-10}$ esu.cm

$= 609.6 \times 10^{-20}$ esu.cm

যেহেতু $1D = 10^{-18}$ esu.cm

$\therefore \mu = (609.6 \times 10^{-20})/10^{-18} = 6.096$ D

আবার HCl এর পরীক্ষালব্ধ μ = 1.11 D

∴ HCl এর অণুর শতকরা আয়নিক বৈশিষ্ট্য :

$$= \frac{\text{পরীক্ষালব্ধ } \mu \text{ এর মান} \times 100}{\text{সম্পূর্ণ আয়নিত অবস্থায় নির্ণীত } \mu \text{ এর মান}}$$

$$= \frac{1.11\ D \times 100}{6.096\ D} = 18.21\%$$

সিদ্ধান্ত : HF এর আয়নিক বৈশিষ্ট্য 41.44% এবং HCl এর আয়নিক বৈশিষ্ট্য 18.21% হওয়ায় HF অধিক আয়নিক

* **দ্রষ্টব্য :** ডাইপোল মোমেন্ট গণনা ছাড়াও দুটি পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য থেকেও শতকরা আয়নিক বৈশিষ্ট্য মোটামুটিভাবে জানা যায়। পরমাণুগুলোর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য যত বেশি হবে সেই যৌগে শতকরা আয়নিক বৈশিষ্ট্য তত বেশি হবে; অনুচ্ছেদ ৩.১৫ এর শেষে সারণি দ্রষ্টব্য।

৩.১৭ ভ্যানডার ওয়ালস বল : আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল
Vander Waals Force : Inter-Molecular Force

আমরা জানি, রাসায়নিক বন্ধন শক্তি বা আন্তঃপারমাণবিক আকর্ষণ বল (Bonding forces) ও আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল—এ উভয় প্রকার বলের প্রকৃতি হলো বিপরীত চার্জের স্থিরবৈদ্যুতিক আকর্ষণ বল। বন্ধন শক্তি হলো— (১) ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের মধ্যে আকর্ষণ (আয়নিক বন্ধনে), (২) নিউক্লিয়াসদ্বয় ও ইলেকট্রন যুগলের মধ্যে আকর্ষণ (সমযোজী বন্ধনে) অথবা (৩) ধাতুর ক্যাটায়ন ও সঞ্চরণশীল যোজ্যতা ইলেকট্রনের মধ্যে আকর্ষণ (ধাতব বন্ধনে)।

অপরদিকে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল অণুসমূহের মধ্যে আংশিক চার্জ সৃষ্টির কারণে অথবা আয়ন ও অণুর মধ্যে আকর্ষণের কারণে উদ্ভব ঘটে। এ উভয় প্রকার বল মূলত আকর্ষণ শক্তির মাত্রায় ভিন্ন হয় মাত্র।

ভ্যানডার ওয়ালস বলের সংজ্ঞা : রাসায়নিক বন্ধন শক্তি বা অন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল (intra molecular force) ছাড়া অণুসমূহের মধ্যে যত প্রকার কার্যকর বল রয়েছে তাদেরকে একত্রে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল বা সাধারণভাবে **ভ্যানডার ওয়ালস বলও** বলা হয়। তবে **অপোলার সমযোজী অণুসমূহের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলকে ভ্যানডার ওয়ালস আকর্ষণ** বল বলা হয়।

ননবন্ডিং আন্তঃআণবিক বল নিম্নোক্ত শ্রেণিতে বিভক্ত। যেমন–(১) আয়ন-ডাইপোল আকর্ষণ, (২) হাইড্রোজেন বন্ধন, (৩) ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণ, (৪) আয়ন-আবিষ্ট ডাইপোল আকর্ষণ, (৫) ডাইপোল-আবিষ্ট ডাইপোল আকর্ষণ, (৬) লন্ডন বল বা বিস্তারণ (dispersion) বল। নিচের সারণিতে বন্ডিং ও নন-বন্ডিং আকর্ষণ শক্তির মাত্রাগত তুলনা দেখানো হলো :

সারণি-৩.৭ : বন্ডিং ও ননবন্ডিং আকর্ষণ শক্তির মাত্রাগত তুলনা :

কার্যকর আকর্ষণ শক্তি	বন্ধনের ভিত্তি	শক্তির মাত্রা kJ/mol	উদাহরণ
বন্ডিং-এর বেলায় :			
(১) আয়নিক বন্ধন :	ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন :	400 – 4000	NaCl এর কেলাসে।
(২) সমযোজী বন্ধন :	নিউক্লিয়াসদ্বয় ও শেয়ারকৃত ইলেকট্রন যুগল :	150 – 1100	H–H অণুতে।
(৩) ধাতব বন্ধন :	ক্যাটায়ন ও সঞ্চরণশীল যোজ্যতা ইলেকট্রন :	75 – 1000	Fe ও ধাতুসমূহে।
ননবন্ডিং-এর বেলায় :			
(১) আয়ন-ডাইপোল আকর্ষণ :	আয়ন চার্জ ও ডাইপোল চার্জ	10 – 50	Na^+ .... $^{\delta-}O(H^{\delta+})_2$
(২) H–বন্ধন (পোলার অণু) [N. O. F যৌগসমূহে]	পোলার বন্ড ও H-ডাইপোল চার্জ	10 – 40	$\overset{\delta+}{H}$–$\overset{\delta-}{\ddot{O}}$: ...... $\overset{\delta+}{H}$–$\overset{\delta-}{\ddot{O}}$: (প্রতিটি O-তে $H^{\delta+}$)
(৩) ডাইপোল-ডাইপোল	ডাইপোল চার্জসমূহ	3 – 4	$\overset{\delta+}{Cl}$ — $\overset{\delta+}{I}$ ......$\overset{\delta+}{Cl}$ — $\overset{\delta+}{I}$
(৪) আয়ন-আবিষ্ট ডাইপোল	আয়নের চার্জসমূহ ও পোলারাইজ e^- মেঘ	3 – 15	Fe^{2+} ..... O_2
(৫) ডাইপোল-আবিষ্ট ডাইপোল	ডাইপোল চার্জ ও পোলারাইজ e^- মেঘ	2 – 10	$\overset{\delta+}{Cl}$ — $\overset{\delta+}{I}$ ...... Cl—Cl
(৬) লন্ডন বল বা বিস্তারণ বল	পোলারাইজযোগ্য e^- মেঘ	1 – 10	F–F......F–F

ভ্যান ডার ওয়ালস আকর্ষণ বল উৎস অনুসারে দু শ্রেণিতে বিভক্ত। যেমন, (ক) স্থায়ী ডাইপোল ও আবিষ্ট ডাইপোল আকর্ষণ, (খ) বিস্তারণ বল বা লন্ডন বল।

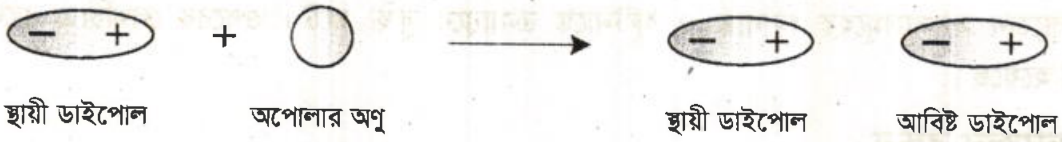
আয়ন-ডাইপোল আকর্ষণ : যখন একটি আয়ন ও পোলার তরল নিকটে আসে, তখন আয়ন-ডাইপোল আকর্ষণের উদ্ভব ঘটে। যেমন পানিতে Na^+ আয়ন ও পানি অণুর ঋণাত্মক প্রান্ত অক্সিজেন পরমাণুর মধ্যে এবং অপরদিকে Cl^- আয়ন ও পানি অণুর ধনাত্মক প্রান্ত H-পরমাণুর মধ্যে আয়ন-ডাইপোল আকর্ষণ সৃষ্টি হয়। এ আকর্ষণ বলের পরিমাণ (E) নির্ভর করে—

(i) আয়নের চার্জ (z), (ii) পোলার অণুর ডাইপোল মোমেন্ট (μ) এবং (iii) আয়ন ও ডাইপোলের মধ্যবর্তী দূরত্ব (r) এর বর্গের ব্যস্তানুপাতিক হারে : $E \propto \mu z/r^2$. আবার ডাইপোল মোমেন্ট, $\mu = Q \times r$; এক্ষেত্রে Q = ইলেকট্রনের চার্জ 1.6×10^{-19} C, r = বিপরীত চার্জের দূরত্ব মিটার এককে। ডাইপোল মোমেন্ট (μ) এর একক হলো ডিবাই (D) : $1D = 3.336 \times 10^{-30}$ coulomb meters (C.m)। **পোলার অণুতে পোলারিটির পরিমাণগত মাত্রাকে ডাইপোল মোমেন্ট (μ) বলে, যা বিপরীত চার্জের দূরত্ব (r) ও চার্জের মাত্রার (Q) গুণফলের সমান; $\mu = Q \times r$**

(২) ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণ : অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলদ্বয়ের মধ্যে সৃষ্ট সমযোজী যৌগ অণুতে সৃষ্ট ভিন্ন চার্জ বা মেরুকে ডাইপোল বলে। ডাইপোল দু প্রকার। যেমন, (i) স্থায়ী ডাইপোল ও (ii) অস্থায়ী ডাইপোল। স্থায়ী ডাইপোলার অণু হলো HCl, H_2O, NH_3। MAT

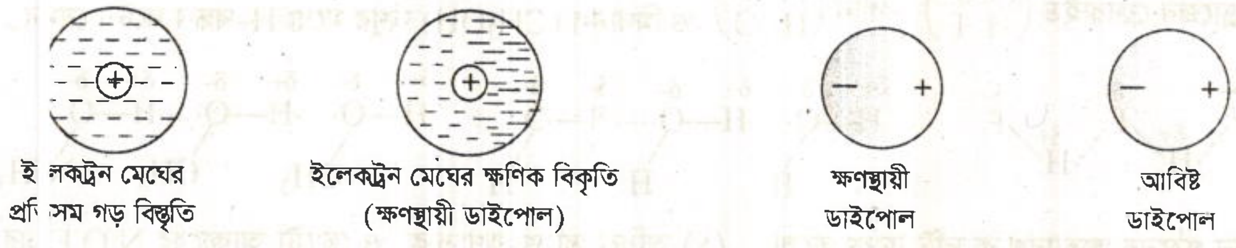
ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণকে অনেক সময় স্থিতিশীল ডাইপোল-স্থিতিশীল ডাইপোল আকর্ষণও বলা হয় এবং এ আকর্ষণ কেবল পোলার অণুর বেলায় ঘটে।

(৩) স্থায়ী ডাইপোল ও আবিষ্ট ডাইপোলের মধ্যে আকর্ষণ : যখন কোনো অণু বা আয়নের ইলেকট্রন মেঘ বৃহৎ স্থান দখল করে থাকে (diffuse) এবং আরেকটি অণু বা আয়নের একটি ধনাত্মক চার্জযুক্ত প্রান্ত তার নিকটে আসে, তখন প্রথম অণু বা আয়নের ইলেকট্রন মেঘ সেদিকে আকৃষ্ট হয় এবং ফলে সেদিকে আংশিক ঋণাত্মক চার্জের সৃষ্টি হয়। এর ফলে অন্য প্রান্তে আংশিক ধনাত্মক চার্জের সৃষ্টি হয়। এভাবে আবিষ্ট চার্জ সৃষ্টি হওয়াকে পোলারায়ন (polarisation) বলা হয়।



চিত্র-৩.৩৬ : স্থায়ী ডাইপোল ও আবিষ্ট ডাইপোলের মধ্যে আকর্ষণ সৃষ্টি।

(৪) বিস্তারণ বল বা লন্ডন বল : বিস্তারণ বলকে ক্ষণস্থায়ী ডাইপোল প্রভাবিত আবিষ্ট ডাইপোল আকর্ষণও বলা হয়। এটি সব ধরনের অপোলার অণু ও পরমাণুর বেলায় কার্যকর। তবে একটি পরমাণু বা অণুতে ইলেকট্রন সংখ্যা যত বেশি হয় এবং বহিস্থ ইলেকট্রনের ওপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ যত কম হয়, ততই বিস্তারণ বল বা লন্ডন বল বাড়ে। পদার্থবিদ Fritz London এর নামানুসারে এরূপ নামকরণ। ফ্রিজ লন্ডন (১৯৩০ খ্রিষ্টাব্দে) সর্বপ্রথম noble gas পরমাণু (যেমন He, Ne, Ar ইত্যাদির পরমাণু) সমূহ পরস্পর কেন আকৃষ্ট থাকে, তা বিস্তারণ বল দ্বারা ব্যাখ্যা করেন।



চিত্র-৩.৩৭ : বিস্তারণ বলের সৃষ্টি।

যেকোনো অণু বা পরমাণুতে দ্রুত ঘূর্ণনরত ইলেকট্রনসমূহের বিস্তারণ যেকোনো মুহূর্তে সব অবস্থানে সমভাবে হতে পারে না। নিউক্লিয়াসের কোনো একটি অংশে ইলেকট্রন মেঘ-এর ঘনত্ব বেশি হবে, অর্থাৎ ইলেকট্রন মেঘের ক্ষণিক বিকৃতি ঘটে

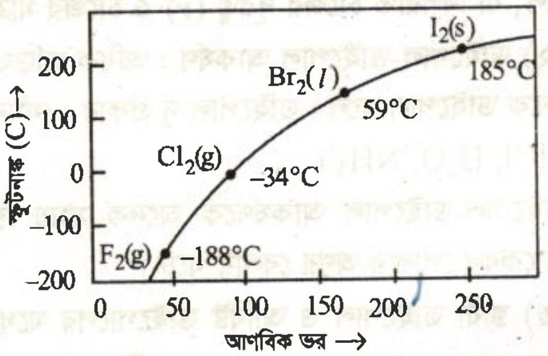
এবং সে স্থানে আংশিক ঋণাত্মক চার্জের সৃষ্টি হয়, যা খুবই ক্ষণস্থায়ী। একই সাথে অন্যত্র ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব হ্রাস পায়, সেখানে ক্ষণস্থায়ী আংশিক ধনাত্মক চার্জের সৃষ্টি হয়।

বিস্তারণ বল বা লন্ডন বলের সংজ্ঞা : কোনো অপোলার অণু বা পরমাণুতে ইলেকট্রন মেঘের ক্ষণিক অসম বিস্তৃতি বা ক্ষণিক বিকৃতির কারণে সৃষ্ট 'ক্ষণস্থায়ী ডাইপোল' প্রভাবিত নিকটতম অণু বা পরমাণুসমূহে যে আবিষ্ট ডাইপোল সৃষ্টি হয়, সে সব 'আবিষ্ট ডাইপোল' এর আকর্ষণ বলকে **বিস্তারণ বল বা লন্ডন** বল বলে। লন্ডন বিস্তারণ বল হলো সবচেয়ে দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস বল; যা 1—10 kJ mol^{-1} হয়ে থাকে।

বিস্তারণ বলের প্রভাব : অপোলার অণুতে বা পরমাণুতে ইলেকট্রন মেঘের বিকৃত হওয়ার ক্ষমতাকে **পোলারায়ন ক্ষমতা** বলা হয়। **যে অণু বা পরমাণু সার্বিকভাবে পুরোপুরি অপোলার তাতেও সর্বদা ক্ষণস্থায়ী ডাইপোলের সৃষ্টি হয়। এর ফলে নিকটস্থ আরেকটি অণু বা পরমাণুতেও আবিষ্ট ডাইপোল সৃষ্টি এবং এদের মধ্যে আকর্ষণের সৃষ্টি হয়। এরূপ ক্ষণস্থায়ী ডাইপোল প্রভাবিত আবিষ্ট ডাইপোলের সৃষ্টি ও আকর্ষণকে বিস্তারণ বল বা লন্ডন বল বলে।** এরূপে **বিস্তারণ বল অণু বা পরমাণুতে সব সময় ঘটতে থাকে।**

(১) হ্যালোজেন সদস্যদের গ্যাসীয়, তরল ও কঠিন ভৌত অবস্থা বিস্তারণ বল প্রভাবিত হয়।

(২) বিস্তারণ বলের প্রভাবে ন্যানো স্কেলের সূক্ষ্ম গুঁড়া সাসপেনশন তৈরি করে; যেমন গোল্ড সাসপেনশন।



চিত্র-৩.৩৭(ক) : হ্যালোজেনসমূহের স্ফুটনাঙ্কের পরিবর্তন

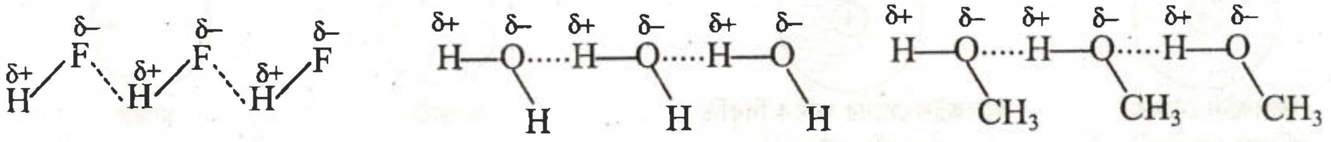
হ্যালোজেনের ভৌত অবস্থার ওপর বিস্তারণ বলের প্রভাব : হ্যালোজেন অণুসমূহের আণবিক ভর বৃদ্ধির সাথে ইলেকট্রন সংখ্যাও বৃদ্ধি পায়। ফলে বিস্তারণ বলজনিত অণুতে পোলারায়ন ক্ষমতাও বৃদ্ধি পায়। তাই এদের ভৌত অবস্থা গ্যাস থেকে তরল ও শেষে আয়োডিন কঠিন অবস্থা লাভ করে। আণবিক ভর বৃদ্ধির সাথে ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণ বৃদ্ধিসহ ভ্যানডার ওয়ালস আকর্ষণ বল বৃদ্ধি পায়। তাই হ্যালোজেন সদস্যসমূহের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কে ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি ঘটে। ওপরের লেখচিত্রে এদের স্ফুটনাঙ্কের পরিবর্তন দেখানো হয়েছে।

৩.১৮ হাইড্রোজেন বন্ধন

Hydrogen Bond

সংজ্ঞা : হাইড্রোজেন পরমাণু ও নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল যুক্ত অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক ছোটো আকারের পরমাণু যেমন N, O এবং F; এর মধ্যে সৃষ্ট H—N, H—O, H—F বন্ধন অধিকতর পোলার হয়। ফলে H-পরমাণুর ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব অধিক হ্রাস পায়। **এরূপ পোলার অণুসমূহের মধ্যে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক প্রান্তে নতুনভাবে এক আকর্ষণ বল সৃষ্টি হয়, তাকে হাইড্রোজেন বন্ধন বলে।** H-বন্ধনকে ডট্ ডট্ "...." চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড $\left(\begin{matrix}\delta+ & \delta- \\ H & F\end{matrix}\right)$, পানি $\left(\begin{matrix}\delta+ & \delta- \\ H_2 & O\end{matrix}\right)$ ও মিথানল (CH_3OH) অণুর মধ্যে H–বন্ধন ঘটে। যেমন,



H-বন্ধন গঠনের অত্যাবশ্যক দুটি কারণ হলো— (১) অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক ও ছোটো আকারের N,O,F এর সাথে H-পরমাণুর সমযোজী বন্ধনের অধিক পোলারায়ন ঘটে। (২) ছোটো আকারের N,O,F পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল H-পরমাণুর নিকটে এসে দুর্বল H-বন্ধন করতে পারে।

* H-বন্ধনের শক্তিক্রম হলো H .... F > H ....O > H .... N

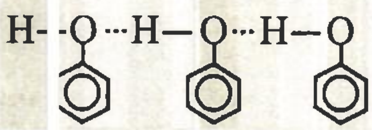
* একটি HF অণু অপর দুটি HF অণুর সাথে H-বন্ধন দ্বারা ট্রাইমার গঠন করতে পারে। তাই HF এর স্ফুটনাঙ্ক হলো 19.5°C। একটি H_2O অণুর সাথে অপর চারটি H_2O অণুর H-বন্ধন ঘটে; তাই H_2O এর স্ফুটনাঙ্ক 100°C হয়।

* অর্থাৎ একটি HF অণুকে মুক্ত করতে দুটি H-বন্ধন ভাঙ্গতে হয় এবং এজন্য যে তাপশক্তি প্রয়োজন হয়; এর তুলনায় একটি H_2O অণুকে মুক্ত করতে চারটি H-বন্ধন ভাঙার প্রয়োজন হয় এবং তাপশক্তি HF এর তুলনায় প্রায় দ্বিগুণ ব্যয়িত হয়। এজন্য পানির (H_2O এর) স্ফুটনাঙ্ক HF এর স্ফুটনাঙ্কের চেয়ে বেশি। কক্ষতাপমাত্রায় বা 25°C তাপমাত্রায় পানি তরল; কিন্তু HF গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে।

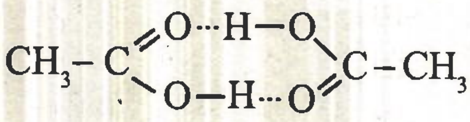
H-বন্ধন দু'প্রকার— যেমন আন্তঃআণবিক H-বন্ধন ও অন্তঃআণবিক H-বন্ধন।

১। আন্তঃআণবিক H-বন্ধন পাশাপাশি দুটি বা বহু অণুর মধ্যে ঘটতে থাকে। (১) যেমন HF, H_2O, অ্যালকোহল (CH_3OH) ও ফেনল (C_6H_5OH) ইত্যাদির মধ্যে ঘটে। কিন্তু (২) মিথানোয়িক এসিড বা ফরমিক এসিড (H-COOH) ও অ্যাসিটিক এসিড (CH_3COOH) এর দুটি অণুর দুটি –COOH গ্রুপের মধ্যে আন্তঃআণবিক H-বন্ধন দ্বারা বলয় সৃষ্টি করে ডাইমার অণু গঠিত হয়।

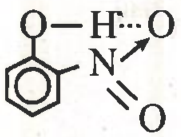
২। অন্তঃআণবিক H-বন্ধন একই অণুর দুটি ভিন্ন মূলকের মধ্যে ঘটে বলয় সৃষ্টি করে। যেমন— (১) অর্থোনাইট্রো ফেনলের –OH ও $-NO_2$ গ্রুপের মধ্যে এবং (২) স্যালিসাইল অ্যালডিহাইড বা অর্থো হাইড্রোক্সি বেনজ্যালডিহাইডের –OH ও -CHO গ্রুপের মধ্যে বলয় সৃষ্টি হয়। একইভাবে (৩) স্যালিসাইলিক এসিড বা অর্থো হাইড্রক্সি বেনজয়িক এসিডের মধ্যে অন্তঃআণবিক H বন্ধন একই অণুর মধ্যে ঘটে।



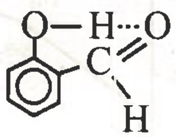
ফেনলে আন্তঃআণবিক H-বন্ধন



অ্যাসিটিক এসিডের H-বন্ধনে ডাইমার

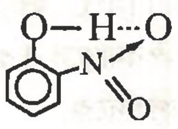


অন্তঃআণবিক H-বন্ধন অর্থো নাইট্রোফেনলে

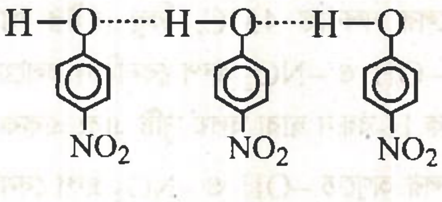


অন্তঃআণবিক H-বন্ধন অর্থোহাইড্রক্সি বেনজ্যালডিহাইডে

* অর্থোনাইট্রো ফেনলের মধ্যে একই অণুতে অন্তঃআণবিক H-বন্ধন দ্বারা বলয় সৃষ্টি হয়। তখন এসব অণু একক অণুরূপে থাকে। অপরদিকে প্যারানাইট্রো ফেনল অণুসমূহের পাশাপাশি দুটি –OH মূলকের মধ্যে আন্তঃআণবিক H-বন্ধন গঠন সম্ভব হয়। তখন প্যারানাইট্রো ফেনল অণুসমূহ গুচ্ছ অণুরূপে থাকে। তাই প্যারানাইট্রো ফেনলের গলনাঙ্ক বেশি হয়। কারণ আন্তঃআণবিক H-বন্ধন ভাঙার জন্য কিছু তাপ-শক্তি প্রয়োজন হয়। অর্থো নাইট্রোফেনলের গলনাঙ্ক কম হয়।



অর্থোনাইট্রো ফেনলে অন্তঃআণবিক H-বন্ধন (....)



প্যারা নাইট্রো ফেনলে আন্তঃআণবিক H-বন্ধন (....)

ফলে প্যারা নাইট্রো ফেনলের গলনাঙ্ক অর্থোনাইট্রোফেনলের গলনাঙ্ক থেকে বেশি হয়। কারণ আন্তঃআণবিক H-বন্ধন ভাঙ্গতে কিছু তাপশক্তি ব্যয়িত হয়। অর্থোনাইট্রো ফেনলের গলনাঙ্কের বেলায় অন্তঃআণবিক H-বন্ধনের কোনো প্রভাব নেই।

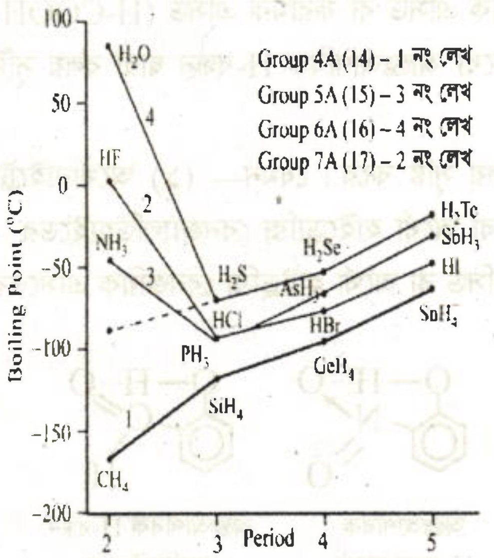
যৌগের ভৌতধর্মের ওপর H-বন্ধনের প্রভাব : গ্রুপভিত্তিক মৌলসমূহের হাইড্রাইডের ভৌতধর্ম (ভৌত অবস্থা, স্ফুটনাঙ্ক, গলনাঙ্ক) এর ওপর H-বন্ধনের ব্যতিক্রমধর্মী প্রভাব রয়েছে। সাধারণত একই গ্রুপের ওপর থেকে নিচের দিকের মৌলসমূহের হাইড্রাইডের স্ফুটনাঙ্ক ও গলনাঙ্ক এদের মোলার ভর বৃদ্ধির সাথে ক্রমানুয়ে বৃদ্ধি পায়। এর কারণ অণুসমূহের মোলার

RMDAC

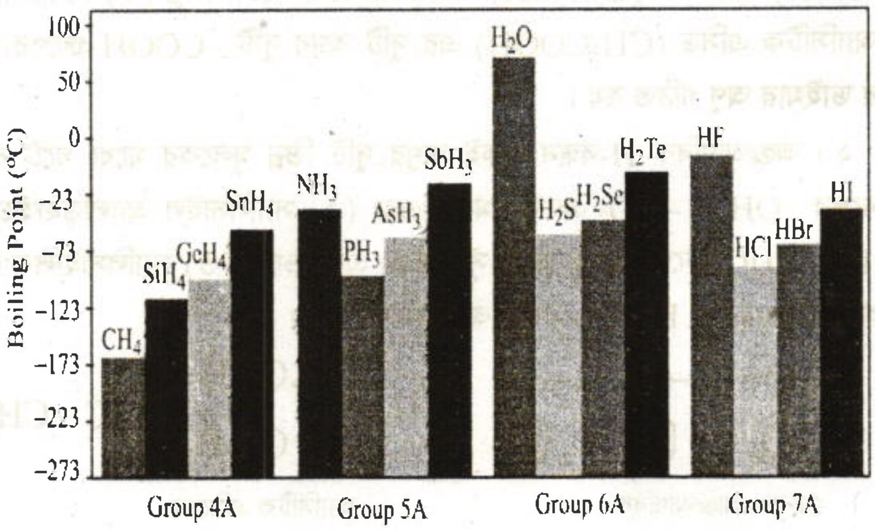
ভর বৃদ্ধির সাথে এদের লন্ডন বল বা বিস্তারণ বল বৃদ্ধি পায়। গ্রুপ-14(4A) এর মৌলসমূহের হাইড্রাইডে তা সুস্পষ্ট [চিত্র ৩.৩৮]; $CH_4 < SiH_4 < GeH_4 < SnH_4$।

কিন্তু গ্রুপ 15(5A), 16(6A), 17(7A) এর প্রথম মৌল যথাক্রমে N, O ও F এর হাইড্রাইড যেমন, NH_3, H_2O ও HF এর বেলায় ব্যতিক্রম দেখা যায়। এর কারণ এসব হাইড্রাইডের অণুসমূহের মধ্যে কার্যকর আন্তঃআণবিক H-বন্ধন থাকায় আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল বৃদ্ধি পায়। ফলে NH_3, H_2O ও HF এর স্ফুটনাঙ্ক ও গলনাঙ্ক একই গ্রুপের অন্যসব হাইড্রাইডের তুলনায় বেশি হয়ে থাকে, (চিত্র-৩.৩৯)।

বিশেষত গ্রুপ-6A(16) এর মৌলসমূহের হাইড্রাইডের লেখচিত্র ও কলাম গ্রাফ থেকে জানা যায় H_2S এর স্ফুটনাঙ্ক হলো – 60.7°C এবং **H_2S হলো গ্যাস; কিন্তু H_2O হলো তরল** এর স্ফুটনাঙ্ক হলো 100°C। গ্রুপ-6A(16) এর হাইড্রাইডের বর্ধিত লেখ (ডেশ লাইন) থেকে সুস্পষ্ট যে, H_2O এর মধ্যে যদি H-বন্ধন না থাকতো, তবে পানির বর্তমান স্ফুটনাঙ্ক প্রায় 200°C হ্রাস পেয়ে প্রায় –100°C এর কাছাকাছি হতো।



চিত্র-৩.৩৮ : গ্রুপ-4A(14) – 7A(17) মৌলসমূহের হাইড্রাইডের স্ফুটনাঙ্ক বনাম পর্যায় নম্বর লেখচিত্র



চিত্র-৩.৩৯ : গ্রুপ-4A(14) – 7A(17) মৌলসমূহের হাইড্রাইডের স্ফুটনাঙ্ক বনাম গ্রুপ নম্বর কলাম গ্রাফ

অনুরূপভাবে, অন্তঃআণবিক H-বন্ধনের কারণে একই অ্যারোমেটিক জৈব অণুর মধ্যে নতুন রিং (ring) বা বলয় সৃষ্টি হয়, একে H-বন্ধনের **কিলেশন** (chelation উচ্চারণ key-lation) বলে। এর ফলে জৈব অ্যারোমেটিক যৌগের অর্থো সমাণুর গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক প্যারা সমাণুর গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক থেকে কম হয়। যেমন,

অর্থোনাইট্রো ফেনলের গলনাঙ্ক 45°C, কিন্তু এটির **প্যারা সমাণুর গলনাঙ্ক** 114°C হয়। এর কারণ হলো অর্থো নাইট্রোফেনলের বেলায় –OH ও $–NO_2$ গ্রুপ বেনজিন বলয়ে খুব নিকটে দুটি C-পরমাণুতে 1 ঃ 2 অবস্থানে থাকায় উভয় গ্রুপের মধ্যে অন্তঃআণবিক H-বন্ধন দ্বারা বলয় সৃষ্টি এবং একক অণুরূপে থাকে। অপরদিকে,

প্যারা নাইট্রোফেনলের অণুতে –OH ও $–NO_2$ গ্রুপ বেনজিন বলয়ে সবচেয়ে দূরে 1 ঃ 4 অবস্থানে থাকায় অন্তঃআণবিক H-বন্ধন ঘটা সম্ভব হয় না; বরঞ্চ আন্তঃআণবিক H-বন্ধন দ্বারা বহুসংখ্যক অণু পরস্পরের সাথে 'সংবদ্ধ' (associated) থাকে। তাই এর অর্থো-সমাণুর তুলনায় প্যারা সমাণুর গলনাঙ্ক (114°C) ও স্ফুটনাঙ্ক বেশি হয়।

H-বন্ধন ও সমযোজী বন্ধনের তুলনা : হাইড্রোজেন বন্ধন স্থির বৈদ্যুতিক প্রকৃতির এবং দুর্বল প্রকৃতির বন্ধন। হাইড্রোজেন বন্ধনশক্তি সাধারণত 10 – 40 $kJmol^{-1}$ অপেক্ষা বেশি হয় না। সমযোজী বন্ধনসমূহ বহুগুণ বেশি শক্তিশালী (সাধারণত 150 – 1100 $kJmol^{-1}$)। H-বন্ধনের উপস্থিতির ফলে সমযোজী যৌগের ধর্মে বিশেষ পরিবর্তন ঘটে। তাই যৌগের ধর্ম নির্ণয়ে ও ব্যাখ্যায় এটি বিশেষভাবে গুরুত্বপূর্ণ।

H-বন্ধন ও ভ্যানডার ওয়ালস্ বলের তুলনা : H-বন্ধনশক্তি অবস্থাভেদে প্রায় 10 – 40 $kJmol^{-1}$ পর্যন্ত হয়। অপরদিকে অন্যান্য ননবন্ডিং ভ্যানডার ওয়ালস্ বল যেমন আয়ন-ডাইপোল আকর্ষণ বল 10 – 50 $kJmol^{-1}$ এবং বিভিন্ন প্রকার ডাইপোল-আবিষ্ট ডাইপোলের মধ্যে আকর্ষণ বল 2 – 10 $kJmol^{-1}$; বিস্তারণ বলের মান 1 – 10 $kJmol^{-1}$ পর্যন্ত হয়।

শিক্ষার্থীর কাজ :

৩.১৯ H_2O এবং H_2S এর বন্ধন, H-বন্ধন ও ভ্যানডার ওয়ালস বলের তুলনা

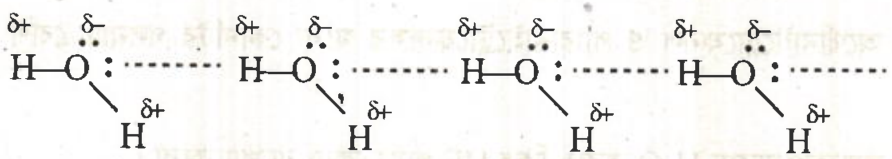
Comparison Among Bonds in H_2O, H_2S, H-Bond and Vander Waals' force

নিম্নোক্ত তিনটি বিষয়ের ভিত্তিতে তুলনা করতে হবে। যেমন—

(১) H_2O এবং H_2S হলো গ্রুপ-16 এর মৌল O এবং S এর হাইড্রাইড। গ্রুপভিত্তিক উভয় হাইড্রাইডের ধর্মে মিল থাকার কথা। (২) **বাস্তবে H_2O তরল; কিন্তু H_2S হলো গ্যাস**। এর কারণ উভয়ের মধ্যে কেবল H_2O অণুতে H-বন্ধন ঘটে। (৩) এছাড়া আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলরূপে H-বন্ধন ও ভ্যানডার ওয়ালস বলের মধ্যে পার্থক্য উভয় যৌগের ভৌত অবস্থার নিয়ামকরূপে কাজ করে।

পানি অণু (H_2O) হলো পোলার; কিন্তু H_2S হলো অপোলার। এর কারণ, O ও H এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য হলো (3.5 – 2.1) = 1.4, যা সমযোজী পোলার অণু গঠনের শর্ত পূরণ করে। কিন্তু S ও H এর মধ্যে তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য হলো (2.5 – 2.1) = 0.4, যা অপোলার সমযোজী অণুর শর্ত পূরণ করে। তাই পোলার H_2O অণুসমূহের মধ্যে H-বন্ধন গঠন সম্ভব। অপোলার H_2S অণুর মধ্যে H-বন্ধন সম্ভব নয়।

হাইড্রোজেন বন্ধন উপস্থিত থাকার ফলে H_2O অণুসমূহ পরস্পরকে আকৃষ্ট করে সংবদ্ধ বা গুচ্ছ অণু $(H_2O)_n$ আকারে রাখে। ফলে H_2O তরল অবস্থা প্রাপ্ত হয়। তরল পানিতে তাপমাত্রার ওপর নির্ভর করে প্রতি H_2O এর সাথে ২টি বা ৩টি গড়ে ৩.৪টি H-বন্ধন সাধারণত থাকে। H-বন্ধন গঠন ও ভাঙ্গন অনবরত চলতে থাকে। ফলে পানির প্রবাহ ধর্ম বজায় থাকে। কিন্তু 0°C-এ কেলাসাকার বরফে প্রতিটি H_2O অণুতে সর্বাধিক ৪টি করে H-বন্ধন দ্বারা ষড়ভুজীয় বলয় সৃষ্টি হয়ে থাকে। অপরদিকে H_2S পৃথক একক অণুরূপে গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে। H_2S অণুগুলোর মধ্যে দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস বল থাকে। এর পরিমাণ হলো 1 – 10 kJ/mol মাত্র।

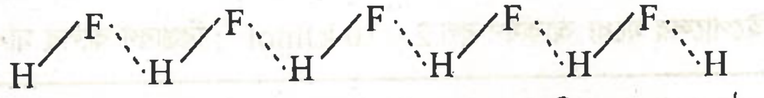


চিত্র-৩.৪০ : পানি অণুর মধ্যে H-বন্ধন

আবার H-বন্ধন শক্তির পরিমাণ ভ্যানডার ওয়ালস বলের তুলনায় বেশি। H-বন্ধন শক্তি পোলারিটির মাত্রাভেদে 10 – 40 kJ/mol হয়। HF এর বেলায় H-বন্ধন শক্তি সর্বাধিক হয় এবং এরপর তা H_2O এর বেলায় প্রযোজ্য।

HCl, HBr, HI সাধারণ তাপমাত্রায় গ্যাসীয় দ্বিপরমাণুক অণু হিসেবে থাকলেও HF অণুসমূহ আন্তঃআণবিক H-বন্ধন দ্বারা সংযোজিত গুচ্ছ অণু $(HF)_n$ রূপে (associated) থাকে এবং HF এর স্ফুটনাঙ্ক 19.5°C হয়। অর্থাৎ **19.5°C নিচে HF তরল অবস্থায়** এবং কক্ষতাপমাত্রায় (25°C) গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে। গ্যাসীয় অবস্থায় HF অণুগুলো একক অণু HF রূপে থাকে। তরল অবস্থায় HF অণুগুলোর মধ্যে একটি বা, দুটি H-বন্ধন দ্বারা গুচ্ছ অণু গঠন করে। **কঠিন অবস্থায় HF অণুগুলোর মধ্যে গড়ে সর্বাধিক ২টি H-বন্ধন থাকতে পারে।** HF অণুতে একটি H পরমাণু এবং F পরমাণুতে তিনটি করে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল থাকলেও F পরমাণুটি আকারে সবচেয়ে ছোটো হওয়ায়; একক H-বন্ধন দ্বারা গঠিত গুচ্ছ HF অণুর শিকলের F পরমাণুর নিকটে প্রয়োজনীয় সংখ্যক HF অণুর H-পরমাণু H-বন্ধন গঠনের প্রয়োজনীয় সন্নিকটে পৌছতে পারে

না। তাই HF অণুগুলোর মধ্যে তরল অবস্থায় সাধারণত একটি H-বন্ধন দ্বারা গুচ্ছ HF অণুর শিকল $(HF)_n$ গঠিত হয়ে থাকে।



চিত্র-৩.৪০(ক) : একক H-বন্ধন দ্বারা HF অণুগুলোর শিকল $(HF)_n$ গঠন

পানির প্রতিটি H_2O অণুতে গড়ে ৩.৪টি করে H-বন্ধন থাকায় পানিকে অধিক তাপ প্রয়োগ করে ঐ সব H-বন্ধন ভাঙ্গতে হয়। এতে অধিক তাপশক্তি ব্যয় হয়। তাই পানির স্ফুটনাঙ্ক 100°C হয়। অপরদিকে, তরল HF অণুসমূহ একক H-বন্ধন দ্বারা আবদ্ধ থাকায় ঐ H-বন্ধন ভাঙ্গতে অল্প তাপশক্তি ব্যয় হয়। তাই তরল $(HF)_n$ এর স্ফুটনাঙ্ক 19.5°C হয়; কিন্তু পানির স্ফুটনাঙ্ক 100°C হয়।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১৭ : আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল শনাক্তকরণভিত্তিক : নিম্নোক্ত পদার্থে উপস্থিত আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলকে শ্রেণিগতভাবে শনাক্ত করো : (ক) HCl, (খ) CH_3CH_3, (গ) CH_3NH_2, (ঘ) Kr।

দক্ষতা (Strategy) : প্রত্যেকের আণবিক গঠন জেনে আন্তঃআণবিক বল শনাক্ত করো। সব প্রকারের অণুর মধ্যে থাকে—বিস্তারণ বল; পোলার অণুর মধ্যে থাকে ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণ বল এবং O–H, N–H ও H–F এর মধ্যে থাকে H-বন্ধন।

সমাধান : (ক) HCl হলো পোলার অণু; কিন্তু H-বন্ধন করতে পারে না। এটির অণুতে ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণ বল এবং বিস্তারণ বল থাকে।

(খ) CH_3CH_3 হলো অপোলার; এর অণুতে কেবল বিস্তারণ বল থাকে।

(গ) CH_3NH_2 হলো পোলার অণু; এর অণুতে H-বন্ধন, ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণ বল ও বিস্তারণ বল থাকে।

(ঘ) Kr হলো অপোলার; এতে কেবল বিস্তারণ বল থাকে।

শিক্ষার্থী নিজে করো-৩.১৬ : H-বন্ধনভিত্তিক সমস্যা :

প্রশ্ন-৩.৩৪। হাইড্রোজেন বন্ধন কী? [ঢা. বো. ২০১৫]

প্রশ্ন-৩.৩৫। H_2O তরল, কিন্তু H_2S গ্যাস; এর কারণ ব্যাখ্যা করো। [চ. বো. ২০১৬; য. বো ২০১৬; ঢা. বো. ২০১৫]

প্রশ্ন-৩.৩৬(ক)। কক্ষতাপমাত্রায় H_2O ও CO_2 এর ভৌত অবস্থা ভিন্ন কেন—ব্যাখ্যা করো। [সি. বো. ২০১৫]

প্রশ্ন-৩.৩৬(খ)। অর্থোনাইট্রোফেনল ও প্যারানাইট্রোফেনলের মধ্যে কোনটির গলনাঙ্ক বেশি হবে ও কেন তা ব্যাখ্যা করো। [কু. বো. ২০১৬]

প্রশ্ন-৩.৩৬(গ)। কক্ষতাপমাত্রায় H_2O তরল; কিন্তু HF গ্যাস কেন; ব্যাখ্যা করো।

অথবা, HF এর স্ফুটনাঙ্ক (19.5°C) পানির স্ফুটনাঙ্কের চেয়ে কম কেন; ব্যাখ্যা করো। [য. বো. ২০১৭]

সমস্যা-৩.৩৭ : CCl_4, Cl_2, Ar ও HNO_3 এর মধ্যে—

(ক) কোন্‌টির সবচেয়ে বেশি ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণ বল রয়েছে?

(খ) কোন্‌টির সবচেয়ে বেশি H-বন্ধন আকর্ষণ বল আছে?

(গ) কোন্‌টিতে সবচেয়ে কম বিস্তারণ বল থাকে?

সমস্যা-৩.৩৮ : নিম্নোক্ত অণুতে কোন্ প্রকারের আন্তঃআণবিক বল কার্যকর আছে? এর ভিত্তিতে এদের স্ফুটনাঙ্কের ক্রমবৃদ্ধি দেখাও : (ক) H_2S (34 amu), (খ) CH_3OH (32 amu), (গ) C_2H_6 (30 amu), (ঘ) Ar (40 amu).

৩.২০ হাইড্রোজেন বন্ধনের গুরুত্ব
Importance of H-bond

তোমরা কী জানো এ H–বন্ধন বায়োলজিকেল সিস্টেমকে কীভাবে প্রভাবিত করে জীবজগতের টিকে থাকার জন্য অনন্য ভূমিকা পালন করে চলেছে। তিনটি প্রধান বায়োঅণু যেমন প্রোটিন, নিউক্লিক এসিড (DNA, RNA) ও কার্বোহাইড্রেট যৌগসমূহে H-বন্ধনের প্রধান ভূমিকা রয়েছে, (যা তোমরা উচ্চতর শ্রেণিতে অধিক জানতে পারবে।) নিচে কিছু H-বন্ধনের গুরুত্ব উল্লেখ করা হলো।

(i) আমাদের দেহের ভরের 70% হলো পানি। তরল পানি ছাড়া প্রাণীর দেহ গঠন ও রক্ষা অসম্ভব। আর H–বন্ধনের কারণেই পানি তরল অবস্থা লাভ করেছে।

(ii) আমাদের দেহে শক্তিদায়ক প্রধান খাদ্য হলো কার্বোহাইড্রেট ও প্রোটিন। প্রথম যৌগে O এবং ২য় যৌগে O,N, ইত্যাদি তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণু রয়েছে। তাই এদের অণুতে H-বন্ধন বিশেষ ভূমিকা পালন করে।

(iii) প্রাণিদেহের বিভিন্ন তন্ত্র যেমন চর্ম, অস্থি, টিস্যু, রক্ত, চুল ইত্যাদির প্রোটিন গঠনে H-বন্ধনের ভূমিকা বর্তমান। প্রতিটি কোষের DNA ও RNA তে রয়েছে H-বন্ধনের ভূমিকা। বায়োকেমিস্ট্রির আলোচিত বায়োঅণুসমূহের আণবিক গঠনভিত্তিক ধর্ম যেমন টারসিয়ারি প্রোটিনভুক্ত এনজাইমের ও হরমোনসমূহের ভূমিকা এদের গঠনের ওপর নির্ভরশীল, যা H-বন্ধন দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়।

শিক্ষার্থীর কাজ : **হাইড্রোজেন বন্ধনের গুরুত্ব** **শিখনফল :** জীবজগতে টিকে থাকার জন্য হাইড্রোজেন বন্ধনের গুরুত্ব বিশ্লেষণ করতে হবে।

জীবজগৎ বলতে উদ্ভিদ ও প্রাণিজগতকে বোঝায়। এ পরিমণ্ডল বিবেচনায় রেখে নিম্নোক্ত বিষয়সমূহে হাইড্রোজেন বন্ধনের গুরুত্ব আলোচনা করতে হবে। যেমন—

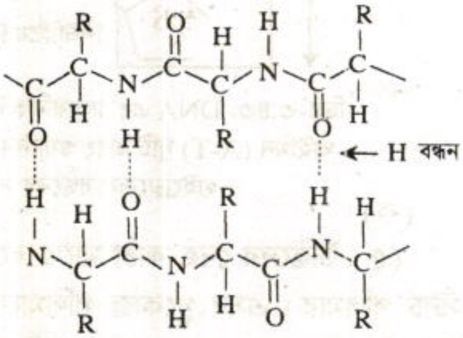
(১) দেহের গঠনগত এককরূপে উদ্ভিদ ও প্রাণীর রয়েছে যথাক্রমে উদ্ভিদকোষ ও প্রাণিকোষ।

(২) জীবনধারণের জন্য প্রত্যেক জীবের খাদ্য প্রয়োজন।

(৩) খাদ্যের পরে মানুষের জন্য বস্ত্র, বাসস্থান, শিক্ষা, চিকিৎসা ইত্যাদি উন্নত জীবনযাপনের জন্য অপরিহার্য বিভিন্ন উপকরণের প্রয়োজন রয়েছে।

উপরোক্ত বিষয়ের আলোকে হাইড্রোজেন বন্ধনের গুরুত্ব বিশ্লেষণ করতে হবে।

(১) জীবজগতের উৎপত্তি ও অস্তিত্বের মূলে রয়েছে উপাদানগত পানি। যেসব গ্রহে পানি নেই সেখানে প্রাণের বা জীবের অস্তিত্ব নেই। তাই বলা হয়, 'পানির অপর নাম জীবন'। পানির অণুতে রয়েছে হাইড্রোজেন বন্ধন। এ কারণেই পানি তরল অবস্থায় থাকে। তরল পানির মাধ্যমে উদ্ভিদ ও প্রাণিজগতের জীবনের উদ্ভব, জীবন-ধারণ ও জীবন প্রবাহ অনাদিকাল বয়ে চলেছে। তাই জীবন-রসায়নেই হাইড্রোজেন বন্ধনের গুরুত্ব রয়েছে।

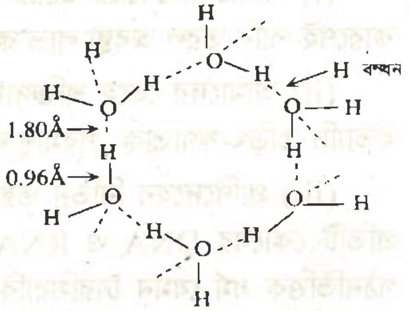


চিত্র-৩.৪১ : প্রোটিনের সেকেন্ডারি গঠনে H-বন্ধন।

(২) সব প্রাণীর দেহ কাঠামোর 'একক কোষ' প্রোটিন অণু দ্বারা গঠিত। প্রোটিন হলো বিভিন্ন অ্যামাইনো এসিড [R-CH(NH_2)- -COOH] সমূহের অ্যামাইড বন্ধনে গঠিত প্রাকৃতিক পলিমার। প্রোটিনের পলি-অ্যামাইড শিকলের সেকেন্ডারি ও টারসিয়ারি কাঠামোতে রয়েছে হাইড্রোজেন বন্ধন।

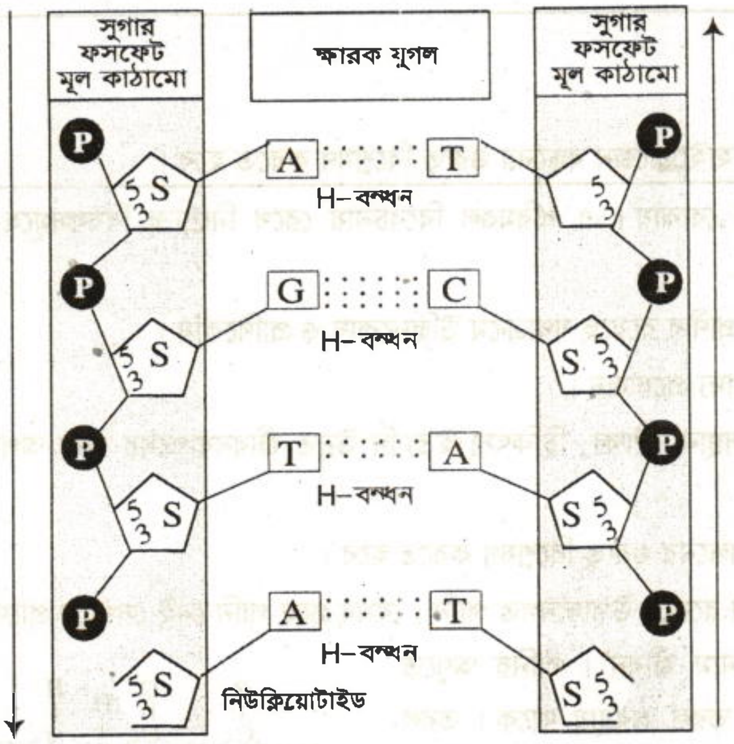
(৩) তরল পদার্থ জমাট বেঁধে কঠিন হলে আয়তনে কমে এবং ঘনত্ব বাড়ে। কিন্তু পানির বেলায় নিম্নতাপমাত্রায় পানি জমাট বেঁধে বরফ হয়; এতে বরফের ঘনত্ব কম হয়। বরফ পানির ওপর ভাসে। এর মূলে রয়েছে পানির অণুতে হাইড্রোজেন

বন্ধন গঠনের ভূমিকা। প্রতিটি H_2O অণুর O-পরমাণুতে দুটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় থাকায় এবং X-ray বা, X-রশ্মি বিচ্ছুরণ পরীক্ষার মাধ্যমে প্রমাণিত যে, পানির কঠিন অবস্থায় অর্থাৎ বরফের কেলাস গঠনে প্রতিটি H_2O অণু অপর চারটি H_2O অণুর সাথে আন্তঃআণবিক H-বন্ধনের মাধ্যমে চতুস্তলকীয়ভাবে বিন্যস্ত থাকে। তখন H-বন্ধনের দূরত্ব 1.80Å এবং সমযোজীবন্ধনের দূরত্ব 0.96Å হয়। অর্থাৎ বরফে প্রতিটি H_2O অণু এটির দুটি H পরমাণু ও দুটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল দ্বারা সর্বাধিক চারটি H-বন্ধন গঠন করে থাকে। ফলে বরফের কেলাস গঠনটিতে ষড়ভুজীয় বলয় (hexagonal ring) সৃষ্টি হয়। তখন বরফের কেলাস গঠনে ফাঁকা স্থান থাকে। তখন পানির আয়তনের তুলনায় বরফের আয়তন বাড়ে, ঘনত্ব কমে যায়। এ অবস্থায় বরফ খণ্ড পানির ওপর ভেসে থাকে এবং এর নিচের পানি তরল অবস্থায় থাকে। তাই শীতপ্রধান মেরু অঞ্চলের সব জলাশয়ে জলজ প্রাণীর অস্তিত্ব সম্ভব হয়েছে।

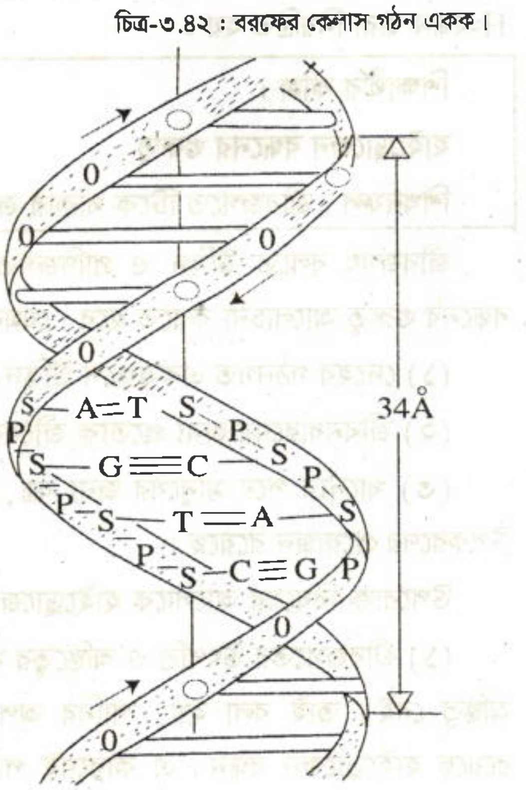


চিত্র-৩.৪২ : বরফের কেলাস গঠন একক।

(৪) প্রাণিকোষের নিউক্লিয়াসের রয়েছে জেনেটিক উপাদান দুটি নিউক্লিক এসিড DNA ও RNA (DNA = ডিঅক্সিরাইবো নিউক্লিক এসিড; RNA = রাইবো নিউক্লিক এসিড)। নিউক্লিক এসিডের দ্বিহেলিক্স বা জোড়-কুণ্ডলীতে রয়েছে ক্ষারকযুগলের মধ্যে H-বন্ধন। ক্ষারকযুগল এডিনিন-থাইমিন (A–T) এর মধ্যে থাকে দুটি H-বন্ধন এবং গুয়ানিন-সাইটোসিন (G–C) এর মধ্যে থাকে তিনটি করে H-বন্ধন। এ H-বন্ধন দ্বারা DNA এর দ্বি-হেলিক্স সুস্থিতি লাভ করে।



চিত্র-৩.৪৩: DNA এর রাসায়নিক রৈখিক গঠনচিত্র। (এডিনিন-থাইমিন (A-T) দুটি এবং গুয়ানিন-সাইটোসিন (G-C) তিনটি হাইড্রোজেন বন্ধনের সাহায্যে সংযুক্ত।



DNA এর দ্বিহেলিক্স মডেল (... H-বন্ধন)। এখানে S = ডিঅক্সি রাইবোজ চিনি P = ফসফেট A = এডিনিন; G = গুয়ানিন; T = থাইমিন; C = সাইটোসিন

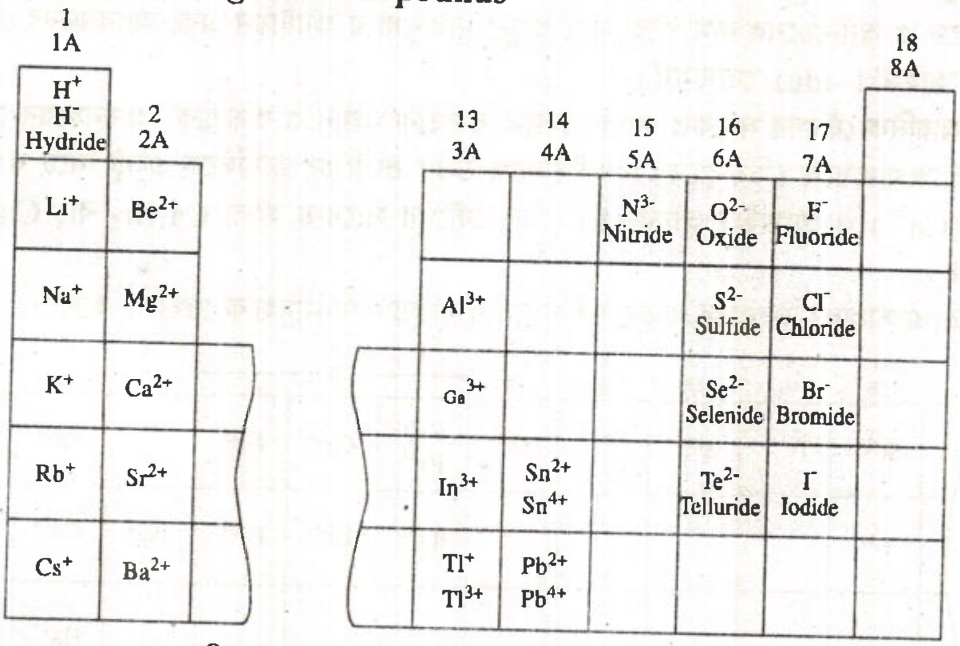
(৫) উদ্ভিদের দেহ কাঠামোতে রয়েছে প্রাকৃতিক গ্লুকোজ পলিমার সেলুলোজ এবং উদ্ভিদ ও প্রাণীর প্রধান খাদ্য হলো স্টার্চ পলিমার। এসব গ্লুকোজ পলিমারে ঋণাত্মক অক্সিজেন পরমাণুর সাথে H-বন্ধন রয়েছে। এ H-বন্ধন সেলুলোজকে দিয়েছে কাঠামোগত দৃঢ়তা। আর উদ্ভিদের দেহের দৃঢ় কাঠামো ব্যবহার করে মানুষ তৈরি করেছে নিজের বসবাসের গৃহ এবং ব্যবহারের বিভিন্ন আসবাবপত্র। এসব কাঠামোতে রয়েছে H-বন্ধনের ভূমিকা।

(৬) সভ্য মানুষের পরিধেয় বস্ত্র তৈরি হয় কার্পাস তুলা, উল, কৃত্রিম সিল্ক এবং বিভিন্ন সাংশ্লেষিক তন্তু থেকে। এসব তন্তুর আঁশের দৃঢ়তার মূলে রয়েছে এদের গঠনগত রাসায়নিক পদার্থের আণবিক গঠনে H-বন্ধনের উপস্থিতি।

এরূপে জীবজগতের টিকে থাকার প্রধান ভূমিকায় রয়েছে সংশ্লিষ্ট সব উপাদানের মধ্যে H-বন্ধনের গুরুত্ব।

৩.২১ অজৈব যৌগের নামকরণ

Nomenclature of Inorganic Compounds



চিত্র-৩.৪৪ : প্রধান গ্রুপসমূহের ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন।

(ক) বাইনারি আয়নিক যৌগ : দুটি মাত্র মৌল দ্বারা গঠিত যৌগকে Binary Compound বলে। ধনাত্মক আয়নটি 'ধাতুর নাম' এবং ঋণাত্মক আয়নটিতে অধাতুর নামের প্রথম অংশের নাথে 'আইড' (ide) যুক্ত হয়। যেমন NaCl এর নাম সোডিয়াম ক্লোরাইড। ৩.৪৪ নং চিত্রে পর্যায় সারণির প্রধান গ্রুপের সাধারণ আয়নসমূহকে চার্জসহ দেখানো হলো। ৩.৪৫ নং চিত্রে অবস্থান্তর ধাতুসমূহের সাধারণ আয়নসমূহকে চার্জসহ দেখানো হলো।

এখন 'ion formulas' সম্বন্ধে বিশেষ তথ্য মনে রাখতে হবে। যেমন—

(১) ক্যাটায়ন বা ধনাত্মক আয়নে একই গ্রুপের মৌলসমূহের আয়নের চার্জ গ্রুপ সংখ্যার সমান হয়। যেমন গ্রুপ-1A এর সব মৌল এক ধনাত্মক আয়ন (M^+), গ্রুপ-2A এর মৌল দ্বি-ধনাত্মক আয়ন (M^{2+}), গ্রুপ-3A এর মৌল ত্রিধনাত্মক আয়ন Al^{3+}, ব্যতিক্রম গ্রুপ-4A এর মৌলের বেলায় Sn^{2+}, Sn^{4+}, Pb^{2+}, Pb^{4+} চিত্র-৩.৪৪ দেখো।

(২) ঋণাত্মক আয়ন বা অ্যানায়নে, আয়নের চার্জ = (গ্রুপ সংখ্যা – ৮)। যেমন S হলো গ্রুপ-6A এর মৌল। সুতরাং S এর আয়নের চার্জ হবে (6 – 8) = –2 অর্থাৎ আয়নটি হবে S^{2-}। গ্রুপ-7A এর হ্যালোজেনের বেলায় আয়নের চার্জ সংখ্যা = (7 – 8) = –1 অর্থাৎ আয়ন হবে F^-, Cl^-, Br^-, I^-।

সারণি-৩.৮: এক পরমাণুক আয়ন

চার্জ	সংকেত	নাম
ক্যাটায়ন:		
1+	H^+ Li^+ Na^+ K^+ Rb^+ Cs^+ Ag^+	হাইড্রোজেন আয়ন লিথিয়াম আয়ন সোডিয়াম আয়ন পটাসিয়াম রুবিডিয়াম সিজিয়াম আয়ন সিলভার আয়ন
2+	Mg^{2+} Ca^{2+} Sr^{2+} Ba^{2+} Zn^{2+} Cd^{2+}	ম্যাগনেসিয়াম আয়ন ক্যালসিয়াম আয়ন স্ট্রোন্সিয়াম আয়ন বেরিয়াম আয়ন জিঙ্ক আয়ন ক্যাডমিয়াম আয়ন
3+	Al^{3+}	অ্যালুমিনিয়াম আয়ন
অ্যানায়ন:		
1–	H^- F^- Cl^- Br^- I^-	হাইড্রাইড আয়ন ফ্লোরাইড আয়ন ক্লোরাইড আয়ন ব্রোমাইড আয়ন আয়োডাইড আয়ন
2–	O^{2-} S^{2-}	অক্সাইড আয়ন সালফাইড আয়ন
3–	N^{3-}	নাইট্রাইড আয়ন

কীরূপে এসব আয়নের নাম ও সংকেত মনে রাখবে সে সম্বন্ধে কিছু সাজেশন :

(১) **একপরমাণুক আয়নসমূহ** (monatomic ions) থেকে **বাইনারি আয়নিক যৌগের নামকরণের** বেলায়-- (ক) ক্যাটায়নের নাম আগে ও অ্যানায়নের নাম পরে হয়। ধাতুর নামানুসারে ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়নের বেলায় অধাতুর নামের প্রথম অংশের সাথে 'আইড' (--ide) যোগ হয়।

(২) **বাইনারি আয়নিক যৌগের সংকেত** লেখার বেলায় ধনাত্মক আয়ন ও ঋণাত্মক আয়নদ্বয়ের মৌলের প্রতীক লেখার পর আয়নদ্বয়ের চার্জ সংখ্যাদ্বয়কে (চিহ্নবাদে) বিপরীতভাবে উভয় প্রতীকের ডানদিকে একটু নিচে করে লেখা হয়। যেমন, ক্যালসিয়াম আয়ন (Ca^{2+}) ও ব্রোমাইড আয়ন (Br^-) এর যৌগের সংকেত হলো Ca_1Br_2 বা, $CaBr_2$ এবং এটির নাম ক্যালসিয়াম ব্রোমাইড।

(৩) চিত্র-৩.৪৫ এ সাধারণ অবস্থান্তর ধাতুর জলীয় দ্রবণে সুস্থিত আয়নসমূহকে দেখানো হলো।

3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8 (8B)	9 (8B)	10 (8B)	11 1B	12 2B
Sc^{3+}	Ti^{3+}	V^{3+}	Cr^{2+} Cr^{3+}	Mn^{2+}	Fe^{2+} Fe^{3+}	Co^{2+}	Ni^{2+}	Cu^+ Cu^{2+}	Zn^{2+}
Y^{3+}					Ru^{3+}	Rh^{3+}	Pd^{2+}	Ag^+	Cd^{2+}
									Hg^{2+}

চিত্র-৩.৪৫ : সাধারণ অবস্থান্তর ধাতুর আয়নসমূহ (জলীয় দ্রবণে সুস্থিত)

(৪) **অবস্থান্তর ধাতুসমূহের** একাধিক ধনাত্মক আয়ন থাকে। এসব যৌগের নামকরণে (Systematic name এ) ধাতুর আয়নের নামের শেষে বন্ধনীর মধ্যে রোমান সংখ্যায় আয়নের চার্জ সংখ্যা লেখা হয়। যেমন আয়রন (II) ক্লোরাইড, $FeCl_2$ (উচ্চারণ আয়রন-2 ক্লোরাইড) এবং আয়রন (III) ক্লোরাইড $FeCl_3$ (উচ্চারণ আয়রন-3 ক্লোরাইড)।

Common name এর বেলায় আয়রনের ল্যাটিন নামের শেষে 'আস' (-ous) ও 'ইক' (-ic) যোগ হয়। তাই আয়রন (II) ক্লোরাইডকে ফেরাস ক্লোরাইড এবং আয়রন (III) ক্লোরাইডকে ফেরিক ক্লোরাইডও বলা হয়।

সারণি-৩.৯ : অবস্থান্তর ধাতুর আয়ন :

Ion	Systematic name	Common name
Cr^{2+}	ক্রোমিয়াম (II) আয়ন	ক্রোমাস আয়ন
Cr^{3+}	ক্রোমিয়াম (III) আয়ন	ক্রোমিক আয়ন
Fe^{2+}	আয়রন (II) আয়ন	ফেরাস আয়ন
Fe^{3+}	আয়রন (III) আয়ন	ফেরিক আয়ন
Cu^+	কপার (I) আয়ন	কিউপ্রাস আয়ন
Cu^{2+}	কপার (II) আয়ন	কিউপ্রিক আয়ন

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১৮ : বাইনারি আয়নিক যৌগের নামকরণভিত্তিক :

Systematic নামকরণ পদ্ধতিতে নিচের যৌগসমূহের নাম লেখো।

(ক) $BaCl_2$ **(খ) $CrCl_3$** **(গ) PbS** **(ঘ) Fe_2O_3**

দক্ষতা (Strategy) : অ্যানায়নের সংখ্যা ও চার্জ থেকে মোট ঋণাত্মক চার্জের সংখ্যা গণনা করে প্রতিটি ক্যাটায়নে ধনাত্মক চার্জের সংখ্যা ঠিক করো। প্রয়োজনে চিত্র-৩.৪৪ ও চিত্র-৩.৪৫ ব্যবহার করো।

সমাধান (Solution) :

(ক) $BaCl_2$: বেরিয়াম ক্লোরাইড : Ba^{2+} গ্রুপ-2A এর মৌল হওয়ায়; একটি মাত্র আয়ন সম্ভব। তাই রোমান সংখ্যা ব্যবহার করতে হয় না।

(খ) $CrCl_3$: ক্রোমিয়াম (III) ক্লোরাইড : Cr অবস্থান্তর মৌল হওয়ায় এটির একাধিক আয়ন সম্ভব। তাই এক্ষেত্রে Cr^{3+} আয়নের জন্য রোমান সংখ্যা (III) ব্যবহার আবশ্যক হয়েছে।

(গ) PbS : লেড (II) সালফাইড : Pb এর দুটি আয়ন আছে। এক্ষেত্রে সালফাইড আয়ন (S^{2-}) এর দুটি ঋণাত্মক চার্জ থাকায় ক্যাটায়নের নামে রোমান সংখ্যা আবশ্যক হয়েছে।

(ঘ) Fe_2O_3 : আয়রন (III) অক্সাইড : তিনটি অক্সাইড আয়নে (O^{2-}) মোট ছয়টি ঋণাত্মক চার্জ আছে। তাই দুটি আয়রন ক্যাটায়নেও ছয়টি ধনাত্মক চার্জ হবে। তাই প্রতি ক্যাটায়ন Fe(III) হয়েছে।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১৯ : নাম থেকে বাইনারি যৌগের সংকেত লিখনভিত্তিক : নিচের নাম থেকে যৌগের আণবিক সংকেত লেখ : (ক) ম্যাগনেসিয়াম ফ্লোরাইড, (খ) আয়রন, (III) সালফাইড, (গ) টিন (IV) অক্সাইড।

দক্ষতা (Strategy) : একাধিক জারণ অবস্থাযুক্ত ধাতুর নামে রোমান সংখ্যা ক্যাটায়নের চার্জ নির্দেশ করছে। অ্যানায়নের চার্জ জেনে উভয় প্রকার চার্জ সংখ্যা সমান করার জন্য আয়ন সংখ্যা বিপরীত ক্রমে জেনে নাও।

সমাধান (Solution) :

(ক) ম্যাগনেসিয়াম ফ্লোরাইড, MgF_2 : Mg হলো গ্রুপ-2A মৌল ; এটির একটিমাত্র আয়ন সম্ভব, চার্জ সংখ্যা 2+, তাই একক ঋণাত্মক চার্জের দুটি ফ্লোরাইড (F^-) আয়ন দ্বারা উভয় প্রকার চার্জ সংখ্যা সমান করতে হয়েছে।

(খ) আয়রন (III) সালফাইড : Fe_2S_3 : আয়রন (III) এর 3+ চার্জ আছে এবং সালফাইড আয়ন (S^{2-}) এর 2– চার্জ আছে। তাই বিপরীতক্রমে দুটি আয়রন ও তিনটি সালফার নিয়ে চার্জ সংখ্যা সমান করতে হয়েছে।

(গ) টিন (IV) অক্সাইড : SnO_2 : টিন (IV) এর 4+ চার্জ আছে; তাই দ্বিঋণাত্মক চার্জের দুটি অক্সাইড আয়ন (O^{2-}) দ্বারা মোট চার্জ সংখ্যা সমান করা হয়েছে।

শিক্ষার্থী নিজে সমাধান করো-৩.১৭ : যৌগের নামকরণ :

সমস্যা-৩.৩৯ : Systematic নামকরণ পদ্ধতিতে নিচের যৌগসমূহের নাম লেখ :

(ক) CsF (খ) K_2O (গ) CuO (ঘ) BaS

সমস্যা-৩.৪০ : Systematic নামকরণ পদ্ধতিতে নিচের যৌগের নাম থেকে সংকেত লেখ :

(ক) ম্যাঙ্গানিজ (IV) অক্সাইড (খ) অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড (গ) কপার (II) সালফাইড।

(খ) পলিঅ্যাটমিক আয়নসহ যৌগসমূহ :

বন্ধনে আবদ্ধ ও চার্জযুক্ত দু বা ততোধিক পরমাণুর গ্রুপকে পলিঅ্যাটমিক আয়ন বলে। যেমন NH_4^+ (অ্যামোনিয়াম আয়ন), NO_3^- (নাইট্রেট আয়ন) হলো যথাক্রমে পলিঅ্যাটমিক ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন। সারণি-৩.১০ এ দেয়া পলিঅ্যাটমিক আয়নসমূহের নাম ও সংকেত মুখস্থ রেখে যৌগের নামকরণে অগ্রসর হতে হবে। ঐ সব অ্যানায়নের নামের বৈশিষ্ট্য ও মনে রাখার নিয়ম নিচে দেয়া হলো—

(১) লক্ষ্য করো অধিকাংশ পলিঅ্যাটমিক আয়নের নামের শেষে 'আইট' (ite) ও 'এট' (-ate) আছে। যেমন নাইট্রাইট (Nitrite) NO_2^- ও নাইট্রেট (Nitrate) NO_3^- আয়ন। কেবল হাইড্রক্সাইড (OH^-), সায়ানাইড (CN^-), পার অক্সাইড (O_2^{2-}) আয়নের শেষে -'আইড' (ide) আছে।

(২) অক্সিজেনযুক্ত আয়ন বা অক্সোঅ্যানায়ন (oxoanion) সমূহে কোনো একটি মৌলের সাথে বিভিন্ন সংখ্যক O–পরমাণুযুক্ত আছে; এদের (কম O পরমাণু থাকলে) নামের শেষে -আইট' (–ite) বেশি O পরমাণু থাকলে - 'এট'(–ate) যুক্ত হয়। যেমন SO_3^{2-} এর নাম সালফাইট (Sulphite), SO_4^{2-} এর নাম সালফেট (Sulphate)।

RMDAC

(৩) একই মৌলের যেমন হ্যালোজেনের (Cl, Br, I এর) দুয়ের চেয়ে বেশি অক্সোঅ্যানায়ন থাকলে এদেরকে প্রথমে O-পরমাণুর সংখ্যা মতে 'আইট' ও 'এট' আয়নরূপে দু-ভাগ করা হয়। পরে দুটি 'আইট' আয়নের যেটিতে সবচেয়ে কম O-পরমাণু আছে এর ক্ষেত্রে -'আইট' আয়নের নামের প্রথমেই 'হাইপো'- (hypo অর্থ less than) বসে। আবার সবচেয়ে বেশি O-পরমাণুযুক্ত অক্সোঅ্যানায়নের নামের প্রথমে 'পার' (per অর্থ more than) বসে। যেমন–

ClO^- আয়ন : এর নাম হাইপোক্লোরাইট আয়ন (Hypochlorite ion)

ClO_2^- আয়ন : এর নাম (শুধু) ক্লোরাইট আয়ন (Chlorite ion)

ClO_3^- আয়ন : এর নাম (শুধু) ক্লোরেট আয়ন (Chlorate ion)

ClO_4^- আয়ন : এর নাম পারক্লোরেট আয়ন (Perchlorate ion)

> MCQ-3.21 : XeF_2 এর Xe পরমাণুতে কোন প্রকারের সংকরণ ঘটে? [দি. বো. ২০১৭]
> (ক) sp (খ) sp^2d
> (গ) sp^3d^2 (ঘ) sp^3d

(৪) একই এসিড থেকে উৎপন্ন অক্সোঅ্যানায়ন যুগল যেমন HCO_3^- ও CO_3^{2-} এবং HSO_4^- ও SO_4^{2-} আয়নদ্বয়ের একটিতে H^+ আয়নযুক্ত আছে: অপরটিতে তা নেই। এদের নামকরণের বেলায়, যেটিতে H^+ আয়নযুক্ত আছে; এর নামের পূর্বে 'বাই'-(bi–) অথবা 'হাইড্রোজেন' শব্দ যোগ হয়। যেমন,

CO_3^{2-} হলো কার্বনেট আয়ন, HCO_3^- হলো হাইড্রোজেন কার্বনেট (বাই কার্বনেট) আয়ন

SO_4^{2-} হলো সালফেট আয়ন, HSO_4^- হলো হাইড্রোজেন সালফেট (বাই সালফেট) আয়ন

সারণি : ৩.১০: কিছু সংখ্যক সাধারণ পলিঅ্যাটমিক আয়ন

সংকেত	আয়নের নাম	সংকেত	আয়নের নাম
ক্যাটায়ন:		ClO_4^-	পারক্লোরেট
NH_4^+	অ্যামোনিয়াম	MnO_4^-	পারম্যাঙ্গানেট
		$CH_3CO_2^-$	অ্যাসিটেট
একক চার্জের	**অ্যানায়নসমূহ**	**দ্বিচার্জযুক্ত**	**অ্যানায়নসমূহ**
NO_2^-	নাইট্রাইট	CO_3^{2-}	কার্বনেট
NO_3^-	নাইট্রেট	SO_3^{2-}	সালফাইট
OH^-	হাইড্রক্সাইড	SO_4^{2-}	সালফেট
CN^-	সায়ানাইড	$S_2O_3^{2-}$	থায়োসালফেট
HCO_3^-	হাইড্রোজেন কার্বনেট	HPO_4^{2-}	হাইড্রোজেন ফসফেট
HSO_4^-	হাইড্রোজেন সালফেট	CrO_4^{2-}	ক্রোমেট
$H_2PO_4^-$	ডাইহাইড্রোজেন সালফেট	$Cr_2O_7^{2-}$	ডাইক্রোমেট
ClO^-	হাইপোক্লোরাইট	O_2^{2-}	পারঅক্সাইড
ClO_2^-	ক্লোরাইট	**ত্রিচার্জযুক্ত**	**অ্যানায়ন**
ClO_3^-	ক্লোরেট	PO_4^{3-}	ফসফেট

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.২০ : পলিঅ্যাটমিক আয়নযুক্ত যৌগের নামকরণভিত্তিক :
নিচের যৌগসমূহের নামকরণ Systematic পদ্ধতিতে করো :

(ক) $LiNO_3$ (খ) $KHSO_4$ (গ) $CuCO_3$ (ঘ) $Fe(ClO_4)_3$

দক্ষতা (Strategy) : সাধারণ পলিঅ্যাটমিক আয়নসমূহের নাম ও চার্জযুক্ত সংকেত স্মরণে রেখে অথবা প্রয়োজনে সারণি-৩.১০ এর সাহায্য নিয়ে নামকরণ করা যাবে।

সমাধান (Solution) :

(ক) $LiNO_3$ **: লিথিয়াম নাইট্রেট :** লিথিয়াম (Li) গ্রুপ-IA এর মৌল; এর একমাত্র আয়ন Li^+ হওয়ায় নামকরণে রোমান সংখ্যা অপ্রয়োজনীয়।

(খ) $KHSO_4$ **: পটাসিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট :** K গ্রুপ-IA এর মৌল; এটির একমাত্র আয়ন K^+।

(গ) $CuCO_3$ **: কপার (II) কার্বনেট :** এক্ষেত্রে কার্বনেট (CO_3^{2-}) আয়নের চার্জ হলো 2–; তাই কপার পরমাণুর আয়নের চার্জ 2+ হতে হবে। Cu এর দুটি আয়ন সম্ভব। তাই নামকরণে চার্জসংখ্যা রোমান সংখ্যায় ব্যবহার করা হয়েছে।

(ঘ) $Fe(ClO_4)_3$ **: আয়রন (III) পারক্লোরেট :** তিনটি পারক্লোরেট আয়ন (ClO_4^-) আছে, প্রত্যেকের চার্জ 1– হওয়ায় আয়রন আয়নে চার্জ 3+ হবে। এটি অবস্থান্তর মৌল, তাই রোমান সংখ্যা ব্যবহৃত হয়েছে।

(গ) অক্সো-এসিডসমূহ ও এদের নামকরণ (Oxo-acids & Their Nomenclature)

অক্সো-এসিড : যেসব অম্লধর্মবিশিষ্ট যৌগের অণুতে হাইড্রোজেন (H), অক্সিজেন (O) ও অপর একটি কেন্দ্রীয় অধাতব বা ধাতব মৌল থাকে, তাদের অক্সো-এসিড বলে। সাধারণত অধাতব অক্সো-এসিডসমূহ স্থায়ী যেমন, H_2SO_3, H_2SO_4; কিন্তু ধাতব অক্সো-এসিডসমূহ তুলনামূলক কম স্থায়ী এবং এদের লবণসমূহ স্থায়ী যেমন অ্যালুমিনিক এসিড ($HAlO_2$) ও এর লবণ সোডিয়াম অ্যালুমিনেট ($NaAlO_2$), ক্রোমিক এসিড ($H_2Cr_2O_7$) ও এর লবণ পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট [$K_2Cr_2O_7$]। সাধারণত বেশির ভাগ ক্ষেত্রে অধাতব মৌলের একাধিক অক্সো-এসিড থাকে। যেমন,

ক্লোরিন (Cl) এর হাইড্রাসিড হাইড্রোক্লোরিক এসিড [HCl(aq)] ছাড়া আরো ৪টি অক্সো-এসিড যেমন, HClO, $HClO_2$, $HClO_3$, $HClO_4$ আছে। একই মৌলের একাধিক অক্সো-এসিডের নামকরণের বেলায় কেন্দ্রীয় মৌলের **জারণ-সংখ্যাকে** ভিত্তি ধরা হয়। উপরোক্ত ক্লোরিনের ৪টি অক্সো-এসিডের অণুতে ক্রমান্বয়ে অক্সিজেন পরমাণু বেড়েছে। ফলে কেন্দ্রীয় পরমাণু Cl এর জারণ সংখ্যাও দু একক করে বেড়েছে। যেমন— $H\overset{+1}{Cl}O$, $H\overset{+3}{Cl}O_2$, $H\overset{+5}{Cl}O_3$, $H\overset{+7}{Cl}O_4$। এসব অক্সো-এসিডের নামকরণ নিম্নোক্ত নিয়ম অনুসরণ করা হয়।

(১) যে অক্সো-এসিডের মধ্যে তৃতীয় অধাতব মৌলের জারণ মান তুলনামূলকভাবে সবচেয়ে কম এর নামকরণের ক্ষেত্রে (হাইপো + তৃতীয় মৌল + আস্ এসিড) এ নিয়ম অনুসরণ করা হয়। যেমন :

HClO হাইপোক্লোরাস এসিড, এখানে Cl এর জারণ-সংখ্যা = +1
HBrO হাইপোব্রোমাস এসিড, এখানে Br এর জারণ সংখ্যা = +1
HIO হাইপোআয়োডাস এসিড, এখানে I এর জারণ সংখ্যা = +1
$H_2N_2O_2$ হাইপোনাইট্রাস এসিড, এখানে N এর জারণ-সংখ্যা = +1

MCQ-3.22 : নিচের কোনটি অধিক সমযোজী? [চ. বো. ২০১৭]
(ক) LiCl (খ) NaCl
(গ) KCl (ঘ) CsCl

(২) যে অক্সো-এসিডের তৃতীয় মৌলের জারণ সংখ্যা হাইপো-এসিড অপেক্ষা বেশি এর ক্ষেত্রে (তৃতীয় মৌল + আস্ এসিড) নিয়ম অনুসরণ করা হয়।

যেমন : $HClO_2$ ক্লোরাস এসিড, এখানে Cl এর জারণ-সংখ্যা = + 3
$HBrO_2$ ব্রোমাস এসিড, এখানে Br এর জারণ-সংখ্যা = + 3
HIO_2 আয়োডাস এসিড, এখানে I এর জারণ-সংখ্যা = + 3
H_2SO_3 সালফিউরাস এসিড, এখানে S এর জারণ-সংখ্যা = + 4

(৩) যে অক্সো-এসিডের তৃতীয় মৌলের জারণ সংখ্যা আস্ এসিড অপেক্ষা বেশি এর ক্ষেত্রে (তৃতীয় মৌল + ইক্ এসিড) নিয়ম অনুসরণ করা হয়।

যেমন : $HClO_3$ ক্লোরিক এসিড, এখানে Cl-এর জারণ-সংখ্যা = + 5

$HBrO_3$ ব্রোমিক এসিড, এখানে Br এর জারণ-সংখ্যা $= +5$
HIO_3 আয়োডিক এসিড, এখানে I এর জারণ-সংখ্যা $= +5$
H_2SO_4 সালফিরিক এসিড, এখানে S এর জারণ-সংখ্যা $= +6$

(৪) যে অক্সো-এসিডের তৃতীয় মৌলের জারণ সংখ্যা ইক্ এসিড অপেক্ষা বেশি এর ক্ষেত্রে (পার + তৃতীয় মৌল + ইক্ এসিড) নিয়ম অনুসরণ করা হয়।

যেমন : $HClO_4$ পারক্লোরিক এসিড, এখানে Cl এর জারণ-সংখ্যা $= +7$
$H_2S_2O_8$ পারসালফিউরিক এসিড, এখানে S এর জারণ-সংখ্যা $= +7$

উপরোক্ত নিয়ম মতে দেখা যায় অক্সো-এসিডসমূহের জারণ সংখ্যা বৃদ্ধির ক্রম অনুসারে এদের নামকরণের ক্রম পরিবর্তন হলো :

হাইপো ⟶ আস ⟶ ইক ⟶ পার
$HClO \longrightarrow HClO_2 \longrightarrow HClO_3 \longrightarrow HClO_4$

(৫) অধাতব মৌলের **অম্লধর্মী** অক্সাইডের অণুতে বিভিন্ন পানি অণুর সংখ্যা যুক্ত হওয়ার ওপর ভিত্তি করে উৎপন্ন একাধিক অক্সো-এসিডে কেন্দ্রীয় মৌলের জারণ-সংখ্যা সমান হলে তখন এদের নিম্ন মতে নামকরণ করা হয়।

অক্সাইডের সাথে সবচেয়ে বেশি সংখ্যক পানির অণুর সংযোজন ঘটলে মূল এসিডের নামের পূর্বে **'অর্থো'**, কম পানির অণুর সংযোজন ঘটলে **'মেটা'** এবং এ দুইয়ের মাঝামাঝি সংখ্যায় পানির অণুর সংযোজন ঘটলে **'পাইরো'** শব্দ যুক্ত করে নামকরণ করা হয়। যেমন :

P_2O_5 হলো একটি অম্লধর্মী অক্সাইড। এর সাথে বিভিন্ন সংখ্যক পানি অণুর সংযোজনের মাধ্যমে উৎপন্ন এসিডের নামকরণ নিচে দেয়া হলো।

$P_2O_5 + 3H_2O \longrightarrow 2H_3PO_4$ অর্থো-ফসফরিক এসিড
$P_2O_5 + 2H_2O \longrightarrow H_4P_2O_7$ পাইরো-ফসফরিক এসিড DAT (16-17)
$P_2O_5 + H_2O \longrightarrow 2HPO_3$ মেটা-ফসফরিক এসিড

(৬) **পার অক্সো-এসিড** : অক্সো-ইক এসিডের একটি অক্সিজেন পরমাণু পার-অক্সাইড (–O–O–) গ্রুপ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে পার অক্সো-এসিড উৎপন্ন হয়।

নাইট্রিক এসিড (HNO_3) ⟶ পার-অক্সোনাইট্রিক এসিড (HNO_4)।
সালফিউরিক এসিড (H_2SO_4) ⟶ পার-অক্সোসালফিউরিক এসিড (H_2SO_5)।
ফসফরিক এসিড (H_3PO_4) ⟶ পার-অক্সো ফসফরিক এসিড (H_3PO_5)।
ইথানোয়িক এসিড ($CH_3–COOH$) ⟶ পার-অক্সোইথানোয়িক এসিড ($CH_3–CO_2H$)।

* **হ্যালোজেনের অক্সোএসিড** : (F এর অক্সো-এসিড নেই।)

১. হাইপোহ্যালাস এসিড : হাইপোক্লোরাস এসিড (HOCl), হাইপোব্রোমাস এসিড (HOBr), হাইপোআয়োডাস এসিড (HOI)।

২. হ্যালাস এসিড : ক্লোরাস এসিড ($HClO_2$), ব্রোমাস এসিড ($HBrO_2$), আয়োডাস এসিড (HIO_2)।

৩. হ্যালিক এসিড : ক্লোরিক এসিড ($HClO_3$), ব্রোমিক এসিড ($HBrO_3$), আয়োডিক এসিড (HIO_3)।

৪. পার-হ্যালিক এসিড : পার-ক্লোরিক এসিড ($HClO_4$), পার-আয়োডিক এসিড (HIO_4)।

* পার-ক্লোরিক এসিড ($HClO_4$) অক্সো-এসিডগুলোর মধ্যে সবচেয়ে তীব্র এসিড।

(৭ হাইড্রেট যৌগের নামকরণ :

(১) $CuSO_4.5H_2O$ ⟶ কপার (II) সালফেট পেন্টাহাইড্রেট;
(২) $FeSO_4.7H_2O$ ⟶ আয়রন (II) সালফেট হেপ্টাহাইড্রেট;
(৩) $MgSO_4.7H_2O$ ⟶ ম্যাগনেসিয়াম সালফেট হেপ্টাহাইড্রেট;
(৪) $ZnF_2.4H_2O$ ⟶ জিঙ্ক ফ্লোরাইড টেট্রাহাইড্রেট;
(৫) $Na_2SO_4.10H_2O$ ⟶ সোডিয়াম সালফেট ডেকাহাইড্রেট;
(৬) $ZnSO_4.7H_2O$ ⟶ জিঙ্ক সালফেট হেপ্টাহাইড্রেট।

MCQ-3.23 : নিচের কোনটি অপোলার যৌগ? [চ. বো. ২০১৭]
(ক) CCl_4 (খ) $CHCl_3$
(গ) CH_3OH (ঘ) HF

শি ার্থী নিজে সমাধান করো-৩.১৮ : Systematic নামকরণ পদ্ধতি :

সম ্যা-৩.৪১ : Systematic নামকরণ পদ্ধতিতে নিচের যৌগসমূহের নাম লেখ :
(ক $Ca(ClO)_2$ (খ) $Ag_2S_2O_3$ (গ) $Sn(NO_3)_2$ (ঘ) $Pb(CH_3CO_2)_2$ (ঙ) NaH_2PO_4 (চ) $(NH_4)_2SO_4$.

সম ্যা-৩.৪২ : Systematic নামকরণ পদ্ধতিতে নিচের যৌগসমূহের সংকেত লেখ : (ক) লিথিয়াম ফসফেট, (খ) ম্যা নেসিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট, (গ) ম্যাঙ্গানিজ, (II) নাইট্রেট, (ঘ) ক্রোমিয়াম, (III) সালফেট।

৩.২১.: অবস্থান্তর ধাতুর জটিল যৌগের নামকরণ ও সংকেত লিখন

নি ্নোক্ত তিনটি নিয়ম (rules) ভিত্তিক সন্নিবেশ জটিল যৌগের সংকেত লেখা হয়। এদের প্রথম দুটি নিয়ম আয়নিক যৌগের ংকেত লেখার মতো।

* ১। আণবিক সংকেতে ক্যাটায়নের পর অ্যানায়ন থাকে।

* ২। ক্যাটায়নের মোট চার্জ সংখ্যা ও অ্যানায়নের মোট চার্জ সংখ্যা পরস্পর সমান থাকে।

* ৩। জটিল আয়নে প্রথমে কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু, এরপর নিরপেক্ষ লিগ্যান্ড ও শেষে অ্যানায়ন লিগ্যান্ড লিখতে হয়। সমগ্র জ ি ল আয়নটিকে তৃতীয় বন্ধনী দ্বারা ঘিরে রাখা হয়।

অন্যান্য নিয়মসমূহ :

১। একাধিক লিগ্যান্ডকে এদের ইংরেজি নামের বর্ণ ক্রমানুসারে এবং সংখ্যাকে ডাই, ট্রাই, টেট্রা, পেন্টা, হেক্সা ইত্যাদি উপসর্গ দ্বারা লিখতে হয়। লিগ্যান্ড ঋণাত্মক হলে নামের শেষে ওকার যুক্ত হয়। যেমন OH^- আয়ন লিগ্যান্ডকে হাইড্রক্সো (hydro o) , Cl^- আয়নকে ক্লোরো (chloro), CN^- আয়নকে সায়ানো (cyano) রূপে লেখা হয়। প্রশম বা নিরপেক্ষ লিগ্যান্ড NH_3 কে 'অ্যাম্মিন' (ammine), H_2O কে 'অ্যাকুয়া' (aqua) লেখা হয়।

২। সমগ্র জটিল আয়নটি ক্যাটায়ন অথবা অ্যানায়ন হতে পারে। জটিল আয়নের মোট চার্জ-এর প্রকৃতি নির্ধারণ করে; জটিল অ ়নটি অ্যানায়ন হলে অবস্থান্তর ধাতুর ইংরেজি নাম ও ল্যাটিন নামের শেষে – এট (– ate) বসে। যেমন- জিংকেট, ক্রোমেট ফেরেট, কিউপ্রেট, আর্জেন্টেট। $[Fe(CN)_6]^{4-}$ এর নাম হলো হেক্সাসায়ানো ফেরেট (II) আয়ন। $[Pt(NH_3)Cl_5]^-$ এর নাম হলো অ্যাম্মিন পেন্টাক্লোরো প্লাটিনেট (IV) আয়ন।

জটি ল আয়নের চার্জ = (অবস্থান্তর ধাতব আয়নের চার্জ + লিগ্যান্ডসমূহের মোট চার্জ)।

উদ হরণ : $K_2[Co(NH_3)_2Cl_4]$ এর বেলায় দুটি K^+ আয়নের দুটি ধনাত্মক চার্জ দ্বারা জটিল আয়নটির দুটি ঋণাত্মক চার্জ প্রশ মিত হয়েছে। জটিল আয়নটি হলো $[Co(NH_3)_2Cl_4]^{2-}$; এক্ষেত্রে দুটি নিরপেক্ষ লিগ্যান্ড NH_3, চারটি একক ঋণাত্মক Cl^- আয়ন থাকায় এর কেন্দ্রীয় ধাতব আয়ন Co এর চার্জ + 2 হবে অর্থাৎ অবস্থান্তর ধাতুর আয়নটি Co^{2+} হবে। অর্থাৎ $[Co(NH_3)_2Cl_4]^{2-}$ আয়নটির বেলায়—

জটিল আয়নের চার্জ = (ধাতব আয়নের চার্জ + লিগ্যান্ডসমূহের মোট চার্জ)

$2- =$ ধাতব আয়নের চার্জ + $[(2 \times 0) + 4(1-)]$

∴ ধাতব আয়নের চার্জ = $(2-) - (4-) = 2+$

তাই যৌগটির নাম হলো পটাসিয়াম ডাইঅ্যামমিন টেট্রাক্লোরো কোবাল্টেট (II)।

MCQ-3.24 : কোনটি রাসায়নিক বৈশিষ্ট্য? [য. বো. ২০১৭]
(ক) ঘনত্ব (খ) দ্রাব্যতা
(গ) অম্লত্ব (ঘ) গলনাঙ্ক

৩। জটিল আয়নের নামকরণে কেন্দ্রীয় অবস্থান্তর ধাতব আয়নের জারণ সংখ্যাকে রোমান সংখ্যা দ্বারা বন্ধনীতে রাখা হয়।

৪। জটিল আয়নের মোট লিগ্যান্ড সংখ্যাকে কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের সন্নিবেশ সংখ্যা (Co-ordination number) বলে। যেমন $[Co(NH_3)_2Cl_4]^{2-}$ আয়নে Co^{2+} আয়নের সন্নিবেশ সংখ্যা হলো 6।

সারণি-৩.১১ : কয়েকটি নিরপেক্ষ ও ঋণাত্মক লিগ্যান্ডের এবং জটিল ঋণাত্মক আয়নের নাম :

নিরপেক্ষ লিগ্যান্ড	লিগ্যান্ডের নাম	অ্যানায়ন লিগ্যান্ড	লিগ্যান্ডের নাম	জটিল আয়নে ধাতব আয়ন	জটিল ঋণাত্মক আয়নের নাম
H_2O	অ্যাকুয়া	F^-	ফ্লোরো	আয়রন	ফেরেট
NH_3	অ্যামমিন	Cl^-	ক্লোরো	কপার	কিউপ্রেট
CO	কার্বনিল	Br^-	ব্রোমো	লেড	প্লাম্বেট
NO	নাইট্রোসিল	I^-	আয়োডো	সিলভার	আর্জেন্টেট
		OH^-	হাইড্রক্সো	গোল্ড	অরেট
		CN^-	সায়ানো	টিন	স্ট্যানেট

উল্লেখ্য জটিল ঋণাত্মক আয়নের নামকরণের বেলায় ধাতব আয়নের ধাতব মৌলটির ল্যাটিন নাম-এর শেষের ‘um’ বাদ দিয়ে –ate (–এট) যোগ করা হয়। যেমন,

Ferrum – um + ate = Ferrate (ফেরেট); Cuprum – um + ate = Cuprate; Plumbum – um + ate = Plumbate; Argentum – um + ate = Argentate; Aurum – um + ate = Aurate; Stannum – um + ate = Stannate.

জটিল যৌগের নামকরণের কিছু উদাহরণ নিচে দেয়া হলো :

(১) যদি কোনো জটিল যৌগে একই ধরনের একাধিক লিগ্যান্ড যুক্ত থাকে এবং জটিল আয়নটি ক্যাটায়ন হয়, তবে সেক্ষেত্রে জটিল যৌগের নামকরণের ক্ষেত্রে লিগ্যান্ডের সংখ্যানুসারে (মনো বা ডাই বা ট্রাই বা টেট্রা ইত্যাদি + লিগ্যান্ডের নাম + কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের জারণ মান + অ্যানায়নের নাম) এ নিয়ম অনুসরণ করা হয়। যেমন—

$[Cu(NH_3)_4]SO_4$ টেট্রাঅ্যাম্মিন কপার (II) সালফেট

$[Co(NH_3)_6]Cl_3$ হেক্সাঅ্যাম্মিন কোবাল্ট (III) ক্লোরাইড

$[Ag(NH_3)_2]Cl$ ডাইঅ্যাম্মিন সিলভার (I) ক্লোরাইড

MCQ-3.25 : কোনটি 'হাইপো' এসিড? [ঢা. বো. ২০১৬]
(ক) H_3PO_3 (খ) H_3PO_2
(গ) H_3PO_4 (ঘ) HPO_3

(২) জটিল ক্যাটায়নবিশিষ্ট তড়িৎ-বিশ্লেষ্য জটিল যৌগগুলোর নাম দু শব্দবিশিষ্ট হয়। প্রথমে ক্যাটায়ন ও পরে অ্যানায়নের নাম উল্লেখ করতে হয়। কিন্তু **তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য জটিল যৌগের নাম এক শব্দবিশিষ্ট হয়।** এক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের জারণ অবস্থা প্রকাশের জন্য নামের শেষে রোমান সংখ্যা ব্যবহার করা হয়। [উদাহরণ (খ) ও (ঘ) দেখো।]

তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য জটিল যৌগের ক্ষেত্রে সব ঋণাত্মক লিগ্যান্ড কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের সাথে সন্নিবেশ বন্ধনে আবদ্ধ থাকে এবং তৃতীয় বন্ধনীর মধ্যে লেখা হয়। সন্নিবেশ বন্ধনে আবদ্ধ লিগ্যান্ডরূপী ঋণাত্মক আয়ন পানিতে আয়নিত অবস্থায় থাকে না, বরঞ্চ **'সন্নিবেশ-বলয়'** বা Co-ordination sphere এর মধ্যে আবদ্ধ থাকে। তাই ঐসব ঋণাত্মক আয়ন জলীয় দ্রবণে পৃথক হতে পারে না। নিচের (খ) ও (ঘ) নং উদাহরণ হলো ঐরূপ তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য জটিল যৌগ। এক্ষেত্রে ঐসব তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য যৌগের দ্রবণের মধ্যে সিলভার নাইট্রেট ($AgNO_3$) দ্রবণ যোগ করলে AgCl এর সাদা অধঃক্ষেপ পড়বে না।

RMDAC

কিন্তু অপর দুটি উদাহরণ যেমন— (ক) এর বেলায় তিনটি Cl^- আয়ন দ্রবণে আয়নিত হবে; (গ) এর বেলায় একটি Cl^- আয়ন দ্রব ণ আয়নিত হবে; এরা $AgNO_3$ দ্রবণের সাথে বিক্রিয়ায় AgCl এর সাদা অধঃক্ষেপ দেয়।

(ক) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য জটিল যৌগ ⟶ $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ হেক্সাঅ্যাম্মিন কোবাল্ট (III) ক্লোরাইড

(খ) তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য জটিল যৌগ ⟶ $[Co(NH_3)_3Cl_3]$ ট্রাইঅ্যাম্মিন ট্রাইক্লোরোকোবাল্ট (III)

(গ) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য জটিল যৌগ ⟶ $[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl$ টেট্রাঅ্যাকোয়াডাইক্লোরো ক্রোমিয়াম (III) ক্লোরাইড

(ঘ) তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য জটিল যৌগ ⟶ $[Cr(H_2O)_3Cl_3]$ ট্রাইঅ্যাকোয়াট্রাইক্লোরোক্রোমিয়াম (III)

যেমন, $[Co(NH_3)_6]Cl_3(aq) + 3AgNO_3(aq) \longrightarrow 3AgCl(s) + [Co(NH_3)_6]^{3+}(aq)$

$[Co(NH_3)_3Cl_3](aq) + AgNO_3(aq) \longrightarrow$ অধঃক্ষেপ পড়ে না।

অধ্যায়ের সার-সংক্ষেপ (Recapitulation)

✪ **ক্ষারধাতু :** গ্রুপ-1 এর ধাতুগুলো পানিসহ বিক্রিয়ায় ক্ষার তৈরি করে বলে এদেরকে ক্ষার ধাতু বলে।

✪ **মৃৎ-ক্ষারধাতু :** গ্রুপ-2 এর ধাতুগুলো ক্ষার তৈরি করে এবং এদের যৌগ মাটির উপাদান বলে এরূপ নামকরণ হয়েছে।

✪ **অবস্থান্তর ধাতু :** যেসব d ব্লকভুক্ত ধাতু, এদের কোনো স্থায়ী আয়নে d অরবিটাল আংশিক পূর্ণ থাকে।

✪ **পর্যায়বৃত্ত ধর্ম :** পর্যায় সারণির ইলেকট্রন বিন্যাসভিত্তিক পরমাণুর আকার নির্ভর ভৌত ধর্ম ও রাসায়নিক ধর্ম যেমন, গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক, যোজ্যতা, আয়নীকরণ শক্তি, ইলেকট্রন আসক্তি, তড়িৎ-ঋণাত্মকতা, ধাতব-অধাতব ধর্ম ইত্যাদিকে মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্ম বলে।

✪ **অরবিটাল অধিক্রমণ :** কোয়ান্টাম মতবাদ মতে, পরমাণুগুলো বন্ধন গঠনকালে পরমাণুর বিজোড় ইলেকট্রনযুক্ত অরবিটাল বিপরীত স্পিন অবস্থায় অধিক্রমণ ঘটায়। তখন দুটি নিউক্লিয়াসের প্রভাবে থেকে ঐ পারমাণবিক অরবিটালদ্বয়ের বন্ধন ইলেকট্রন মেঘ আণবিক অরবিটাল গঠন করে।

✪ **অরবিটাল সংকরণ :** বিক্রিয়ার পূর্বে পরমাণুর একই শক্তিস্তরের প্রায় সমশক্তির অরবিটালগুলো মিশ্রিত ও সম শক্তিতে বিভক্ত হয়ে সমসংখ্যক অরবিটাল গঠন করাকে অরবিটাল সংকরণ বলে।

✪ **সন্নিবেশ বন্ধন :** নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল দ্বারা দুটি পরমাণু সমযোজী বন্ধন গঠন করলে একে সন্নিবেশ বন্ধন বলে। মুক্তজোড় ইলেকট্রন যুক্ত পরমাণুটি একই বন্ধনের প্রয়োজনীয় ইলেকট্রন যোগান দেয়; তাই এটিকে দাতা পরমাণু ও অপর পরমাণুকে, যেটি কোনো ইলেকট্রন দেয় না, গ্রহীতা পরমাণু বলে।

✪ **পোলারায়ন :** যৌগ অণুতে ক্যাটায়নের আকর্ষণে অ্যানায়নের ইলেকট্রন মেঘ ক্যাটায়নের দিকে সরে আসাকে অ্যানায়নের পোলারায়ন বলে। এর ফলে আয়নিক যৌগে সমযোজী বৈশিষ্ট্য প্রকাশ পায়।

✪ **ভ্যানডার ওয়ালস্ বল :** ননবন্ডিং আন্তঃআণবিক বল বা আকর্ষণ– এ শ্রেণিভুক্ত; যেমন আয়ন-ডাইপোল আকর্ষণ, হাইড্রোজেন বন্ধন, ডাইপোল– ডাইপোল আকর্ষণ, বিস্তারণ বল ইত্যাদি।

✪ **হাইড্রোজেন বন্ধন :** অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণু F, O, N এর সাথে যুক্ত H পরমাণুর মধ্যবর্তী বন্ধন অধিকতর পোলার হয়। এরূপ দুটি পোলার অণুর মধ্যে ধনাত্মক প্রান্ত ও ঋণাত্মক প্রান্তে এক দুর্বল বন্ধন সৃষ্টি হয়। এরূপ বন্ধনকে H–বন্ধন বলা হয়। H-বন্ধনের শক্তিমাত্রা প্রায় $10 - 40\ kJmol^{-1}$ হয়।

✪ **H-বন্ধনের গুরুত্ব :** জীবজগতের টিকে থাকার জন্য যেসব বায়োঅণু ভূমিকা পালন করে সেসব জৈবঅণু ও পানি ইত্যাদিতে H-বন্ধন আছে। তাই বায়োলজিক্যাল প্রক্রিয়ায় H-বন্ধনের ভূমিকা অনন্য।

✪ **অজৈব যৌগের নামকরণ :** পুরাতন Common name পদ্ধতিতে অজৈব যৌগের নামকরণের পরিবর্তে বর্তমানে IUPAC-এর Systematic Name পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়।

MCQ-এর উত্তরমালা :

3.1 (ঘ), 3.2 (ক), 3.3 (খ), 3.4 (গ), 3.5 (গ), 3.6 (ঘ), 3.7 (ক), 3.8 (ক), 3.9 (ক), 3.10 (গ), 3.11 (ক), 3.12 (ঘ), 3.13 (ঘ), 3.14 (গ), 3.15 (ঘ), 3.16 (ক), 3.17 (ক), 3.18 (খ), 3.19 (ঘ), 3.20 (গ), 3.21 (ঘ), 3.22 (ক), 3.23 (ক), 3.24 (গ), 3.25 (খ)।

অনুশীলনী-৩

ক-বিভাগ : জ্ঞানস্তরভিত্তিক প্রশ্নাবলি (একনজরে)

(১) ইলেকট্রন বিন্যাসভিত্তিক পর্যায় সারণি ও মৌলের সাধারণ ধর্মাবলি :

১। আধুনিক পর্যায় সূত্র কী? [মা. বো. ২০২৩; চ. বো. ২০১৭]

২। s–ব্লক মৌল কী? [মা. বো. ২০২১; দি. বো. ২০১৯]

৩। s–ব্লক মৌলের সংখ্যা কত?

৪। p–ব্লক মৌল কী? [সি. বো. ২০২৩; দি. বো. ২০২৩; মা. বো. ২০২২]

৫। p–ব্লক মৌলের সংখ্যা কত?

৬। d–ব্লক মৌল কী? [ঢা. বো. ২০২২]

৭। d–ব্লক মৌলের সংখ্যা কত?

৮। f–ব্লক মৌল কী?

৯। f–ব্লক মৌলের সংখ্যা কত?

১০। আদর্শ বা প্রতিনিধি মৌল কী? [ব. বো. ২০২২; য. বো. ২০১৭]

১১। অবস্থান্তর মৌল কী? [কু. বো. ২০২৩; য. বো. ২০২৩; ব. বো. ২০২৩ দি. বো. ২০২৩; ঢা. বো. ২০২১; চ. বো. ২০২১]

১২। (ক) ল্যান্থানয়ডস কী? [চ. বো. ২০১৭]

(খ) বিরল মৃত্তিকা মৌল কাকে বলে? [ম. বো. ২০২৩]

১৩। অ্যাক্টিনয়ডস কী?

১৪। ক্ষার ধাতু কাকে বলে? [ব. বো. ২০১৯, ২০২২]

১৫। মৃৎক্ষার ধাতু কাকে বলে? [ঢা. বো. ২০২১; রা. বো. ২০২৩; য. বো. ২০২১]

১৬। চ্যালকোজেন কী? [চ. বো. ২০২২]

১৭। হ্যালোজেন কী?

১৮। আন্তঃহ্যালোজেন যৌগ কী?

১৯। প্যারাম্যাগনেটিক ধাতু কী?

২০। ডায়াম্যাগনেটিক ধাতু কী?

২১। লিগ্যান্ড কী? [ঢা. বো. ২০১৬; কু. বো. ২০১৯; য. বো. ২০১৯]

২২। অবস্থান্তর ধাতুর সন্নিবেশ-সংখ্যা কী?

(২) মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্মসমূহ ও রাসায়নিক বন্ধন :

১। পর্যায়বৃত্ত ধর্ম কী? [ব. বো. ২০২১; ঢা. বো. ২০১৭]

২। পারমাণবিক ব্যাসার্ধ কী? [ঢা. বো. ২০২২]

৩। কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ কী?

৪। মৌলের আয়নীকরণ শক্তি বা বিভব কী? [চ. বো. ২০২১; রা. বো. ২০২১; দি. বো. ২০১৬; ম. বো. ২০২১; মা. বো. ২০২১; অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

৫। মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি কী? [য. বো. ২০২৩; কু. বো. ২০২২; রা. বো. ২০২১; দি. বো. ২০২১; ব. বো. ২০২১]

৬। মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা কী? [ঢা. বো. ২০২৩; ব. বো. ২০২৩; চ. বো. ২০২২; রা. বো. ২০২২; য. বো. ২০১৭; কু. বো. ২০১৯]

৭। (ক) রাসায়নিক বন্ধন বলতে কী বোঝায়? [ব. বো. ২০২৩]

(খ) আয়নিক যৌগ কাকে বলে? [মা. বো. ২০২২]

(গ) সমযোজী যৌগ কাকে বলে? [মা. বো. ২০২৩]

৮। আণবিক অরবিটাল কী?

৯। সিগমা বন্ধন কী? [চ. বো. ২০২৩; মা. বো. ২০২৩; অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮; ঢা. বো. ২০২২]

১০। পাই (π) বন্ধন কী? [য. বো. ২০২৩; ম. বো. ২০২৩; চ. বো. ২০১৭; কু. বো. ২০১৯]

১১। অরবিটাল সংকরণ কী? [সি. বো. ২০২৩; ম. বো. ২০২৩; ঢা. বো. ২০২২; মা. বো. ২০২১; দি. বো. ২০১৭]

১২। sp^3 সংকরণ কী?

১৩। sp^2 সংকরণ কী? [দি. বো. ২০২১]

১৪। sp সংকরণ কী?

১৫। সন্নিবেশ বন্ধন কী? [য. বো. ২০১৭]

১৬। পোলার যৌগ কাকে বলে? [ব. বো. ২০২২; চ. বো. ২০২১]

১৭। পোলারিটি কী? [মা. বো. ২০২৩; য. বো. ২০২২; সি. বো. ২০২১; অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

১৮। ডাইপোল কী?

১৯। পোলারায়ন কী? [রা. বো. ২০২৩; চ. বো. ২০২২; কু. বো. ২০২৩, ২০২১; ব. বো. ২০২৩; য. বো. ২০২১; ঢা. বো. ২০১৯; ম. বো. ২০২১]

২০। ভ্যানডার ওয়ালস্ বল কী? [ঢা. বো. ২০২৩; সি. বো. ২০২৩; চ. বো. ২০১৯]

২১। বিস্তারণ বল কী?

২২। ডাইপোল মোমেন্ট কী?

২৩। ডাইপোল মোমেন্টের একক কী?

২৪। আয়ন-ডাইপোল আকর্ষণের মাত্রা কত?

২৫। বিস্তারণ বলের শক্তিমাত্রা কত?

২৬। (ক) হাইড্রোজেন বন্ধন কী? [মা. বো. ২০২৩; য. বো. ২০২৩; ব. বো. ২০২১; রা. বো. ২০২২; চ. বো. ২০১৯; কু. বো. ২০১৯, ২০২১, ২০২২]

(খ) অন্তঃআণবিক হাইড্রোজেন বন্ধন কী? [কু. বো. ২০২৩]

(গ) আন্তঃআণবিক হাইড্রোজেন বন্ধন কী? [ব. বো. ২০২২]

২৭। H-বন্ধনের শক্তিমাত্রা কত?

২৮। $[CoCl_2(NH_3)_4]^+$ আয়নটির IUPAC নাম লেখ। [য. বো. ২০১৭]

খ-বিভাগ : অনুধাবনস্তরভিত্তিক প্রশ্নাবলি (একনজরে)

(১) ইলেকট্রন বিন্যাস ও মৌলের সাধারণ ধর্মাবলি :

১। Mg একটি মৃৎক্ষার ধাতু; ব্যাখ্যা করো। [মা. বো. ২০২১]

২। Sc(21) ও Zn(30) d-ব্লক মৌল হলেও অবস্থান্তর মৌল নয়; ব্যাখ্যা করো। [য. বো. ২০১৯, ২০২২; দি. বো. ২০১৫; মা. বো. ২০২১]

৩। Fe কে অবস্থান্তর মৌল বলা হয় কেন? [দি. বো. ২০২২; অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

৪। সকল অবস্থান্তর মৌল d–বক মৌল; কিন্তু সব d–বক মৌল অবস্থান্তর মৌল নয়; তা ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০১৭; কু. বো. ২০২২; রা. বো. ২০১৭]

৫। অবস্থান্তর মৌল রঙিন যৌগ গঠন করে কেন? [ঢা. বো. ২০২২; রা. বো. ২০১৫; ব. বো. ২০১৫]

৬। অবস্থান্তর মৌল জটিল আয়ন বা যৌগ গঠন করে; ব্যাখ্যা করো।

৭। Zn এর চৌম্বক ধর্ম নেই কেন? ব্যাখ্যা করো। [চ. বো. ২০২২]

৮। Be ধাতু s–ব্লকের মৌল হওয়া সত্ত্বেও আয়নিক যৌগ গঠন করে না; এর ব্যাখ্যা দাও।

৯। $MgCl_2$ পানিতে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় না; কিন্তু Mg_3N_2 পানিতে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়; এর কারণ ব্যাখ্যা করো।

১০। (ক) Al_2O_3 উভধর্মী অক্সাইড; এর ব্যাখ্যা করো। [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

(খ) উভধর্মী অক্সাইড; কাকে বলে? [রা. বো. ২০২৩]

(গ) SnO একটি উভধর্মী অক্সাইড; ব্যাখ্যা করো। [সি. বো. ২০২৩]

১১। $AlCl_3$ ডাইমার গঠন করে কেন? [ম. বো. ২০২৩; কু. বো. ২০২২; ঢা. বো. ২০১৯]

১২। $AlCl_3$ ও AlN কে পানিতে মিশ্রিত করলে কীরূপ পরিবর্তন ঘটে?

১৩। Al ধাতুর সাথে HCl এসিড ও গাঢ় HNO_3 এর বিক্রিয়ার সমীকরণসহ পার্থক্য দেখাও।

১৪। CO_2 গ্যাস; কিন্তু SiO_2 কঠিন কেন? [ব. বো. ২০১৭]

১৫। PH_3 এর চেয়ে NH_3 অধিক ক্ষারধর্মী কেন; ব্যাখ্যা করো। [য. বো. ২০২২]

১৬। NCl_5 গঠিত হয় না কেন ; ব্যাখ্যা করো। [ম. বো. ২০২৩]

১৭। PCl_5 একটি অষ্টক সম্প্রসারণ যৌগ; ব্যাখ্যা করো। [মা. বো. ২০২৩; ব. বো. ২০২২]

১৮। OF_2 গঠিত হলেও OF_4 গঠিত হয় না কেন? [সি. বো. ২০২১]

১৯। অসামঞ্জস্যতা বিক্রিয়া বলতে কী বোঝায়, ব্যাখ্যা করো।

২০। $CuSO_4$ দ্রবণে অধিক NH_4OH দ্রবণ যোগ করলে কী ঘটে?

২১। $FeSO_4$ ও $FeCl_3$ এর দ্রবণে NH_4OH দ্রবণ যোগ করলে কী ঘটে?

২২। $ZnSO_4$ দ্রবণে গাঢ় NaOH দ্রবণ ধীরে ধীরে যোগ করলে কী ঘটে?

২৩। N_2 গ্যাসকে নিষ্ক্রিয় মাধ্যমরূপে ব্যবহার করা হয় কেন? [কু. বো. ২০১৬]

২৪। জিঙ্ক রঙিন যৌগ গঠন করে না কেন? [চ. বো. ২০১৯]

২৫। ল্যান্থানাইড সংকোচনের কারণ ব্যাখ্যা করো। (অনুচ্ছেদ-৩.২.৪ দেখো) [সি. বো. ২০২২]

(২) মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্মসমূহ ও রাসায়নিক বন্ধন :

১। (ক) 'N' ও 'O' পরমাণুর মধ্যে কোনটির আকার ছোটো; ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০১৭]

(খ) Na ও Na^+ এর মধ্যে কোনটির আকার বড়ো ও কেন? [কু. বো. ২০২১; সি. বো. ২০২১]

(গ) O^{2-} এর আকারের চেয়ে N^{3-} এর আকার বড়ো কেন? [ম. বো. ২০২১]

২। পর্যায় সারণির গ্রুপভিত্তিক মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তির পরিবর্তন ব্যাখ্যা করো। [চ. বো. ২০১৭]

৩। Va এর ১ম আয়নীকরণ শক্তি + 496 $kJmol^{-1}$; কিন্তু এর ২য় আয়নীকরণ শক্তি বৃদ্ধি পেয়ে হলো+ 4562 $kJmol^{-1}$; ার ব্যাখ্যা করো। [কু. বো. ২০২৩]

ৗ, Na^{+} আয়ন গঠিত হলেও Na^{2+} আয়ন গঠিত হয় না কেন? [ঢা. বো. ২০২৩; মা. বো. ২০২১; রা. বো. ২০১৯; য. বো. ২০১৯]

৪। Na^{+} ও Ne এর মধ্যে কোনটির আয়নীকরণ শক্তি বেশি এবং কেন? [দি. বো. ২০১৫]

৫। Mg এর ১ম আয়নীকরণ শক্তি + 738 $kJmol^{-1}$; কিন্তু এর ২য় আয়নীকরণ শক্তি + 1450 $kJmol^{-1}$; এর ব্যাখ্যা করো।

৬। (ক) Mg এর ২য় আয়নীকরণ শক্তি + 1450 $kJmol^{-1}$; কিন্তু Na এর ২য় আয়নীকরণ শক্তি + 4562 $kJmol^{-1}$ এর ব্যাখ্যা করো।

(খ) Mg^{2+} আয়ন গঠিত হলেও Mg^{3+} আয়ন গঠিত হয় না কেন? [য. বো. ২০২১]

(গ) $MgCl_3$ যৌগ গঠন সম্ভব কি? ব্যাখ্যা করো। [কু. বো. ২০২২]

৭। (ক) বোরনের আয়নীকরণ শক্তি বেরিলিয়াম অপেক্ষা কম; এর ব্যাখ্যা দাও।

(খ) Be ও B এর মধ্যে কোনটির আয়নীকরণ শক্তি বেশি কেন? [রা. বো. ২০২১; মা. বো. ২০২১]

(গ) P-এর আয়নীকরণ শক্তি S এর চেয়ে বেশি কেন? [ম. বো. ২০২৩]

৮। অক্সিজেনের আয়নীকরণ শক্তি নাইট্রোজেন অপেক্ষা কম; এর ব্যাখ্যা দাও। [চ. বো. ২০১৬; সি. বো. ২০১৫; য. বো. ২০২১; দি. বো. ২০১৭; মাদ্রাসা বোর্ড ২০১৯, ২০২২]

৯। গ্রুপ-1 এর মৌলসমূহ সহজে দ্বিধনাত্মক আয়ন গঠন করে না কেন তা ব্যাখ্যা করো। [সি. বো. ২০১৬]

১০। ই লেকট্রন আসক্তির মান ধনাত্মক, ঋণাত্মক এমনকি শূন্য হতে পারে; এর ব্যাখ্যা দাও।

১১। (ক) ফ্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তি ক্লোরিনের চেয়ে কম; এর ব্যাখ্যা দাও। [রা. বো. ২০২২; কু. বো. ২০১৯]

(খ) F ও Cl এর মধ্যে কোনটির ইলেকট্রন আসক্তি বেশি; ব্যাখ্যা করো। [কু. বো. ২০২১; ব. বো. ২০২১]

(গ) অক্সিজেনের দ্বিতীয় ইলেকট্রন আসক্তির মান ধনাত্মক কেন ব্যাখা করো। [ঢা. বো. ২০২৩]

১২। N এর ইলেকট্রন আসক্তি এর বাম ও ডান উভয়দিকের সদস্যদ্বয় C ও O এর চেয়ে কম কেন ব্যাখ্যা করো।

১৩। মৌলের রাসায়নিক ধর্মের ওপর আয়নীকরণ শক্তি ও ইলেকট্রন আসক্তির প্রভাব ব্যাখ্যা করো।

১৪। ফ্লোরিন সর্বাধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল; ব্যাখ্যা করো। [কু. বো. ২০২৩; ঢা. বো. ২০২২; য. বো. ২০১৫; ম. বো. ২০২৩; সি. বো. ২০২৩; অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮; রা. বো. ২০১৯, ২০২১]

১৫। অ াতুর একাধিক অক্সাইডের বেলায়, উচ্চ জারণ সংখ্যার অক্সাইড এসিড অ্যানহাইড্রাইড হয়; কিন্তু নিম্ন জারণ সংখ্যার অক্সাইড নিরপেক্ষ হয়, তা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা করো।

১৬। মৌলের অক্সাইডসমূহের p^{H} পর্যায়বৃত্ত ধর্ম বলতে কী বোঝায়, তা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা করো।

১৭। একই পর্যায়ে বাম থেকে ডানদিকে ক্রমাগত মৌলসমূহের ধাতু ধর্ম হ্রাস পায়, অধাতু ধর্ম বৃদ্ধি পায়; তা ব্যাখ্যা করো।

১৮। ২য় পর্যায়ভুক্ত মৌলসমূহের অক্সাইড ক্ষারধর্মী, উভধর্মী ও অম্লধর্মী হতে পারে, তা ব্যাখ্যা করো।

১৯। ৩য় পর্যায়ভুক্ত মৌলসমূহের অক্সাইড ক্ষারধর্মী, উভধর্মী ও অম্লধর্মী হতে পারে, তা ব্যাখ্যা করো।

২০। পরীক্ষাগারে তুমি মৌলের দ্রবণীয় অক্সাইডের অম্ল-ক্ষার প্রকৃতি কীরূপে নির্ণয় করবে, তা ব্যাখ্যা করো।

২১। (ক) সিগমা বন্ধন মূলত সমযোজী বন্ধন; ব্যাখ্যা করো। [রা. বো. ২০১৬]

(খ) পাই বন্ধন মূলত সমযোজী বন্ধন; ব্যাখ্যা করো। [কু. বো. ২০২৩; ব. বো. ২০২২]

২২। সন্নিবেশ বন্ধন মূলত সিগমা বন্ধন; ব্যাখ্যা করো। [চ. বো. ২০১৭]

২৩। s-অরবিটাল পাই (π) বন্ধন গঠনে অংশ নেয় না কেন? [চ. বো. ২০১৯]

২৪। সংকর অরবিটাল পাই (π) বন্ধন গঠন করে না কেন? [দি. বো. ২০২৩, ২০১৯]

২৫। $BeCl_2$ এর আকৃতি সরলরৈখিক কেন? [সি. বো. ২০২১; দি. বো. ২০২১]

২৬। (ক) NH_4Cl যৌগে বন্ধন প্রকৃতি ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০১৫]

(খ) NH_4^+ আয়নের সন্নিবেশ বন্ধন ব্যাখ্যা করো। [ব. বো. ২০২৩; চ. বো. ২০১৯]

২৭। (ক) $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ আয়নের মধ্যে কী কী প্রকারের বন্ধন আছে, তা ব্যাখ্যা করো।

(খ) $CuSO_4.5H_2O$ যৌগে থাকা বন্ধনগুলো দেখাও। [চ. বো. ২০২২]

২৮। NH_3 একটি (প্রশম) লিগ্যান্ড;-এর ব্যাখ্যা করো। [ম. বো. ২০২৩; রা. বো. ২০১৭; সি. বো. ২০১৯]

২৯। NH_3 এর আকৃতি সংকরণের সাহায্যে ব্যাখ্যা করো। [ম. বো. ২০২১; সি. বো. ২০২১]

৩০। CH_4, NH_3, H_2O এর কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটাল সংকরণ একই প্রকার; কিন্তু যৌগের বন্ধন কোণ ভিন্ন হয় কেন ব্যাখ্যা করো।

৩১। (ক) $NaCl$ ও $MgCl_2$ এর মধ্যে কোনটি বেশি আয়নিক; ব্যাখ্যা করো। [চ. বো. ২০২১]

(খ) $MgCl_2$ ও $AlCl_3$ এর মধ্যে কোনটি বেশি সমযোজী; ব্যাখ্যা করো। [দি. বো. ২০২২]

(গ) AlF_3 আয়নিক প্রকৃতির হলেও $AlCl_3$ সমযোজী কেন? [রা. বো. ২০২৩]

৩২। (ক) $NaCl$ এর গলনাঙ্ক হলো 801°C; কিন্তু $AlCl_3$ এর গলনাঙ্ক হলো 190°C; এর ব্যাখ্যা দাও।

(খ) $NaCl$ এর চেয়ে $MgCl_2$ এর গলনাঙ্কের মান কম কেন? [রা. বো. ২০২৩]

৩৩। $NaCl$ এর গলনাঙ্ক হলো 801°C; কিন্তু $CuCl$ এর গলনাঙ্ক হলো 422°C; এর ব্যাখ্যা দাও।

৩৪। $FeCl_2$ এর গলনাঙ্ক $FeCl_3$ এর গলনাঙ্ক অপেক্ষা বেশি কেন? [য. বো. ২০২২; দি. বো. ২০২১; চ. বো. ২০১৫]

৩৫। F_2, Cl_2 হলো গ্যাস, Br_2 হলো তরল ও I_2 হলো কঠিন বস্তু; ব্যাখ্যা করো। [য. বো. ২০২৩; ব. বো. ২০২১]

৩৬। (ক) $CaCl_2$ ও $AlCl_3$ এর মধ্যে কোনটি পানিতে বেশি দ্রবণীয়; ব্যাখ্যা করো। [ব. বো. ২০২১; চ.বো. ২০১৬; দি. বো. ২০১৭]

(খ) AgF পানিতে দ্রবণীয়; AgI অদ্রবণীয় কেন? ব্যাখ্যা করো। [ম. বো. ২০২২]

(গ) খাদ্য লবণ CCl_4 দ্রাবকে অদ্রবণীয় কেন? ব্যাখ্যা করো। [ম. বো. ২০২২]

৩৭। (ক) পানি (H_2O) একটি পোলার যৌগ; ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০২৩; দি. বো. ২০২১]

(খ) HCl সমযোজী যৌগ হলেও পানিতে দ্রবণীয় কেন? [রা. বো. ২০২২]

(গ) HF একটি পোলার যৌগ কেন? [মা. বো. ২০২৩]

৩৮। পানির ডাইপোলের কারণ ব্যাখ্যা করো। [রা. বো. ২০১৯]

৩৯। (ক) HF ও H_2O এর মধ্যে HF অধিক পোলার কেন? [সি. বো. ২০২১]

(খ) HCl অপেক্ষা HF এর আয়নিক চরিত্র বেশি কেন? [ঢা. বো. ২০২২]

৪০। (ক) Cl_2 অণু অপোলার; ব্যাখ্যা করো। [দি. বো. ২০১৯]

(খ) O_2 অণু অপোলার কেন; ব্যাখ্যা করো। [ব. বো. ২০২৩]

৪১। (ক) CH_4 অণু অপোলার অণু; ব্যাখ্যা করো। [সি. বো. ২০২১]

(খ) CO_2 অপোলার কেন? [ঢা. বো. ২০২২]

(গ) CO_2 অণু সরলরৈখিক কেন? [সি. বো. ২০২৩]

৪২। পোলারিটি ও পোলারায়নের মধ্যে পার্থক্য লেখ। [সি. বো. ২০১৯]

৪৩। H_2O হলো তরল; কিন্তু H_2S গ্যাসীয়; এর কারণ ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০১৭; দি. বো. ২০২৩; চ. বো. ২০২৩; সি. বো. ২০২১]

বা, H_2S এর স্ফুটনাঙ্কের চেয়ে H_2O এর স্ফুটনাঙ্ক বেশি কেন? [য. বো. ২০১৯]

৪৪। পানি তরল হয় কেন? [চ. বো. ২০২২; য. বো. ২০২১]

৪৫। (ক) হাইড্রোজেন বন্ধন গঠনের শর্তাবলি কী; ব্যাখ্যা করো।

(খ) CH_4 ও H_2O এর স্ফুটনাঙ্কের ভিন্নতার কারণ বিশ্লেষণ করো। [ম. বো. ২০২১]

(গ) CH_4 অপেক্ষা মিথানলের স্ফুটনাঙ্ক বেশি কেন; ব্যাখ্যা করো। [য. বো. ২০২৩]

৪৬। H-বন্ধন ও সমযোজী বন্ধনের মধ্যে পার্থক্য লেখ। [সি. বো. ২০১৯]

৪৭। অর্থোনাইট্রোফেনল ও প্যারানাইট্রোফেনল-এর গলনাঙ্ক ভিন্ন হয় কেন ব্যাখ্যা করো। [কু. বো. ২০১৬, ২০২১]

৪৮। তরল অবস্থায় ইথানয়িক এসিড পলিমার গঠন করে;—ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০২১]

৪৯। CH_3-NH_2 অণুতে কোন প্রকারের আন্তঃআণবিক বল আছে; ব্যাখ্যা করো।

৫০। জীবন রসায়নে H বন্ধনের গুরুত্বের দুটি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা করো।

৫১। $K_2[Co(NH_3)_2Cl_4]$ যৌগে কেন্দ্রীয় পরমাণুর চার্জ সংখ্যা বের করো।

৫২। $[Co(NH_3)_2Cl_4]^{2-}$ আয়নটিতে NH_3 ও Cl এর ভূমিকা ব্যাখ্যা করো।

৫৩। $[Pt(NH_3)Cl_5]^-$ আয়নের নামকরণের নিয়মাবলি ব্যাখ্যা করো।

গ-বিভাগ : বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

❑ সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন :

১। s-ব্লকের মৌল সংখ্যা কয়টি? [ঢা. বো. ২০১৬]

(ক) ১৪টি (খ) ২৪টি (গ) ২৬টি (ঘ) ৩৬টি

২। p-ব্লকের মৌল সংখ্যা কয়টি? [য. বো. ২০১৬]

(ক) ১৪টি (খ) ৩৬টি (গ) ৪১টি (ঘ) ২৭টি

৩। d-ব্লকের মৌল সংখ্যা কয়টি? [ঢা. বো. ২০১৭]

(ক) ১৪টি (খ) ৩৬টি (গ) ৪১টি (ঘ) ২৭টি

৪। কোনো মৌলের পরমাণুর যোজ্যতাস্তরে ns^2np^5 ইলেকট্রন বিন্যাস থাকলে ঐ মৌলের অবস্থান পর্যায় সারণিতে কোন গ্রুপ হবে?

(ক) 15(5A) (খ) 5(5B) (গ) 17(7A) (ঘ) 2(2A)

৫। $_{39}Y$ মৌলটির পর্যায় সারণিতে অবস্থান কোনটি? [ঢা. বো. ২০১৫]

(ক) পর্যায়-5 গ্রুপ-1 (খ) পর্যায়-5 গ্রুপ-2 (গ) পর্যায়-5 গ্রুপ-3 (ঘ) পর্যায়-5 গ্রুপ-13

৬। কোন ইলেকট্রন বিন্যাসটি সঠিক? [ঢা. বো. ২০১৬]

(ক) Zn^{2+} : $[Ar] 3d^{10}$ (খ) Ni^{2+} : $[Ar] d^6 4s^2$ (গ) Fe^{2+} : $[Ar] 3d^4 4s^2$ (ঘ) Cu^{2+} : $[Ar] 3d^6 4s^1$

৭। পর্যায় সারণির কোন শ্রেণির মৌলকে চ্যালকোজেন বলে? [ঢা. বো. ২০১৬; চ. বো. ২০১৯]

(ক) 13 (খ) 14 (গ) 15 (ঘ) 16

৮। প্রথম p-ব্লক মৌল কোনটি? [রা. বো. ২০১৫]

(ক) B (খ) C (গ) S (ঘ) N

৯। 's' ব্লক মৌল কোনটি? [কু. বো. ২০১৫]

(ক) Al (খ) K (গ) Mn (ঘ) As

১০। 'd' ব্লকের প্রথম মৌল কোনটি? [কু. বো. ২০১৫]

(ক) V (খ) Cr (গ) Mn (ঘ) Sc

১১। কোনগুলো অধাতু? [চ. বো. ২০১৫]

(ক) Si, Ge, As (খ) Na. K.Ca (গ) Mg, Al, Sb (ঘ) Ne. Fe Ni

১২। কোনটি মৃৎ-ক্ষার ধাতু?

(ক) Sr (খ) Cs (গ) Sc (ঘ) Si

১৩। বিরল মৃত্তিকা ধাতু কোন্ গ্রুপে অবস্থিত?

(ক) গ্রুপ-1 (খ) গ্রুপ-2 (গ) গ্রুপ-3 (ঘ) গ্রুপ-4

১৪। f ব্লক মৌল সংখ্যা কয়টি? [ব. বো. ২০১৯]

(ক) 27 (খ) 30 (গ) 36 (ঘ) 41

১৫। পর্যায় সারণির কোন্ গ্রুপের মৌলগুলো তীব্র জারক?

(ক) গ্রুপ-1 (খ) গ্রুপ-2 (গ) গ্রুপ-17 (ঘ) গ্রুপ-16

১৬। নিচের কোন যুগলের দুটি মৌলই অষ্টক সম্প্রসারণ ঘটাতে পারে? [কু. বো. ২০১৫]

(ক) Al ও S (খ) Al ও Si (গ) Al ও Sb (ঘ) Si ও P

১৭। নিচের কোন যৌগটি আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়? [ব. বো. ২০১৫]

(ক) C_6H_6 (খ) NaCl (গ) $SiCl_4$ (ঘ) CCl_4

১৮। ns^1 যোজ্যতার মৌল পানিসহ বিক্রিয়ায় কোনটি উৎপন্ন করে? [দি. বো. ২০১৬]

(ক) এসিড (খ) ক্ষার (গ) লবণ (ঘ) ক্ষারক

১৯। দৈত্যাকার অণু গঠন করে কোনটি? [দি. বো. ২০১৬]

(ক) CO_2 (খ) SiO_2 (গ) SO_2 (ঘ) NO_2

২০। কোন যৌগটি সম্ভব নয়? [রা. বো. ২০১৫]

(ক) AlN (খ) NCl_5 (গ) Ca_3N_2 (ঘ) PCl_5

২১। কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাসটি p-ব্লকের মৌল নয়? [ব. বো. ২০১৭]

(ক) He (খ) Ne (গ) Ar (ঘ) Kr

২২। নিচের কোন মৌলটির জারণ সংখ্যা সর্বোচ্চ হতে পারে? [সি. বো. ২০১৭]

(ক) V (খ) Co (গ) Cr (ঘ) Fe

২৩। বিজোড় ইলেকট্রন সংখ্যার ক্রম কোনটি সঠিক? [দি. বো. ২০১৭]

(ক) $Mn^{2+} > Fe^{2+} > Cr^{3+}$ (খ) $Mn^{2+} > Cr^{3+} > Fe^{2+}$

(গ) $Fe^{2+} > Cr^{3+} > Mn^{2+}$ (ঘ) $Cr^{3+} > Mn^{2+} > Fe^{2+}$

২৪। Ni^{2+} আয়নে অযুগ্ম বা বিজোড় ইলেকট্রন সংখ্যা কয়টি?

(ক) ৮টি (খ) ৬টি (গ) ৪টি (ঘ) ২টি

২৫। PH_4^+ আয়নে কতটি ইলেকট্রন বিদ্যমান? [সি. বো. ২০১৫]

(ক) 20 (খ) 19 (গ) 18 (ঘ) 15

২৬। নিচের কোনটি প্যারামাগনেটিক? [সি. বো. ২০১৫]

(ক) Zn (খ) Cu (গ) Ca (ঘ) Mg

২৭। কোনটি Mn ধাতুর অস্থিতিশীল জারণ মান? [সি. বো. ২০১৫]

(ক) + 2 (খ) + 7 (গ) + 4 (ঘ) + 3

২৮। $[Co(NH_3)_4Cl_2]Cl$ যৌগের Co এর সন্নিবেশ সংখ্যা কত?

(ক) ২ (খ) ৪ (গ) ৬ (ঘ) ৭

২৯। $[Cr(H_2O)_4Cl_2]Br$ এ Cr এর জারণ মান কত? [ব. বো. ২০১৫]

(ক) + 2 (খ) + 3 (গ) – 2 (ঘ) + 6

৩০। $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ এ Cu এবং NH_3 এর মধ্যে কোন ধরনের বন্ধন বিদ্যমান? [কু. বো. ২০১৫]
(ক) আয়নিক বন্ধন (খ) সমযোজী বন্ধন (গ) সন্নিবেশ বন্ধন (ঘ) ধাতব বন্ধন

৩১। $[Fe(CN)_6]^{4-}$ আয়নের কেন্দ্রীয় পরমাণুর কী ধরনের সংকরণ ঘটে? [ঢা. বো. ২০১৭]
(ক) sp^3d^2 (খ) sp^3d (গ) sp^3d^3 (ঘ) d^2sp^3

৩২। নিচের কোন আয়নটি রঙিন যৌগ গঠন করে? [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮; কু. বো. ২০১৫]
(ক) Sc^{3+} (খ) Mg^{2+} (গ) Zn^{2+} (ঘ) Ni^{2+}

৩৩। কোনটি রঙিন যৌগ? [ঢা. বো. ২০১৯; য. বো. ২০১৫]
(ক) Cu_2Cl_2 (খ) $CoCl_2$ (গ) $ScCl_3$ (ঘ) $MgCl_2$

৩৪। নিচের কোনটির ক্ষেত্রে d-অরবিটালের অস্তিত্ব বিদ্যমান? [য. বো. ২০১৫]
(ক) K (খ) Ca (গ) Ar (ঘ) Sc

৩৫। নিচের কোন্ আয়নের আকার সবচেয়ে ছোটো হবে?
(ক) F^- (খ) O^{2-} (গ) N^{3-} (ঘ) Na^+

৩৬। নিচের কোন্ আয়নটির আকার সবচেয়ে ছোটো? [মাদ্রাসা বো. ২০১৭]
(ক) Na^+ (খ) Mg^{2+} (গ) Be^{2+} (ঘ) Ca^{2+}

৩৭। আয়ন/পরমাণুর আকার সম্পর্কিত কোন ক্রমটি সঠিক? [দি. বো. ২০১৫]
(ক) Al > Mg > Na (খ) Na > Ne > F (গ) $Al^{3+} > Mg^2 > Na^+$ (ঘ) $Na^+ > Mg^{2+} > Al^{3+}$

৩৮। ২য় পর্যায়ের মৌলের পরমাণুর ক্ষেত্রে নিচের কোনটির পারমাণবিক ব্যাসার্ধ সবচেয়ে বড়ো?
(ক) $1s^22s^22p^3$ (খ) $1s^22s^22p^1$ (গ) $1s^22s^2$ (ঘ) $1s^22s^1$

৩৯। নিচের কোনটির আকার সবচেয়ে ছোটো? [কু. বো. ২০১৭]
(ক) O (খ) N (গ) C (ঘ) Li

৪০। দুটি মৌল A ও B। এদের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ হলো যথাক্রমে r_A ও r_B এবং সমযোজী বন্ধন দূরত্ব হলো d_{AB} তখন নিচের কোনটি সঠিক হবে? [য. বো. ২০১৭]
(ক) $r_A + r_B = d_{AB}$ (খ) $r_A + r_B < d_{AB}$ (গ) $r_A + r_B > d_{AB}$ (ঘ) $r_A - r_B = d_{AB}$

৪১। A ও B পরমাণুর ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 37 pm ও 99 pm হলে AB সমযোজী যৌগের বন্ধন দূরত্ব কত? [ঢা. বো. ২০১৬]
(ক) 120 pm (খ) 136 pm (গ) 173 pm (ঘ) 180 pm

৪২। পর্যায় সারণিতে একই পর্যায়ে বাম হতে ডানদিকের মৌলগুলোর ক্ষেত্রে কোন তথ্যটি সঠিক? [ঢা. বো. ২০১৫]
(ক) আয়নীকরণ শক্তি বৃদ্ধি পায় (খ) ইলেকট্রন আসক্তি হ্রাস পায়
(গ) তড়িৎ-ঋণাত্মকতা অপরিবর্তিত থাকে (ঘ) পরমাণুর আকার বাড়তে থাকে

৪৩। ইলেকট্রন ত্যাগ করে ধনাত্মক আয়নে পরিণত হতে যে শক্তির প্রয়োজন হয়, তাকে কী বলে? [ঢা. বো. ২০১৫]
(ক) ইলেকট্রন আসক্তি (খ) তড়িৎ-ঋণাত্মকতা (গ) আয়নিক পটেনসিয়াল (ঘ) আয়নীকরণ শক্তি

৪৪। তৃতীয় পর্যায়ের প্রথম চারটি মৌলের কোন ধর্মটি ক্রমাগত বৃদ্ধি পায়? [দি. বো. ২০১৫]
(ক) পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (খ) আয়নীকরণ শক্তি (গ) মৌলের গলনাঙ্ক (ঘ) ধাতব ধর্ম

৪৫। কোনটির আয়নীকরণ শক্তি বেশি? [দি. বো. ২০১৫; কু. বো. ২০১৯; ব. বো. ২০১৯]
(ক) কার্বন (খ) নাইট্রোজেন (গ) অক্সিজেন (ঘ) ফসফরাস

৪৬। কোন মৌলের প্রথম আয়নীকরণ বিভব সবচেয়ে বেশি? [কু. বো. ২০১৫]
(ক) Na (খ) K (গ) Rb (ঘ) Li

৪৭। আয়নীকরণ শক্তির সঠিক ক্রম কোনটি?

(ক) $E_1 < E_3 < E_2$ (খ) $E_1 > E_2 > E_3$ (গ) $E_3 > E_1 > E_2$ (ঘ) $E_1 < E_2 < E_3$

৪৮। আয়নীকরণ বিভবের ক্ষেত্রে কোনটি সঠিক?

(ক) Be < B (খ) Mg < Al (গ) N < O (ঘ) S < P

৪৯। কোনটির আয়নীকরণ শক্তির মান সর্বনিম্ন? [চ. বো. ২০১৫]

(ক) Na (খ) Mg (গ) Cs (ঘ) Ca

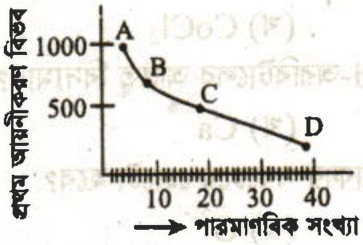
৫০। উদ্দীপকের উল্লিখিত মৌলসমূহের সক্রিয়তার ক্রম কোনটি সঠিক? [কু. বো. ২০১৫]

(ক) A > B > C > D

(খ) D > C > B > A

(গ) A > B > D > C

(ঘ) D > C > A > B



৫১। আয়নীকরণ বিভবের ক্ষেত্রে নিচের কোন ক্রমটি সঠিক? [দি. বো. ২০১৭]

(ক) O < N < B < Be (খ) N < O < Be < B (গ) Be < B < O < N (ঘ) B < Be < O < N

৫২। হ্যালোজেনসমূহের ইলেকট্রন আসক্তির সঠিক ক্রম কোনটি?

(ক) Cl > F > Br > I (খ) F > Cl > Br > I (গ) Cl > Br > F > I (ঘ) I > Br > Cl > F

৫৩। কোনটির ইলেকট্রন আসক্তির মান সর্বনিম্ন? [য. বো. ২০১৭]

(ক) F (খ) O (গ) Ca (ঘ) Si

৫৪। চারটি হ্যালোজেনের ইলেকট্রন আসক্তির মান (kJ/mol) নিম্নরূপ; এদের মধ্যে কোন্‌টির অ্যানায়ন গঠনের প্রবণতা বেশি হবে?

(ক) F(–328) (খ) Br (–325) (গ) Cl (–349) (ঘ) I (–295)

৫৫। কোন মৌলটির ইলেকট্রন আসক্তি সবচেয়ে বেশি? [কু. বো. ২০১৫]

(ক) N (খ) Cl (গ) O (ঘ) F

৫৬। ইলেকট্রন আসক্তির ক্ষেত্রে নিচের কোন ক্রমটি সঠিক? [কু. বো. ২০১৬; রা. বো. ২০১৬; য. বো. ২০১৫]

(ক) F > Cl > Br > I (খ) Cl > F > Br > I (গ) I > Br > Cl > F (ঘ) Cl > Br > I > F

৫৭। পাউলিং স্কেলে অক্সিজেনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান কত? [চ. বো. ২০১৫]

(ক) 2.5 (খ) 3.0 (গ) 3.5 (ঘ) 4.0

৫৮। তড়িৎ-ঋণাত্মকতার ক্ষেত্রে সঠিক ক্রম হবে কোনটি?

(ক) Mg > Al < Si (খ) Si < S < Na (গ) Na > Mg > Al (ঘ) Si < S < Cl

৫৯। A ও B দুটি মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা যথাক্রমে 2.1 এবং 2.5 হলে, এদের সমন্বয়ে গঠিত যৌগের প্রকৃতি কিরূপ? [ব. বো. ২০১৫]

(ক) সমযোজী (খ) আয়নিক (গ) সন্নিবেশ (ঘ) পোলার

৬০। নিচের কোন মৌলটি অম্লীয় অক্সাইড ও অম্লীয় হাইড্রক্সাইড যৌগ গঠন করে? [য. বো. ২০১৫]

(ক) সোডিয়াম (খ) ম্যাগনেসিয়াম (গ) ফ্লোরিন (ঘ) সালফার

৬১। কোন অক্সাইডটি অম্লধর্মী? [দি. বো. ২০১৫]

(ক) SiO_2 (খ) Al_2O_3 (গ) H_2O (ঘ) Na_2O

৬২। SiO_2 কোন ধর্মী অক্সাইড?
(ক) অম্লীয় (খ) ক্ষারীয় (গ) উভধর্মী (ঘ) নিরপেক্ষ

৬৩। নিচের কোন অক্সাইডটি সবচেয়ে বেশি অম্লধর্মী? [দি. বো. ২০১৬; রা. বো. ২০১৯]
(ক) SiO_2 (খ) P_2O_3 (গ) SO_3 (ঘ) Cl_2O_7

৬৪। নিচের কোনটি সুপার অক্সাইড? [য. বো. ২০১৬]
(ক) KO_2 (খ) Pb_3O_4 (গ) MnO_2 (ঘ) Na_2O_2

৬৫। কোন অক্সাইডটি সবচেয়ে বেশি অম্লধর্মী হবে? [কু. বো. ২০১৫]
(ক) SiO_2 (খ) Cl_2O_7 (গ) P_2O_5 (ঘ) SO_3

৬৬। কোন অক্সাইডটি উভধর্মী? [চ. বো. ২০১৫]
(ক) MgO (খ) Al_2O_3 (গ) CO_2 (ঘ) Na_2O

৬৭। উভধর্মী অক্সাইড নিচের কোনটি? [ব. বো. ২০১৬]
(ক) BeO (খ) Na_2O (গ) CO_2 (ঘ) MgO

৬৮। SO_2 অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ অবস্থা কোনটি? [য. বো. ২০১৭]
(ক) sp^3d (খ) sp^3 (গ) sp^2 (ঘ) sp

৬৯। NH_4^+ আয়নে কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ কীরূপ? [চ. বো. ২০১৭]
(ক) sp (খ) sp^2 (গ) sp^3 (ঘ) sp^3d

৭০। XeF অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুতে কোন প্রকার সংকরণ ঘটে? [দি. বো. ২০১৭]
(ক) sp (খ) sp^2d (গ) sp^3d^2 (ঘ) sp^3d

৭১। গ্রাফাইটে কোন ধরনের সংকরণ ঘটে? [রা. বো. ২০১৫]
(ক) sp^3 (খ) sp^2 (গ) sp (ঘ) sp^3d

৭২। NH_4^+ ও PH_4^+ আয়নের সংকরায়ন কোনটি? [য. বো. ২০১৭; দি. বো. ২০১৫]
(ক) sp (খ) sp^2 (গ) sp^3 (ঘ) sp^3d

৭৩। যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুটি d^3sp^3 সংকরিত হলে আকৃতি কীরূপ হয়? [সি. বো. ২০১৫]
(ক) ত্রিকোণীয় দ্বি-পিরামিড (খ) পঞ্চভুজীয় দ্বি-পিরামিডীয় (গ) অষ্টতলকীয় (ঘ) সমতলীয় বর্গাকার

৭৪। কোন সংকরায়ন হলে π বন্ধন গঠিত হয়? [ব. বো. ২০১৫]
(ক) sp^3 (খ) sp^2 (গ) dsp^2 (ঘ) d^2sp^2

৭৫। C_2H যৌগে C পরমাণুর কোন প্রকার সংকরণ ঘটেছে? [য. বো. ২০১৬]
(ক) dsp^2 (খ) sp^3 (গ) sp^2 (ঘ) sp

৭৬। sp^3 সংকরিত যৌগ নয় কোনটি? [ব. বো. ২০১৬]
(ক) BF_3 (খ) NH_3 (গ) H_2O (ঘ) CH_4

৭৭। বেনজিনে কয়টি π বন্ধ বিদ্যমান? [চ. বো. ২০১৫]
(ক) ১২টি (খ) ৯টি (গ) ৬টি (ঘ) ৩টি

৭৮। ইথিলিনে কার্বন-কার্বন কী সংকরণ বিদ্যমান?
(ক) sp (খ) sp^2 (গ) sp^3 (ঘ) sp^3d

৭৯। নিচের কোন যৌগটিতে সঞ্চরণ অক্ষম পাই (π) ইলেকট্রন আছে? [য. বো. ২০১৫; সি. বো. ২০১৬]
(ক) C_2H_4 (খ) C_2H_6 (গ) C_6H_6 (ঘ) C_3H_8

৮০। নিচের কোনটি সন্নিবেশ বন্ধন গঠন করে না? [চ. বো. ২০১৫]
(ক) H_2O (খ) NH_3 (গ) BCl_3 (ঘ) CCl_4

৮১। নিচের কোন যৌগটির গলনাঙ্ক সবচেয়ে কম? [সি. বো. ২০১৬]
(ক) LiCl (খ) NaCl (গ) KCl (ঘ) CsCl

৮২। নিচের কোন যৌগটি অধিক সমযোজী? [সি. বো. ২০১৬]
(ক) $MgCl_2$ (খ) $CaCl_2$ (গ) $AlCl_3$ (ঘ) $FeCl_3$

৮৩। H_2O অণুর বা পানির বন্ধন কোণ কত? [ব. বো. ২০১৭; ঢা. বো. ২০১৫; কু. বো. ২০১৯]
(ক) 104.5° (খ) 107° (গ) 109.5° (ঘ) 180°

৮৪। কোন যৌগটির বন্ধন কোণ সবচেয়ে ছোটো? [সি. বো. ২০১৫; দি. বো. ২০১৬]
(ক) H_2O (খ) NCl_3 (গ) H_2S (ঘ) PH_3

৮৫। নিচের কোনটির বন্ধন কোণ সবচেয়ে বেশি?
(ক) মিথেন (খ) অ্যামোনিয়া (গ) পানি (ঘ) কার্বন ডাই-অক্সাইড

৮৬। $SiCl_4$, BF_3 ও NH_3 যৌগগুলোতে বন্ধন কোণের সঠিক ক্রম কোনটি? [য. বো. ২০১৫]
(ক) $SiCl_4 > BF_3 > NH_3$ (খ) $NH_3 > BF_3 > SiCl_4$
(গ) $BF_3 > NH_3 > SiCl_4$ (ঘ) $BF_3 > SiCl_4 > NH_3$

৮৭। NCl_3 অণুর আকৃতি কীরূপ? [দি. বো. ২০১৫]
(ক) ত্রিভুজাকার (খ) পিরামিডীয় (গ) চতুস্তলকীয় (ঘ) কৌণিক

৮৮। CH_4, NH_3, H_2S ও H_2O এর বন্ধন কোণের ক্রম কোনটি? [সি. বো. ২০১৯]
(ক) $NH_3 > CH_4 > H_2O > H_2S$ (খ) $CH_4 > NH_3 > H_2O > H_2S$
(গ) $H_2O > NH_3 > CH_4 > H_2S$ (ঘ) $CH_4 > H_2O > NH_3 > H_2S$

৮৯। PCl_5 অণুর গঠন কী রূপ? [য. বো. ২০১৬]
(ক) ত্রিকোণাকার দ্বি-পিরামিডীয় (খ) অষ্টতলকীয় (গ) সমতলীয় ত্রিকোণাকার (ঘ) চতুস্তলকীয়

৯০। বন্ধন কোণের কোন ক্রমটি সঠিক? [য. বো. ২০১৭]
(ক) $NH_3 > PH_3 > AsH_3 > SbH_3$ (খ) $PH_3 > AsH_3 > SbH_3 > NH_3$
(গ) $AsH_3 > SbH_3 > NH_3 > PH_3$ (ঘ) $SbH_3 > NH_3 > PH_3 > AsH_3$

৯১। XeF_6 যৌগে মুক্তজোড় ইলেকট্রনের সংখ্যা কয়টি? [কু. বো. ২০১৫]
(ক) ১টি (খ) ২টি (গ) ৩টি (ঘ) ৪টি

৯২। নিচের কোন যৌগের অণুতে মুক্ত জোড় ইলেকট্রন বা নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল সংখ্যা সর্বাধিক? [সি. বো. ২০১৭]
(ক) HCl (খ) NH_3 (গ) H_2O (ঘ) H_2S

৯৩। NH_3 অণুর জ্যামিতিক আকৃতি বিকৃত চতুস্তলকীয় হওয়ার কারণ কী? [ব. বো. ২০১৫]
(ক) বন্ধন জোড়-বন্ধন জোড় ইলেকট্রন বিকর্ষণ (খ) বন্ধন জোড়-মুক্ত জোড় ইলেকট্রনের আকর্ষণ
(গ) বন্ধন জোড়-মুক্ত জোড় ইলেকট্রনের বিকর্ষণ (ঘ) বন্ধন জোড়-বন্ধন জোড় ইলেকট্রনের আকর্ষণ

৯৪। নিচের কোনটির গলনাঙ্ক কম? [চ. বো. ২০১৫]
(ক) NaCl (খ) $AlCl_3$ (গ) KCl (ঘ) $CaCl_2$

৯৫। NaCl এর গলনাঙ্ক কত? [ঢা. বো. ২০১৬]
(ক) 776°C (খ) 801°C (গ) 826°C (ঘ) 862°C

৯৬। নিচের কোন যৌগটির গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কের মান সবচেয়ে বেশি? [দি. বো. ২০১৭]
(ক) $CaCl_2$ (খ) $FeCl_2$ (গ) $CuCl_2$ (ঘ) $ZnCl_2$

৯৭। নিচের কোন আয়নটি অ্যানায়নকে অধিক পোলারিত করতে পারবে?
(ক) Na^+ (খ) Mg^{2+} (গ) Al^{3+} (ঘ) Fe^{3+}

৯৮। নিচের কোন আয়নিক যৌগটিতে সবচেয়ে বেশি পোলারায়ন ঘটে? [কু. বো. ২০১৫]
(ক) $LiCl$ (খ) $BeCl_2$ (গ) $NaCl$ (ঘ) $MgCl_2$

৯৯। নিচের কোন আয়নের পোলারায়ন কম ঘটে? [কু. বো. ২০১৫]
(ক) Cl^- (খ) F^- (গ) Br^- (ঘ) I^-

১০০। নিচের কোন সালফেট লবণ পানিতে অদ্রবণীয়? [ব. বো. ২০১৫]
(ক) $CuSO_4$ (খ) Na_2SO_4 (গ) $Al_2(SO_4)_3$ (ঘ) $BaSO_4$

১০১। আয়নিক বন্ধনে ক্যাটায়নের পোলারায়ন ক্ষমতার ক্রম নিম্নের কোনটি সঠিক?
(ক) $H^+ > Na^+ > K^+$ (খ) $H^+ > K^+ > Na^+$ (গ) $K^+ > Na^+ > H^+$ (ঘ) $Na^+ > K^+ > H^+$

১০২। নিচের কোনটির অণুতে পোলারায়ন বেশি ঘটে?
(ক) AgF (খ) $AgCl$ (গ) $AgBr$ (ঘ) AgI

১০৩। নিচের যৌগগুলোর কোনটিতে সমযোজী বৈশিষ্ট্য সবচেয়ে বেশি?
(ক) $NaCl$ (খ) CsF (গ) $CaCl_2$ (ঘ) $AlCl_3$

১০৪। নিচের কোন যৌগের সমযোজী বৈশিষ্ট্য অধিক? [ঢা. বো. ২০১৬]
(ক) $AgCl$ (খ) AgF (গ) AgI (ঘ) $AgBr$

১০৫। নিচের কোন যৌগটি অধিক সমযোজী? [চ. বো. ২০১৭]
(ক) $LiCl$ (খ) $NaCl$ (গ) KCl (ঘ) $CsCl$

১০৬। কোনটি পোলার অণু?
(ক) CH_4 (খ) CCl_4 (গ) H_2O (ঘ) HI

১০৭। নিচের কোন্‌টি অপোলার যৌগ? [চ. বো. ২০১৭]
(ক) CCl_4 (খ) $CHCl_3$ (গ) CH_3OH (ঘ) HF

১০৮। হাইড্রোজেন বন্ধন থাকে কোনটিতে? [রা. বো. ২০১৫]
(ক) NH_3 (খ) CH_4 (গ) H_2S (ঘ) HI

১০৯। নিচের কোন যৌগে H-বন্ধন থাকে? [ঢা. বো. ২০১৬]
(ক) HCl (খ) H_2S (গ) CH_3COOH (ঘ) $CHCl_3$

১১০। ইথানয়িক এসিডের ডাইমারে কয়টি হাইড্রোজেন বন্ধন বিদ্যমান? [রা. বো. ২০১৫]
(ক) 1 (খ) 2 (গ) 3 (ঘ) 4

১১১। H-বন্ধন ঘটে না নিচের কোন যৌগে? [ব. বো. ২০১৬]
(ক) CH_4 (খ) NH_3 (গ) HF (ঘ) H_2O

১১২। নিচের কোন যৌগে অন্তঃআণবিক H বন্ধন আছে? [দি. বো. ২০১৬]
(ক) স্যালিসাইলিক এসিড (খ) পানি (গ) ফেনল (ঘ) অ্যামোনিয়া

১১৩। ভ্যান্ডার ওয়ালস আকর্ষণ বলের অণুসমূহ কীরূপ হয়?
(ক) পোলার সমযোজী (খ) অপোলার সমযোজী (গ) আয়নিক (ঘ) ডাইপোল

১১৪। পোলারায়ন প্রক্রিয়ার সাথে সম্পর্কিত যৌগ কোনটি? [সি. বো. ২০১৭]
(ক) H-বন্ধনযুক্ত যৌগ (খ) সমযোজী যৌগ (গ) সন্নিবেশ যৌগ (ঘ) আয়নিক যৌগ

১১৫। নিচের কোনটি সঠিক হবে? [রা. বো. ২০১৬]
(ক) আকারের সঠিক ক্রম হলো $Mg^{2+} > Na^{+} > Al^{3+}$ (খ) Al_2O_3 এর অম্লত্ব হলো 3
(গ) C_2H_6 যৌগে সিগমা বন্ধন সংখ্যা 6টি (ঘ) অর্থোনাইট্রোফেনলে অন্তঃআণবিক H-বন্ধন আছে

১১৬। হাইড্রাসিডের তীব্রতা কিসের ওপর নির্ভর করে? [সি. বো. ২০১৬]
(ক) কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণ সংখ্যা (খ) কেন্দ্রীয় পরমাণুর চার্জ ঘনত্ব
(গ) অ্যানায়নের আকার (ঘ) ক্যাটায়নের আকার

১১৭। নিচের কোনটি সাধারণ অবস্থায় তরল? [ঢা. বো. ২০১৬; য. বো. ২০১৫]
(ক) F_2 (খ) Cl_2 (গ) Br_2 (ঘ) I_2

১১৮। পানিগ্রাহী পদার্থ কোনটি? [কু. বো. ২০১৫]
(ক) NaCl (খ) $CaCl_2$ (গ) $MgCl_2$ (ঘ) $ZnCl_2$

১১৯। নিচের এসিডগুলোর মধ্যে কোনটি 'পাইরো' এসিড? [চ. বো. ২০১৬]
(ক) $HClO_4$ (খ) H_3PO_3 (গ) H_2SO_4 (ঘ) $H_2S_2O_7$

১২০। নিচের এসিডগুলোর মধ্যে কোনটি 'হাইপো' এসিড? [ঢা. বো. ২০১৬]
(ক) H_3PO_3 (খ) H_3PO_2 (গ) H_3PO_4 (ঘ) HPO_3

১২১। হাইড্রোনিয়াম আয়নে কোন্ কোন্ বন্ধন বিদ্যমান? [রা. বো. ২০১৭]
(ক) আয়নিক ও সমযোজী বন্ধন (খ) সমযোজী ও সন্নিবেশ বন্ধন
(গ) আয়নিক ও সন্নিবেশ বন্ধন (ঘ) আয়নিক ও H-বন্ধন

১২২। নিচের কোন যৌগের আকৃতি সরলরৈখিক? [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮; কু. বো. ২০১৭]
(ক) কার্বন ডাইঅক্সাইড (খ) জেনন টেট্রাফ্লোরাইড (গ) ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড (ঘ) বোরন ট্রাইফ্লোরাইড

১২৩। কোনটি রাসায়নিক বৈশিষ্ট্য? [য. বো. ২০১৭]
(ক) ঘনত্ব (খ) দ্রাব্যতা (গ) অম্লত্ব (ঘ) গলনাঙ্ক

১২৪। নিচের কোন বন্ধনের উপস্থিতির কারণে পানি কক্ষতাপমাত্রায় তরল? [ব. বো. ২০১৭]
(ক) আয়নিক বন্ধন (খ) সমযোজী বন্ধন (গ) সন্নিবেশ বন্ধন (ঘ) H-বন্ধন

*** বিভিন্ন বিশ্ববিদ্যালয়, বুয়েট ও মেডিকেলে ভর্তি পরীক্ষায় MCQ's :**

১২৫। নিচের কোনটি অধিক শক্তিশালী ক্ষার? [মেডিকেল: ২০১৭]
(ক) NaOH (খ) KOH (গ) $Ca(OH)_2$ (ঘ) NH_4OH

১২৬। নিচের কোনটি রঙিন আয়ন হবে? [মেডিকেল: ২০১৭]
(ক) Ca^{2+} (খ) Ni^{2+} (গ) Hg^{2+} (ঘ) Zn^{2+}

১২৭। নিচের কোনটির জারণ ক্ষমতা বেশি বা অধিক জারণধর্মী? [মেডিকেল: ২০১৭]
(ক) F_2 (খ) Cl_2 (গ) I_2 (ঘ) Br_2

১২৮। নিচের কোন যৌগটির গঠন আকৃতি চতুস্তলকীয় নয়? [ঢা. বি. ২০১৭]
(ক) CCl_4 (খ) NH_4^+ (গ) CH_4 (ঘ) SF_4

১২৯। $CH_3–CH=CH_2$ যৌগে কার্বন পরমাণুগুলোর সংকরণ কীরূপ? [ঢা. বি. ২০১৭]
(ক) sp, sp^2 (খ) sp, sp^3 (গ) sp^2, sp^3 (ঘ) sp, sp^2, sp^3

১৩০। গ্যাসীয় অবস্থায় এক মোল পরমাণুতে এক মোল ইলেকট্রন যুক্ত হলে যে শক্তির পরিবর্তন হয় তাকে কী বলে? [ঢা. বি. ২০১৭]
(ক) ইলেকট্রোনেগেটিভিটি (খ) ২য় ইলেকট্রন আসক্তি (গ) ১ম ইলেকট্রন আসক্তি (ঘ) ১ম আয়নীকরণ শক্তি

১৩১। নিচের কোন মৌলটির আয়নীকরণ শক্তি সবচেয়ে বেশি? [ঢা. বি. ২০১৬]
(ক) Na (খ) K (গ) Rb (ঘ) Cs

১৩২। নিচের কোন মৌলটি f-ব্লক মৌল নয়? [বুয়েট ২০১৬]
(ক) Ce (খ) Th (গ) Np (ঘ) Sm

১৩৩। নিচের কোন বন্ধনটি সবচেয়ে দুর্বল বা কম শক্তি সম্পন্ন? [জা. বি. ২০১৭]
(ক) আয়নিক বন্ধন (খ) সমযোজী বন্ধন (গ) ধাতব বন্ধন (ঘ) সন্নিবেশ বন্ধন

১৩৪। নিচের কোনটি পানিতে দ্রবণীয়? [জা. বি. ২০১৬]
(ক) $CaCO_3$ (খ) $ZnCO_3$ (গ) $Pb(NO_3)_2$ (ঘ) কোনোটিই নয়

১৩৫। নিচের কোন যৌগটিতে সবচেয়ে শক্তিশালী H-বন্ধন থাকে? [ঢা. বি. ২০১৬]
(ক) ইথানল (খ) ইথানোয়িক এসিড (গ) পানি (ঘ) অ্যামোনিয়া

১৩৬। $CH_2=CHCH_2CHO$ যৌগটিতে যথাক্রমে σ এবং π বন্ধনের সংখ্যা কত? [ঢা. বি. ২০১৬]
(ক) 9, 2 (খ) 8, 4 (গ) 10, 1 (ঘ) 10, 2

১৩৭। অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড কীরূপে থাকে? [রা. বি. ২০১৬]
(ক) মনোমার (খ) ডাইমার (গ) ট্রাইমার (ঘ) পলিমার

১৩৮। স্ফুটনাঙ্কের ক্রম অনুসারে নিচের কোন সেট সঠিক? [বুয়েট: ২০১৬]
(ক) $CH_4 < NH_3 < H_2O < HF$ (খ) $NH_3 < CH_4 < H_2O < HF$
(গ) $HF < CH_4 < NH_3 < H_2O$ (ঘ) $CH_4 < NH_3 < HF < H_2O$

১৩৯। নিচের কোন অক্সাইড পানিতে মিশালে সবচেয়ে বেশি অম্লীয় দ্রবণ তৈরি করে? [বুয়েট ২০১৬]
(ক) CO (খ) CO_2 (গ) SiO_2 (ঘ) P_2O_5

১৪০। নিচের কোন অক্সাইডটি শুষ্ককারক হিসেবে কাজ করে? [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]
(ক) N_2O_5 (খ) P_2O_5 (গ) Cl_2O_5 (ঘ) V_2O_5

১৪১। PCl_5 এ কোন ধরনের সংকরণ বা হাইব্রিডাইজেশন বিদ্যমান? [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]
(ক) sp (খ) sp^2 (গ) sp^3 (ঘ) sp^3d

১৪২। $[Cu(NH_3)_4]Cl_2$ যৌগে মোট কয়টি বন্ধন বিদ্যমান? [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]
(ক) 6 (খ) 8 (গ) 14 (ঘ) 18

১৪৩। বেনজিনে সিগমা বন্ধন কয়টি? [চ. বো. ২০১৯]
(ক) 10 টি (খ) 12 টি (গ) 14 টি (ঘ) 16 টি

১৪৪। কোনটির আয়নিক ব্যাসার্ধ সবচেয়ে ছোটো? [চ. বো. ২০১৯]
(ক) O^{2-} (খ) Na^+ (গ) Al^{3+} (ঘ) Mg^{2+}

১৪৫। $Ca_3N_2 + 3H_2O \longrightarrow 3Ca(OH)_2 + X$; এক্ষেত্রে X যৌগটি কী? [য. বো. ২০১৯]
(ক) NO_2 (খ) HNO_3 (গ) N_2 (ঘ) NH_3

১৪৬। $BeCl_2$ যৌগের অণুর বন্ধন কোণ কত? [চ. বো. ২০১৯]
(ক) 104.5° (খ) 107° (গ) 109° (ঘ) 180°

১৪৭। কোনটির গলনাঙ্ক সবচেয়ে কম? [চ. বো. ২০১৯]
(ক) AgF (খ) AgCl (গ) AgBr (ঘ) AgI

১৪৮। বরফের গঠনে একটি অক্সিজেন পরমাণুতে কয়টি H-বন্ধন বিদ্যমান? [ঢা. বো. ২০১৯]

(ক) 2 (খ) 3 (গ) 4 (ঘ) 5

১৪৯। নিচের কোন যৌগে অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা $-\frac{1}{2}$ হয়? [ঢা. বো. ২০১৯]

(ক) Na_2O_2 (খ) H_2O_2 (গ) K_2O (ঘ) KO_2

১৫০। পানিতে নিচের কোন পদার্থের দ্রাব্যতা বেশি? [রা. বো. ২০১৯]

(ক) NaCl (খ) $CaCl_2$ (গ) $BaCl_2$ (ঘ) $AlCl_3$

❑ **বহুপদি সমাপ্তিসূচক প্রশ্ন :**

১৫১। p-ব্লকের জন্য প্রযোজ্য— [রা. বো. ২০১৫]

i. ডাইমারের সংখ্যা অধিক ii. নিষ্ক্রিয় গ্যাস অন্তর্ভুক্ত নয় iii. s-ব্লক মৌলের বিকারক হিসেবে কম শক্তিশালী

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৫২। উদ্দীপকের X, Y ও W মৌলের ক্ষেত্রে— [কু. বো. ২০১৫]

পর্যায় / গ্রুপ	13	14
2	W	
3	W	Y

i. X এর হ্যালাইড অষ্টক অসম্পূর্ণ যৌগ

ii. W ও Y এর মধ্যে কর্ণ সম্পর্ক বিদ্যমান

iii. X এর হ্যালাইডের জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৫৩। নিচের দুটি মৌল একই ব্লকের অন্তর্ভুক্ত— [কু. বো. ২০১৫]

i. Si, B ii. Ga. S iii. Se. F

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৫৪। পর্যায় সারণির গ্রুপ IA এর মৌলসমূহের বেলায় যতই নিচের দিকে যাওয়া যায় ততই—

i. ইলেকট্রনের একটি নতুন স্তর যুক্ত হয় ii. পারমাণবিক ব্যাসার্ধ হ্রাস পায়

iii. যোজ্যতা ইলেকট্রন (ns^1) নিউক্লিয়াস থেকে দূরে সরে যাওয়ায় ধাতুর সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায়

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৫৫। $[Ar]\,3d^{10}4s^0$ ইলেকট্রন বিন্যাস হলো— [চ. বো. ২০১৫]

i. Cu^+ আয়ন ii. Zn^{++} আয়ন iii. Fe^{++} আয়ন

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৫৬। নিচের আয়ন রঙিন হয়— [ব. বো. ২০১৫]

i. বহিস্তরের ইলেকট্রন ধাপান্তর ঘটলে ii. বহিস্তরে অপূর্ণ 'd' অরবিটাল থাকলে

iii. ইলেকট্রন বিন্যাস $[Ar]\,ns^2\,(n-1)d^0$

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৫৭। $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ আয়নটি— [ব. বো. ২০১৫]

i. অষ্টতলকীয় ii. sp^3d^2 সংকরায়নের মাধ্যমে গঠিত iii. প্যারাচুম্বকীয় হয়

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৫৮। পর্যায় সারণির যেকোনো গ্রুপের ওপর থেকে নিচের দিকে মৌলের— [রা. বো. ২০১৬; ঢা. বো. ২০১৯]

i. অধাতব বৈশিষ্ট্য হ্রাস পায় ii. ধাতুর সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায় iii. আয়নীকরণ শক্তি হ্রাস পায়

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৫৯। আয়নিক বন্ধন গঠনের জন্য প্রয়োজনীয় শর্ত— [সি. বো. ২০১৫]

i. ধাতুর নিম্ন আয়নীকরণ শক্তি ii. যৌগের উচ্চ ল্যাটিস শক্তি iii. অধাতুর উচ্চ ইলেকট্রন আসক্তি

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৬০। আয়নিক যৌগের জন্য প্রযোজ্য— [রা. বো. ২০১৫]

i. স্থির তড়িৎ বল ii. CCl_4 এ দ্রবণীয় iii. দ্রবণ তাপ = হাইড্রেশন তাপ—ল্যাটিস তাপ

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৬১। অষ্টক অপূর্ণ যৌগ— [সি. বো. ২০১৫]

i. H_2O ii. BH_3 iii. $BeCl_2$

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৬২। NH_4Cl যৌগটিতে রয়েছে— [সি. বো. ২০১৬]

i. আয়নিক বন্ধন ii. সমযোজী বন্ধন iii. সন্নিবেশ বন্ধন

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

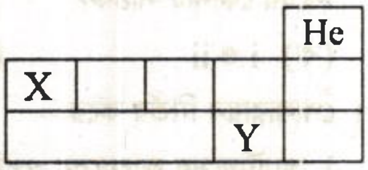
১৬৩। NH_3BF_3 যৌগে বিভিন্ন পরমাণুর মধ্যে বন্ধন আছে—

i. আয়নিক ii. সমযোজী iii. সন্নিবেশ বন্ধন

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৬৪। পার্শ্বের উদ্দীপকের X ও Y দ্বারা গঠিত যৌগটি হলো—



i. একটি জৈব যৌগ

ii. অপোলার যৌগ

iii. এটি পানিতে দ্রবণীয়

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৬৫। অ্যামোনিয়া অণুর ক্ষেত্রে— [ঢা. বো. ২০১৫]

i. নাইট্রোজেনের সংকরণ sp^3 ii. চতুস্তলকীয় iii. মুক্তজোড় ইলেকট্রন বিদ্যমান

নিচের কোন্টি সঠিক?

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

১৬৬। $A(H_2O) \xrightarrow{H^+} B\ (H_3O^+)$; উদ্দীপকের মতে— [ঢা. বো. ২০১৫]

i. A ও B এর আকৃতি একই ii. উভয়ের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ একই

iii. A এর pH = 7

নিচের কোন্টি সঠিক?

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

১৬৭। অ্যামোনিয়া (NH_3) অণুর ক্ষেত্রে— [রা. বো. ২০১৬]

i. lp – bp বিকর্ষণ সংখ্যা ৩টি ii. বন্ধন কোণ 104.5° iii. আকৃতি ত্রিকোণাকার পিরামিড

নিচের কোন্টি সঠিক?

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

১৬৮। BF_3 যৌগের বৈশিষ্ট্য হলো— [ঢা. বো. ২০১৬]

i. B এর sp^2 সংকরণ ii. চতুস্তলকীয় গঠন iii. NH_3 সহ সন্নিবেশ বন্ধন ঘটে

নিচের কোন্টি সঠিক?

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

১৬৯। যে অণুতে sp^3 সংকরণ ঘটে— [সি. বো. ২০১৫]

i. H_2O ii. BH_4^- iii. C_2H_4

নিচের কোন্টি সঠিক?

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

১৭০। sp^3 অরবিটাল সংকরণ ঘটে— [দি. বো. ২০১৭]

i. BF_3 ii. BH_4^- iii. H_2O

নিচের কোন্টি সঠিক?

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

১৭১। চতুস্তলকীয় গঠন আছে— [সি. বো. ২০১৭]

i. NH_4^+ আয়নে ii. CCl_4 অণুতে iii. NH_3 অণুতে

নিচের কোন্টি সঠিক?

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

১৭২। পোলারায়ন নির্ভর করে— [য. বো. ২০১৬]

i. ক্যাটায়নের আকারের ওপর ii. অ্যানায়নের আকারের ওপর

iii. ক্যাটায়নের চার্জ বা আধানের ওপর

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৭৩। বরফের যে বন্ধন আছে তা হলো— [রা. বো. ২০১৫]

i. হাইড্রোজেন বন্ধন ii. সন্নিবেশ বন্ধন iii. সমযোজী বন্ধন

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৭৪। অর্থো-নাইট্রোফেনলে বিদ্যমান— [সি. বো. ২০১৫]

i. সন্নিবেশ বন্ধন ii. হাইড্রোজেন বন্ধন iii. সমযোজী বন্ধন

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৭৫। অন্তঃআণবিক হাইড্রাজেন বন্ধন সম্ভব— [কু. বো. ২০১৫]

i. অর্থোনাইট্রোফেনল ii. অর্থোহাইড্রোক্সি বেনজালডিহাইড iii. স্যালিসাইলিক এসিড

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৭৬। অষ্টক সম্পূর্ণ যৌগ হলো— [ঢা. বো. ২০১৭]

i. H_2O ii. BCl_3 iii. NCl_3

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৭৭। $AlCl_3$ যৌগটি হলো— [রা. বো. ২০১৭]

i. লুইস এসিড ii. অষ্টক অপূর্ণ iii. জলীয় দ্রবণ অম্লীয়

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৭৮। H-বন্ধনের কারণে— [রা. বো. ২০১৭]

i. 19.5°C-এ HF তরল হয় ii. ইথানল পানিতে দ্রবণীয়

iii. ইথানোয়িক এসিড ডাইমার গঠন করে

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৭৯। H_2O অণুর আকৃতি V হওয়ার কারণ— [চ. বো. ২০১৭]

i. দুটি O–H ii. H_2O এর O পরমাণুতে দুটি মুক্ত জোড় ইলেকট্রনের জন্য

iii. তিনটি বন্ধন-জোড় ইলেকট্রনের জন্য

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i (খ) ii (গ) i ও ii (ঘ) ii ও iii

১৮০। P, Q, R এ তিনটি মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান যথাক্রমে 2.1, 3.0 ও 3.4 হলে তখন— [ব. বো. ২০১৭]

i. PQ যৌগটি পোলার সমযোজী ii. PQ এর চেয়ে PR এর আয়নিক বৈশিষ্ট্য কম

iii. QR যৌগটি বিশুদ্ধ সমযোজী

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৮১। অষ্টক অসম্পূর্ণ যৌগ হলো— [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

i. NH_3 ii. BF_3 iii. $AlCl_3$

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৮২। A ও B এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান যথাক্রমে 2.1 ও 2.5 হলে তখন A ও B দ্বারা গঠিত যৌগটি— [চ. বো. ২০১৯]

i. পোলার ii. অপোলার iii. সমযোজী

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৮৩। $AlCl_3$ যৌগের— [য. বো. ২০১৯]

i. ডাইমারে 16 জোড়া ইলেকট্রন আছে ii. ঊর্ধ্বপাতন তাপমাত্রা 180°C iii. বন্ধন কোণ 120° (বা, 118°) হয়

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৮৪। আয়নীকরণ বিভব, ইলেকট্রন আসক্তি ও তড়িৎ-ঋণাত্মকতার ওপর প্রভাব বিস্তারকারী নিয়ামক হলো— [সি. বো. ২০১৯]

i. বহিস্থ ইলেকট্রন বিন্যাস ii. আচ্ছাদন প্রভাব iii. পারমাণবিক সংখ্যা

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৮৫। HNO_3 ও KOH উভয়ের সাথে বিক্রিয়া করে— [সি. বো. ২০১৯]

i. BeO ii. ZnO iii. Na_2O_2

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

১৮৬। IF_7 যৌগের ক্ষেত্রে যা প্রযোজ্য— [সি. বো. ২০১৯]

i. আকৃতি পঞ্চভুজীয় দ্বি-পিরামিড ii. আয়োডিনের জারণ সংখ্যা হয় –1

iii. এক্ষেত্রে sp^3d^3 সংকরণ ঘটে I পরমাণুতে

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

❑ **অভিন্ন তথ্যভিত্তিক প্রশ্ন :**

**৩য় পর্যায়ভুক্ত P, S ও Cl তাদের সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যাসহকারে অক্সাইড গঠন করে। পানি ও ক্ষারের সাথে তাদের বিক্রিয়া প্রমাণ করে তারা অম্লধর্মী অক্সাইড। এ তথ্য থেকে নিচের প্রশ্নের উত্তর দাও।

১৯০। P ও S এর অক্সাইড দুটি পানির সাথে বিক্রিয়ায় এসিড উৎপন্ন করে কোন্‌টি?

(ক) H_3PO_3 ও H_2SO_4 (খ) H_3PO_4 ও H_2SO_3

(গ) H_3PO_4 ও H_2SO_4 (ঘ) H_3PO_2 ও H_2S

১৯১। Cl এর অক্সাইডটি NaOH ও $Ca(OH)_2$ এর সাথে পৃথক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ হলো—

(ক) $NaClO_4$ ও $CaClO_4$ (খ) Na_2ClO_4 ও $CaClO_4$

(গ) $NaClO_4$ ও $Ca(ClO_4)_2$ (ঘ) $NaClO_3$ ও $Ca(ClO_3)_2$

নিচের উদ্দীপকটি পড়ো এবং পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও। [দি. বো. ২০১৫]

'X' মৌলটির ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ :

X ⟶ $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^6\ 4s^2$

১৯২। 'X' এর স্থিতিশীল আয়নটি—

i. X^{2+} ii. X^{3+} iii. X^{4+}

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

(ক) i (খ) ii (গ) iii (ঘ) i ও iii

১৯৩। পর্যায় সারণিতে 'X' মৌলের অবস্থান কোথায়? [দি. বো. ২০১৫]

(ক) তৃতীয় পর্যায় 8-গ্রুপ (খ) চতুর্থ পর্যায় 8-গ্রুপ (গ) পঞ্চম পর্যায় 7-গ্রুপ (ঘ) সপ্তম পর্যায় 7-গ্রুপ

**Z^{3+} আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস হলো : $[Ar]\ 3d^3 4s^0$

এ উদ্দীপকভিত্তিক পরবর্তী ২টি প্রশ্নের উত্তর ঠিক করো। [ঢা. বো. ২০১৬]

১৯৪। 'Z' মৌলটির নাম কী?

(ক) কপার (খ) স্ক্যানডিয়াম (গ) ভ্যানাডিয়াম (ঘ) ক্রোমিয়াম

১৯৫। পর্যায় সারণিতে 'Z' মৌলের অবস্থান কোনটি?

(ক) ৪র্থ পর্যায়, গ্রুপ-4 (খ) ৪র্থ পর্যায়, গ্রুপ-2 (গ) ৩য় পর্যায়, গ্রুপ-3 (ঘ) ৪র্থ পর্যায়, গ্রুপ-6

**'A' মৌলের বহিস্থ শক্তিস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস $(n-1)d^5ns^1$। এ উদ্দীপকভিত্তিক পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও। [য. বো. ২০১৬]

১৯৬। 'A' মৌলের স্থিতিশীল জারণ অবস্থা কোনটি?

(ক) +1 (খ) +3 (গ) +4 (ঘ) +5

১৯৭। 'A' মৌলের বৈশিষ্ট্য হলো—

i. জটিল যৌগ গঠন করে ii. উচ্চ গলনাঙ্ক iii. সংকর ধাতু তৈরি করে

নিচের কোনটি সঠিক ?

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

$A^{n+}(aq) + K_4[Fe(CN)_6](aq) \longrightarrow B$ (লালচে অধঃক্ষেপ)

এ উদ্দীপকের আলোকে পরের ২টি প্রশ্নের উত্তর দাও : [সি. বো. ২০১৬]

১৯৮। A^{n+} আয়নটি হলো নিচের কোনটি?

(ক) Fe^{2+} (খ) Cu^{2+} (গ) NH_4^+ (ঘ) Fe^{3+}

১৯৯। 'B' এর জটিল আয়নটি হলো—

i. সমতলীয় বর্গাকার ii. চতুস্তলকীয় iii. প্যারাচুম্বকীয়

নিচের কোনটি সঠিক ?

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

** উদ্দীপকটি পড়ো এবং নিচের ২টি প্রশ্নের উত্তর দাও : [ঢা. বো. ২০১৫]

মৌল	ইলেকট্রন বিন্যাস	তড়িৎ-ঋণাত্মকতা
L	ns^2	
M	$(n + 1)s^1$	
X	ns^2np^4	2.5
Y	ns^2np^5	3.0

২০০। XY_2 যৌগটির প্রকৃতি কী হবে?
(ক) বিশুদ্ধ সমযোজী (খ) পোলার সমযোজী (গ) অপোলার সমযোজী (ঘ) আয়নিক

২০১। LY_2 অপেক্ষা MY_2 এর—
i. গলনাঙ্ক বেশি ii. পানিতে দ্রাব্যতা বেশি iii. সমযোজী ধর্ম বেশি
নিচের কোন্‌টি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

** উদ্দীপকটি পড়ো এবং নিচের ২টি প্রশ্নের উত্তর দাও : [রা. বো. ২০১৫]

$Fe \longrightarrow Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+}$

২০২। উপরোক্ত আয়নদ্বয় আলাদাভাবে শনাক্তকরণে পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইড দ্রবণ যোগ করা হলো দুটি বর্ণের অধঃক্ষেপ পাওয়া গেল, বর্ণ দুটি হলো যথাক্রমে কোনটি?
(ক) নীল-লাল (খ) বাদামি-নীল (গ) লাল-নীল (ঘ) নীল-বাদামি

২০৩। উপরিউক্ত পরিবর্তনে বাম থেকে ডানে হ্রাস পায়—
i. পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ii. আয়নীকরণ শক্তি iii. সমযোজী ধর্ম
নিচের কোন্‌টি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

* উদ্দীপকটি লক্ষ্য করো এবং পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও : [দি. বো. ২০১৫]

শ্রেণি→	15	17
পর্যায়-2	X	A
পর্যায়-3	Y	B

২০৪। 'X' ও 'Y' মৌল পৃথকভাবে 'B' মৌলের সাথে বিক্রিয়া করে যৌগ গঠন করতে পারে—
i. XB_3, YB_5
ii. XB_5, YB_3
iii. XB_3, YB_3
নিচের কোন্‌টি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

২০৫। কোন মৌলটির তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সবচেয়ে কম?
(ক) X (খ) Y (গ) A (ঘ) B

*উদ্দীপকের আলোকে নিচের ২টি প্রশ্নের উত্তর দাও : [চ. বো. ২০১৫]

শ্রেণি→	16	17
পর্যায়-২য়	A	B
পর্যায়-৩য়	C	D

২০৬। কোন তথ্যটি উদ্দীপকের সকল মৌলের জন্য প্রযোজ্য?
(ক) কক্ষ-তাপমাত্রার দ্বিপরমাণুক গ্যাস
(খ) উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল
(গ) ধাতুর সাথে আয়নিক যৌগ গঠন করে
(ঘ) পরিবর্তনশীল যোজ্যতা প্রদর্শন করে

২০৭। উ...পক অনুসারে—

i. B-এর তড়িৎ ঋণাত্মকতা A অপেক্ষা বেশি ii. D-এর ইলেকট্রন আসক্তি B অপেক্ষা কম

iii. CA_2 যৌগটি অম্ল ধর্ম প্রদর্শন করে

নি...চর কোনটি সঠিক?

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

** উদ্দীপকটি লক্ষ্য করো এবং নিচের ২টি প্রশ্নের উত্তর দাও : [য. বো. ২০১৫]

শ্রেণি→	IA	IVA	VIA	VIIA
২য় পর্যায়			E	
৩য় পর্যায়	A	D		Q

২০৮। DE_2 যৌগ—

i. পলিমার গঠন করে

ii. অম্লধর্মী

iii. নিম্নগলনাঙ্কবিশিষ্ট

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

২০৯। 'AQ' যৌগ সম্পর্কে কোন তথ্যটি সঠিক নয়? [য. বো. ২০১৫]

(ক) আয়নিক বন্ধন গঠন করে না (খ) গলিত অবস্থায় বিদ্যুৎ পরিবহণ করে

(গ) উচ্চগলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট (ঘ) পোলার দ্রাবকে দ্রবণীয়

** এ উদ্দীপকভিত্তিক নিচের ২টি প্রশ্নের উত্তর দাও : [সি. বো. ২০১৬]

গ্রুপ → / পর্যায়↓	2	14	16
২য়		X	Z
৪র্থ	M		

২১০। XZ_2 যৌগটি হলো—

i. সমযোজী

ii. চতুস্তলকীয়

iii. যৌগটিতে একটি পাই (π) বন্ধন আছে

নিচের কোনটি সঠিক?

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

২১১। MX_2 যৌগটি পানির সাথে বিক্রিয়ায় কোনটি উৎপন্ন করে?

(ক) NH_3 (খ) C_2H_2 (গ) NO_2 (ঘ) C_2H_6

** প্রদত্ত উদ্দীপকটি লক্ষ্য করো ও পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও। [ঢা. বো. ২০১৭]

পর্যায়↓	গ্রুপ→	2	13
3		X	Z
4		A	Y

২১২। উদ্দীপকের A এর সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের সর্বশেষ ইলেকট্রনের চৌম্বক কোয়ান্টাম সংখ্যার মান কত?

(ক) + 1 (খ) – 1

(গ) 0 (ঘ) + 2

২১৩। উদ্দীপকের মৌলসমূহের মধ্যে—

i. A এর চেয়ে X এর আয়নীকরণ শক্তি বেশি ii. Z এর ক্লোরাইড যৌগের জলীয় দ্রবণ অম্লীয়

iii. Z^{3+} এর পোলারায়ন ক্ষমতা X^{2+} এর পোলারায়ন ক্ষমতা অপেক্ষা বেশি

নিচের কোনটি সঠিক?

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

**প্রদত্ত উদ্দীপকটি লক্ষ্য করো ও পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও। [কু. বো. ২০১৭]

পর্যায়↓	গ্রুপ→	1	16
3		A	B
4			C

২১৪। A_2B ও A_2C এর ভৌত অবস্থার ভিন্নতার কারণ কোনটি?

(ক) আয়নিক বন্ধন

(খ) সমযোজী বন্ধন

(গ) H-বন্ধন

(ঘ) সন্নিবেশ বন্ধন

২১৫। A_2B যৌগের ক্ষেত্রে—

i. বন্ধন কোণ 104.5° ii. অণুতে দুই জোড় নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল আছে iii. অণুর আকৃতি কৌণিক

নিচের কোনটি সঠিক?

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

প্রদত্ত উদ্দীপকভিত্তিক পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও। [রা. বো. ২০১৭]

পর্যায়↓	গ্রুপ→	15	16
২য়		A	B
৩য়		X	Y

২১৬। নিচের কোন উক্তিটি উদ্দীপকের সকল মৌলের জন্য প্রযোজ্য?

(ক) বাম থেকে ডানে আয়নীকরণ শক্তি বৃদ্ধি পায়

(খ) 'A' ও 'X' মৌলদ্বয় পেন্টাহ্যালাইড গঠন করে

(গ) প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়

(ঘ) কক্ষতাপমাত্রায় দ্বিপরমাণুক

২১৭। উদ্দীপক মতে—

i. AB_2 যৌগ অম্লধর্মী ii. X_2B_3 যৌগের নিরুদন ধর্ম আছে iii. YB_3 যৌগের ক্ষারকত্ব হলো 2

নিচের কোনটি সঠিক?

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

** নিচের উদ্দীপকটি অনুধাবন করে পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও। [চ. বো. ২০১৭]

পর্যায়↓	গ্রুপ→	1	16	17
1		A		
2			X	Z
3			Y	

২১৮। উদ্দীপকের মৌলগুলোর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার ক্রম কোনটি?

(ক) Z > X > Y > A

(খ) Z > Y > X > A

(গ) Y > A > X > Z

(ঘ) A > Y > X > Z

২১৯। X, Y ও Z এর সাথে A এর যৌগগুলোর মধ্যে জোড়া তরল হলো—

i. AX ও AY ii. AX ও AZ iii. AY ও AZ

নিচের কোনটি সঠিক?

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

*। নিচের উদ্দীপক মতে পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও। [ব. বো. ২০১৭]

পর্যায়↓	গ্রুপ→	15	16	17	
২য়		L	E	R	Ne
৩য়		M	G	Q	Ar

২২০। উদ্দীপকের GQ_4 যৌগটির G পরমাণুতে কয়টি মুক্ত ইলেকট্রন আছে?

(ক) 1
(খ) 2
(গ) 3
(ঘ) 4

২২১। উদ্দীপকের আলোকে নিচের উক্তিগুলো লক্ষ্য করো —

i. আয়নীকরণ শক্তির ক্রম, L > E ii. ইলেকট্রন আসক্তির ক্রম, Q > R iii. MQ_3 ডাইমার গঠন করে

নিচের কোনটি সঠিক?

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

**। নিচের উদ্দীপকের আলোকে পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও। [চ. বো. ২০১৯]

মৌল	বহিঃস্তরের ইলেকট্রন
A	$(n-1)s^1, n = 2$
B	$ns^2\ np^4$
X	$(n+1)s^2\ (n+1)p^4$

২২২। A_2B ও A_2X এর ভৌত অবস্থা ভিন্নতার কারণ কোনটি?

(ক) আয়নিক বন্ধন
(খ) সমযোজী বন্ধন
(গ) H-বন্ধন
(ঘ) সন্নিবেশ বন্ধন

২২৩। A_2X যৌগের ক্ষেত্রে—

i. p^3 সংকরণ ঘটে ii. বন্ধন কোণ 104.5° iii. অণুতে দুটি মুক্ত জোড় ইলেকট্রন বিদ্যমান

নিচের কোনটি সঠিক?

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

**। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও। [ঢা. বো. ২০১৯]

মৌল	ইলেকট্রন বিন্যাস	তড়িৎ ঋণাত্মকতা
L	ns^2	
M	$(n+1)s^2$	
Y	$ns^2\ np^5$	3.0

২২৪। Y_2 অণুটির প্রকৃতি কী হবে?

(ক) আয়নিক
(খ) অপোলার সমযোজী
(গ) পোলার সমযোজী
(ঘ) বিশুদ্ধ সমযোজী

২২৫। LY_2 অপেক্ষা MY_2 এর—

i. গলনাঙ্ক বেশি ii. পানিতে দ্রাব্যতা বেশি iii. সমযোজী ধর্ম বেশি হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

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

*। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও। [রা. বো. ২০১৯]

শ্রেণি	15	17	18
পর্যায়-২	D		
পর্যায়-৩	E	F	G

২২৬। সাধারণ অবস্থায় নিচের কোনটির অস্তিত্ব আছে?

(ক) D_2 (খ) G_2
(গ) E_3 (ঘ) F_4

২২৭। লক্ষ্য করো, নিম্নোক্ত ক্ষেত্রে—

i. E এর চেয়ে D এর আয়নীকরণ শক্তি বেশি ii. DF_5 গঠিত হয় iii. EF_3 আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

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

বিভিন্ন শ্রেণির বহুনির্বাচনি প্রশ্নের (MCQ's) উত্তরমালা

❑ **সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন :** ১। (ক), ২। (খ), ৩। (গ), ৪। (গ), ৫। (গ), ৬। (ক), ৭। (ঘ), ৮। (ক), ৯। (খ), ১০। (ঘ), ১১। (ক), ১২। (ক), ১৩। (গ), ১৪। (ক), ১৫। (গ), ১৬। (ঘ), ১৭। (গ), ১৮। (খ), ১৯। (খ), ২০। (খ), ২১। (ক), ২২। (গ), ২৩। (ক), ২৪। (ঘ), ২৫। (গ), ২৬। (খ), ২৭। (ঘ), ২৮। (গ), ২৯। (খ), ৩০। (গ), ৩১। (ঘ), ৩২। (ঘ), ৩৩। (খ), ৩৪। (ঘ), ৩৫। (ঘ), ৩৬। (গ), ৩৭। (ঘ), ৩৮। (ঘ), ৩৯। (ক), ৪০। (ক), ৪১। (খ), ৪২। (ক) ৪৩। (ঘ), ৪৪। (গ), ৪৫। (খ), ৪৬। (ঘ), ৪৭। (ঘ), ৪৮। (ঘ), ৪৯। (গ), ৫০। (ঘ), ৫১। (ঘ), ৫২। (ক), ৫৩। (গ), ৫৪। (গ), ৫৫। (খ), ৫৬। (খ), ৫৭। (গ), ৫৮। (ঘ), ৫৯। (ক), ৬০। (ঘ), ৬১। (ক), ৬২। (ক), ৬৩। (ঘ), ৬৪। (ক), ৬৫। (খ), ৬৬। (খ), ৬৭। (ক),৬৮। (গ), ৬৯। (গ), ৭০। (ঘ), ৭১। (খ), ৭২। (গ), ৭৩। (খ), ৭৪। (খ), ৭৫। (ঘ), ৭৬। (ক), ৭৭। (ঘ), ৭৮। (খ), ৭৯। (ক), ৮০। (ঘ), ৮১। (ক), ৮২। (ঘ), ৮৩। (ক), ৮৪। (গ), ৮৫। (ঘ), ৮৬। (ক), ৮৭। (ক), ৮৮। (খ), ৮৯। (ক), ৯০। (ক), ৯১। (ক), ৯২। (ক), ৯৩। (গ), ৯৪। (খ), ৯৫। (খ), ৯৬। (ক), ৯৭। (ঘ), ৯৮। (খ), ৯৯। (খ), ১০০। (ঘ), ১০১। (ক), ১০২। (ঘ), ১০৩। (ঘ), ১০৪। (গ), ১০৫। (ক), ১০৬। (গ), ১০৭। (ক), ১০৮। (ক), ১০৯। (গ), ১১০ (খ), ১১১। (ক), ১১২। (ক), ১১৩। (খ), ১১৪। (ঘ), ১১৫। (ঘ), ১১৬। (গ), ১১৭। (গ), ১১৮। (খ), ১১৯। (ঘ), ১২০। (খ), ১২১। (খ), ১২২। (ক), ১২৩। (গ), ১২৪। (ঘ), ১২৫। (খ), ১২৬। (খ), ১২৭। (ক), ১২৮। (ঘ), ১২৯। (গ), ১৩০। (গ), ১৩১। (ক), ১৩২। (খ), ১৩৩। (গ), ১৩৪। (গ), ১৩৫। (খ), ১৩৬। (ঘ), ১৩৭। (খ), ১৩৮। (ঘ), ১৩৯। (ঘ), ১৪০। (খ), ১৪১। (ঘ), ১৪২। (ঘ), ১৪৩। (খ), ১৪৪। (গ), ১৪৫। (ঘ), ১৪৬। (ঘ), ১৪৭। (ঘ), ১৪৮। (ক), ১৪৯। (ঘ), ১৫০। (ক)।

❑ **বহুপদি সমাপ্তিসূচক প্রশ্ন :** ১৫১। (গ), ১৫২। (ঘ), ১৫৩। (ঘ), ১৫৪। (গ), ১৫৫। (ক), ১৫৬। (ক), ১৫৭। (ঘ), ১৫৮। (ঘ), ১৫৯। (ঘ), ১৬০। (গ), ১৬১। (খ), ১৬২। (ঘ), ১৬৩। (খ), ১৬৪। (ক), ১৬৫। (গ), ১৬৬। (খ), ১৬৭। (গ), ১৬৮। (গ), ১৬৯। (ক), ১৭০। (ঘ), ১৭১। (ক), ১৭২। (ঘ), ১৭৩। (গ), ১৭৪। (ঘ), ১৭৫। (ঘ), ১৭৬। (গ), ১৭৭। (ঘ), ১৭৮। (ঘ), ১৭৯। (খ), ১৮০। (ঘ), ১৮১। (খ), ১৮২। (খ), ১৮৩। (খ), ১৮৪। (ক), ১৮৫। (ক), ১৮৬। (খ)।

❑ **অভিন্ন তথ্যভিত্তিক প্রশ্ন :** ১৯০। (গ), ১৯১। (গ), ১৯২। (খ), ১৯৩। (খ), ১৯৪। (ঘ), ১৯৫। (ঘ), ১৯৬। (খ), ১৯৭। (ঘ), ১৯৮। (খ), ১৯৯। (গ), ২০০। (খ), ২০১। (ক), ২০২। (ঘ), ২০৩। (ক), ২০৪। (গ), ২০৫। (খ), ২০৬। (গ), ২০৭। (খ), ২০৮। (খ), ২০৯। (ক), ২১০। (ক), ২১১। (খ), ২১২। (গ), ২১৩। (ঘ), ২১৪। (গ), ২১৫। (ঘ), ২১৬। (ক), ২১৭। (ঘ), ২১৮। (ক), ২১৯। (খ), ২২০। (খ), ২২১। (ক), ২২২। (গ), ২২৩। (গ), ২২৪। (ঘ), ২২৫। (ক), ২২৬। (ক), ২২৭। (গ)।

ঘ-বিভাগ : সৃজনশীল প্রশ্ন (CQ)

১। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [সি. বো. ২০২৩]

মৌল A = $(n-1)\ d^{10}\ ns^1$
মৌল B = $(n-1)\ d^1\ ns^2$

এক্ষেত্রে, n = 4, চতুর্থ পর্যায়

(ক) p-ব্লক মৌল কী? ১

(খ) SnO একটি উভধর্মী অক্সাইড; ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের 'A' মৌল দ্বারা গঠিত একটি জটিল যৌগের গঠন ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের 'A' মৌলটি রঙিন যৌগ গঠন করলেও 'B' মৌলটি তা গঠন করে না কেন? বিশ্লেষণ করো। ৪

২। নিচের উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [মাদ্রাসা বোর্ড (সেট-খ) ২০১৮]

'A' = $[Ar]\ 3d^1 4s^2$
'B' = $[Ar]\ 3d^{10} 4s^1$
[এখানে 'A' ও 'B' বিশেষ অর্থে ব্যবহৃত প্রতীক]

(ক) মৃৎক্ষার ধাতু কাকে বলে? ১

(খ) O_2 অণুতে পাই (π) বন্ধন আছে; ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের 'B' মৌলের আয়নটিকে কীভাবে শনাক্ত করবে তা সমীকরণসহ ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) পরিবর্তনশীল জারণ-অবস্থা প্রদর্শন ও জটিল যৌগ গঠন-এ দুটি বৈশিষ্ট্যের মাধ্যমে উদ্দীপকের কোন্‌টি অবস্থান্তর মৌল হবে; তা বিশ্লেষণ করো। ৪

৩। প্রদত্ত উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ঢা. বো. ২০১৯]

মৌল	যোজ্যতা ইলেকট্রন	
P	$(n-1)\ d^6\ ns^2$	n = 4
Q	$(n-1)\ d^{10}\ ns^1$	
R	$(n-1)\ d^{10}\ ns^2$	

[P, Q, R মৌলের প্রচলিত প্রতীক নয়।]

(ক) তড়িৎ-ঋণাত্মকতার সংজ্ঞা দাও। ১

(খ) হুন্ডের নীতি অনুযায়ী ফসফরাসের ইলেকট্রন বিন্যাস ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের 'P' মৌলটি বিভিন্ন জারণ অবস্থা প্রদর্শন করে কেন? ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের Q ও R মৌলদ্বয়ের ক্লোরাইডসমূহের বর্ণের ভিন্নতার কারণ বিশ্লেষণ করো। ৪

৪। প্রদত্ত উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [অভিন্ন প্রশ্ন (সেট-খ) ২০১৮]

মৌল	X	Y	Z
পারমাণবিক সংখ্যা:	13	20	30

(ক) অটো প্রভাবক কী? ১

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

(গ) উদ্দীপকের X^{3+} আয়নের দ্রবণে এটির শনাক্তকরণ পরীক্ষা সমীকরণসহ ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের Y ও Z মৌলের ক্লোরাইড যৌগদ্বয়ের আয়নিক বৈশিষ্ট্যের তারতম্যের যৌক্তিক কারণ মূল্যায়ন করো। ৪

৫। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [দি. বো. ২০২৩]

প্রতীকী মৌল	যোজ্যতা শেলে ইলেকট্রন বিন্যাস
Q	$ns^2\ np^5$
X	$(n+1)s^2\ (n+1)p^3$
A	$(n+1)s^2\ (n+1)p^5$

এখানে, n = 2

(ক) গ্রিন কেমিস্ট্রি কাকে বলে? ১

(খ) UV রশ্মির সাহায্যে কীভাবে জাল টাকা শনাক্ত করা হয়? ২

(গ) উদ্দীপকের X অপেক্ষা A মৌলের অক্সাইড তীব্র অম্লধর্মী হয়; ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) QA_5 এবং XA_5 যৌগ গঠনের সম্ভাব্যতা যুক্তিসহ বিশ্লেষণ করো। ৪

৬। নিচের উদ্দীপক অনুধাবন করে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [কু. বো. ২০১৬]

পর্যায়↓ গ্রুপ →	2	14
২য়	A	B
৪র্থ	D	E

(ক) আয়নীকরণ শক্তি কী? ১

(খ) নাইট্রোজেন গ্যাসকে নিষ্ক্রিয় মাধ্যম হিসেবে ব্যবহার করার কারণ ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের A-এর হ্যালাইড যৌগের জ্যামিতিক গঠনের ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের B ও E মৌলের অক্সাইডের ভৌত অবস্থার ভিন্নতার কারণ বিশ্লেষণ করো। ৪

৭। নিচের উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ম. বো. ২০২৩]

গ্রুপ →	6	12	16
৩য় পর্যায়			B
৪র্থ পর্যায়	C	E	

এক্ষেত্রে, B, C, E প্রতীকী মৌল

(ক) অরবিটালের সংজ্ঞা লেখ। ১

(খ) HCl অপেক্ষা HBr অধিক সবল এসিড; ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপক মতে, H_2B এর গঠন সংকরায়নের সাহায্যে ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের মৌল C ও E দ্বারা গঠিত সালফেট যৌগদ্বয়ের মধ্যে কোনটি রঙিন হবে তা বিশ্লেষণ করো। ৪

৮। ২য় পর্যায়ের পরপর তিনটি মৌল প্রত্যেকে H এর সাথে একই অরবিটাল সংকরণের মাধ্যমে হাইড্রাইড গঠন করে। [চ. বো. ২০১৯]

(ক) হাইড্রোজেন বন্ধন কী? ১

(খ) NH_4^+ আয়নের মধ্যে কোন ধরনের বন্ধন বিদ্যমান; ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের উল্লেখিত ২য় মৌলটি দ্বারা গঠিত যৌগটির অণুর জ্যামিতিক গঠন আকৃতি ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের যৌগ তিনটির পরস্পরের মধ্যে দ্রাব্যতার তুলনা করো। ৪

৯। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [কু. বো. ২০১৯]

পাঃ সংখ্যা	6	14	15	16	17
মৌল :	A	B	C	D	E

(ক) প্রভাবক বিষ কাকে বলে? ১

(খ) পানি হলো একটি উভধর্মী পদার্থ; ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের C ও D এর মধ্যে কোনটির আয়নীকরণ শক্তি বেশি? কারণসহ ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের AE_4 ও BE_4 যৌগ দুটি পানির সাথে একই ধরনের আচরণ করে কীনা; তা যুক্তিসহ বিশ্লেষণ করো। ৪

১০। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [রা. বো. ২০২৩]

মৌল	যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস	
X	$ns^2\ np^2$	n = 2
Y	$ns^2\ np^4$	
Z	$(n+1)s^2\ (n+1)p^2$	

(ক) রেখা বর্ণালি কী?

(খ) BHA কীরূপে খাদ্যবস্তুর জারণে বাধা দেয়?

(গ) XY_2 এর গঠন সংকরণের ধারণায় ব্যাখ্যা করো।

(ঘ) XCl_4 আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় না; কিন্তু ZCl_4 আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় কেন? ব্যাখ্যা করো।

১১। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [চ. বো. ২০১৯]

শ্রেণি→	1	2	15	16	17
২য় পর্যায়	A	X	L	M	E
৩য় পর্যায়					Z

(ক) ভ্যানডার্ ওয়ালস বল কী? ১

(খ) s-অরবিটাল পাই (π) বন্ধন গঠনে অংশ নেয় না কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের L ও M এর আয়নীকরণ শক্তির ক্রমের ব্যতিক্রম ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, AZ ও XZ_2 এর মধ্যে কোনটির গলনাঙ্ক কম? ব্যাখ্যা করো। ৪

১২। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ব. বো. ২০১৯]

শ্রেণি →	2	14	16	17
২য় পর্যায়		P	Q	X
৩য় পর্যায়				Y
৪র্থ পর্যায়	A			Z

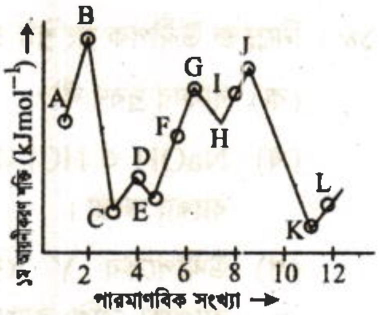
(ক) ক্ষারধাতু কাকে বলে? ১

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

(গ) উদ্দীপকের 'A' মৌলের সাথে পৃথকভাবে X, Y, Z দ্বারা গঠিত যৌগসমূহের গলনাঙ্কের সঠিক ক্রম ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের 'P' ভিন্ন ভিন্ন অরবিটাল সংকরণের মাধ্যমে হাইড্রাইড গঠন করলেও 'Q' শুধুমাত্র এক ধরনের অরবিটাল সংকরণের মাধ্যমে হাইড্রাইড গঠন করে। এর বিশ্লেষণ করো। ৪

১৩। নিম্নোক্ত উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [রা. বো. ২০১৬]



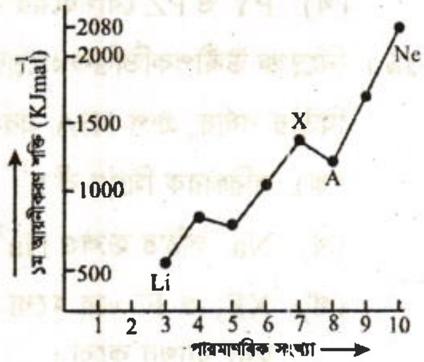
(ক) ওয়াশিং মিশ্রণ কী? ১

(খ) দুর্বল এসিড ও সবল ক্ষারের প্রশমন তাপ – 57.34 kJ হতে কম হয় কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের F-এর অক্সাইডের প্রকৃতি ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের C থেকে J মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তির মানের ধারাবাহিকতার ক্ষেত্রে ব্যতিক্রমসমূহকে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৪। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [দি. বো. ২০২৩]



(ক) সম্পৃক্ত দ্রবণ কাকে বলে?

(খ) সাম্যধ্রুবক K_C এর মান শূন্য হয় না কেন?

(গ) উদ্দীপকের X এবং A এর হাইড্রাইডদ্বয়ের বন্ধন কোণ ভিন্ন হয় কেন; ব্যাখ্যা করো।

(ঘ) উদ্দীপকের রেখাটি দ্বারা সংশ্লিষ্ট পারমাণবিক ভরযুক্ত মৌলসমূহের আদর্শ পর্যায়বৃত্ত ধর্ম প্রকাশ করে না; এ উক্তির যথার্থতা যুক্তিসহ বিশ্লেষণ করো।

১৫। উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও : [ঢা. বো. ২০২১]

মৌল	যোজ্যতা ইলেকট্রন	১ম আয়নীকরণ বিভব, $kJmol^{-1}$	২য় আয়নীকরণ বিভব, $kJmol^{-1}$
Q	ns^1; n = 3	496	4562
R	ns^2	738	1450

(ক) পানির আয়নিক গুণফল কী? ১

(খ) HNO_2 ও H_3PO_3 এর মধ্যে কোনটি অধিক শক্তিশালী এসিড; ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) Q এবং R এর অক্সাইড দুটির মধ্যে সমযোজী বৈশিষ্ট্যের ভিন্নতা আছে; ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) মৌল দুটির ১ম আয়নীকরণ বিভবের মানের তুলনায় ২য় আয়নীকরণ বিভবের মানের ব্যতিক্রমধর্মিতার কারণ বিশ্লেষণ করো। ৪

১৬। নিম্নোক্ত উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ঢা. বো. ২০১৭]

শ্রেণি → / পর্যায় ↓	1	2	14	17
2			Z	X
3	P	Q	R	Y

(ক) পর্যায়বৃত্ত ধর্ম কী? ১

(খ) শিখা পরীক্ষায় গাঢ় HCl ব্যবহার করা হয় কেন? ২

(গ) 'X' ও 'Y' এর মধ্যে কোনটির ইলেকট্রন আসক্তি বেশি? ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) 'Y' এর পৃথকভাবে P, Q ও R এর সাথে গঠিত যৌগগুলোর প্রকৃতি বিশ্লেষণ করো। ৪

১৭। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ঢা. বো. ২০১৯]

মৌল	আয়ন	আয়নে ইলেকট্রন সংখ্যা
X	X^+	10
Y	Y^{2+}	10
Z	Z^{3+}	10

(ক) প্রভাবক কাকে বলে? ১

(খ) গ্লাস ক্লিনারে NH_4OH ব্যবহৃত হয় কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের মৌলসমূহের আয়নীকরণ বিভব পরিবর্তন ধারা ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের মৌলসমূহের ক্লোরাইডসমূহের মধ্যে কোনটি অধিক সমযোজী বৈশিষ্ট্য প্রদর্শন করে; তা বিশ্লেষণ করো। ৪

১৮। নিম্নোক্ত উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও : [অভিন্ন প্রশ্ন (সেট-ক) ২০১৮]

	গ্রুপ-1	গ্রুপ-17
২য় পর্যায়	–	X
৩য় পর্যায়	P	Y
৪র্থ পর্যায়	–	Z

(ক) বাফার দ্রবণ কী? ১

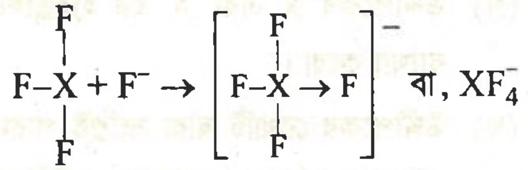
(খ) NaOH ও HCl এর প্রশমন তাপের মান ধ্রুব সংখ্যা; ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের Y এর ইলেকট্রন আসক্তির মান X অপেক্ষা বেশি; ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) PY ও PZ যৌগদ্বয়ের মধ্যে কোনটি অধিক আয়নিক, তা বিশ্লেষণ করো। ৪

১৯। নিম্নোক্ত উদ্দীপকভিত্তিক প্রশ্নের উত্তর দাও। [চ. বো. ২০১৫]

দ্বিতীয় পর্যায়, গ্রুপ-IIIA এর একটি মৌল, X-এর ফ্লোরাইড, XF_3 নিম্নরূপে XF_4^- অ্যানায়ন গঠন করে :



(ক) পরিষ্কারক মিশ্রণ কী? ১

(খ) Na^+ গঠিত হলেও Na^{2+} হয় না কেন? ২

(গ) XF_3 ও F^- এর মধ্যে কোন প্রকারের বন্ধন গঠিত হয়? ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের বিক্রিয়ার মাধ্যমে X এর সংকরণ পরিবর্তিত হয় কিনা যাচাই করো। ৪

২০। উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [রা. বো. ২০১৭]

	গ্রুপ-15	গ্রুপ-16
২য় পর্যায়	A	B
৩য় পর্যায়	C	D

(ক) আউফবাউ নীতি কী? ১

(খ) দ্রাব্যতার ওপর তাপমাত্রার প্রভাব ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) B মৌলটির হাইড্রাইড তরল হলেও D মৌলটির হাইড্রাইড গ্যাসীয় কেন ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) A, B, C, D মৌল চারটির গ্রুপভিত্তিক এবং পর্যায়ভিত্তিক আয়নীকরণ শক্তির পরিবর্তন ব্যাখ্যা করো। ৪

২১। উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ব. বো. ২০১৭]

পারমাণবিক সংখ্যা	3	4	5	6	7	8	9
আয়নীকরণ বিভব kJ/mol	Li 520	Be 899	B 801	C 1080	N 1402	O 1314	F 1680

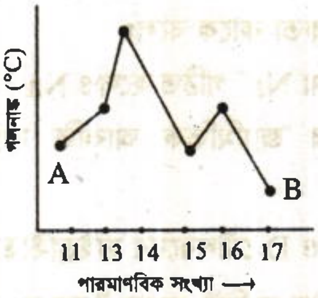
(ক) সমসত্ব প্রভাবন কী? ১

(খ) 675 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যবিশিষ্ট বর্ণালির শক্তি নির্ণয় করো। ২

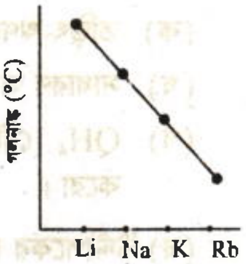
(গ) উদ্দীপকের মৌলসমূহের আকার কীভাবে পরিবর্তিত হয়? ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপক অনুসারে আয়নীকরণ বিভবের ক্রম পরিবর্তনের ব্যতিক্রম পরিলক্ষিত হয়—বিশ্লেষণ করো। ৪

২২। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ব. বো. ২০১৯]



লেখচিত্র-১



লেখচিত্র-২

(ক) তড়িৎ-ঋণাত্মকতার সংজ্ঞা লেখ। ১

(খ) Cr অবস্থান্তর মৌল কেন? ২

(গ) লেখচিত্র-১ এর 'A' এর পরমাণুর আকার B পরমাণুর আকার অপেক্ষা বড়ো। কিন্তু A^+ আয়নের আকার B^- আয়নের আকার অপেক্ষা ছোটো; ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের লেখচিত্র দুটির প্রকৃতিতে ভিন্নতার কারণ বিশ্লেষণ করো। ৪

২৩। নিচের উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [রা. বো. ২০২৩]

উদ্দীপক : মৌল A = ... $(n-1)\ d^x ns^1$; এক্ষেত্রে $x \neq 0$

(ক) বাফার দ্রবণ কী? ১

(খ) NaCl এর চেয়ে $MgCl_2$ এর গলনাঙ্কের মান কম কেন? ২

(গ) উদ্দীপকে উল্লিখিত 'x' এর সম্ভাব্য মান যুক্তিসহ উল্লেখ করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের A^+ আয়নটি ডায়াচুম্বকীয় হলে ACl যৌগটি রঙিন হবে কী? ব্যাখ্যা করো। ৪

২৪। নিচের উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ঢা. বো. ২০২৩]

প্রতীকী মৌল	যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস
Q	$(n-1)d^6\ ns^2$
L	$(n-1)d^{10}\ ns^2$

[এক্ষেত্রে n এর সর্বনিম্ন মান প্রযোজ্য]

(ক) ভর ক্রিয়ার সূত্রটি লেখ। ১

(খ) খাদ্যবস্তু সংরক্ষণে খাদ্যলবণ কীভাবে কাজ করে? ২

(গ) উদ্দীপকের 'L' অবস্থান্তর ধাতু নয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট $[Q(CN)_6]^{3-}$ এবং $[Q(CN)_6]^{4-}$ আয়নদ্বয়ের মধ্যে কোনটি প্যারাম্যাগনেটিক? বিশ্লেষণ করো। ৪

২৫। নিচের উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [চ. বো. ২০২৩]

প্রতীকী মৌল	যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস
A	$(n-1)d^6\ ns^2$
B	$(n-1)d^6\ ns^1$

[এক্ষেত্রে n এর সর্বনিম্ন মান প্রযোজ্য]

(ক) গ্রিন কেমিস্ট্রি কী? ১

(খ) কক্ষতাপমাত্রায় H_2O তরল হলেও H_2S গ্যাস; ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের মৌল B একটি অবস্থান্তর ধাতু; ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট $[A(CN)_6]^{3-}$ এবং $[A(CN)_6]^{4-}$ আয়নদ্বয়ের মধ্যে কোনটি ডায়াম্যাগনেটিক হবে? যুক্তিসহ বিশ্লেষণ করো। ৪

২৬। উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [অভিন্ন প্রশ্ন (সেট-ক) ২০১৮; সি. বো. ২০১৫]

প্রতীকী মৌল	সর্ববহিস্থ স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস
A→	$(n-1)s^1$ [n= 2]
B→	ns^2np^2
C→	ns^2np^3
D→	ns^2np^4

(ক) দ্রাবক নিষ্কাশন কী? ১

(খ) 25° সে. তাপমাত্রায় $M(OH)_3$ এর দ্রাব্যতা গুণফল 2.5×10^{-39} বলতে কী বুঝ? ২

(গ) সাধারণ তাপমাত্রায় A_2D ও BD_2 এর ভৌত অবস্থা ভিন্ন কেন?—ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে B ও C এর হাইড্রাইডদ্বয়ের মধ্যে কোনটির বন্ধন কোণের মান বেশি—কারণসহ বিশ্লেষণ করো। ৪

২৭। নিচের উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ঢা. বো. ২০২৩]

প্রতীকী মৌল	যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস
Q	$ns^2 np^2$ [n = 2]
M	$ns^2 np^3$
D	$(n+1)s^2 (n+1)p^3$

(ক) তড়িৎ-ঋণাত্মকতা কাকে বলে? ১

(খ) সাধারণ অবস্থায় Na^+ গঠিত হলেও Na^{2+} গঠিত হয় না কেন? ২

(গ) QH_4 যৌগের জ্যামিতিক আকৃতি সংকরণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের M ও D মৌলদ্বয়ের হাইড্রাইডের বন্ধন কোণের ভিন্নতার কারণ বিশ্লেষণ করো। ৪

২৮। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [রা. বো. ২০১৯; মা. বো. ২০২১]

গ্রুপ →	IA	IVA	VA	VIA
১ম পর্যায়	X			
২য় পর্যায়		Y	Z	R
৩য় পর্যায়				M

(ক) প্রিজারভেটিভস্ কী? ১

(খ) Na^+ আয়ন গঠিত হলেও Na^{2+} আয়ন গঠিত হয় না কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের X_2M ও X_2R এর ভৌত অবস্থার ভিন্নতার কারণ ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) YX_4 ও ZX_3 এর কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটাল সংকরণ একই প্রকার; কিন্তু এদের জ্যামিতিক গঠন ভিন্ন; এর কারণ বিশ্লেষণ করো। ৪

২৯। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক প্রশ্নের উত্তর দাও। [কু. বো. ২০২৩]

পর্যায় ↓ গ্রুপ →	1	15	16
১ম পর্যায় :	Q		
২য় পর্যায় :		P	
৩য় পর্যায় :			R

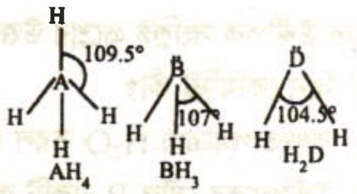
(ক) অরবিটাল কাকে বলে? ১

(খ) বদ্ধপাত্রে রাসায়নিক সাম্যাবস্থা সংঘটিত হয়। ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের R মৌলটির পরমাণু ছয়টি বন্ধন গঠন করতে পারে; ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) PQ_4^+ এবং Q_2R এর বন্ধন কোণ একই হবে কীনা বিশ্লেষণ করো। ৪

৩০। নিচের উদ্দীপক অনুসরণ করে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [দি. বো. ২০১৬]



A, B ও D মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা যথাক্রমে, 6, 7 ও 8

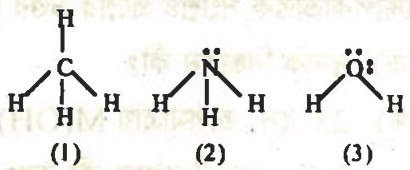
(ক) সবুজ রসায়ন কী? ১

(খ) রক্তের বাফার ক্রিয়া ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের AH_4 এবং H_2D এর ভৌত অবস্থার ক্ষেত্রে মূলত হাইড্রোজেন বন্ধনই দায়ী—ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের অণু তিনটির আকৃতি ও বন্ধন কোণের ওপর মুক্তজোড় ইলেকট্রনের প্রভাব বিশ্লেষণ করো। ৪

৩১। প্রদত্ত উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও : [মাদ্রাসা বোর্ড (সেট-খ) ২০১৮]



(ক) টেট্রাঅ্যাম্মিন কপার (II) সালফেটের সংকেত লেখ। ১

(খ) Be এর চেয়ে B এর ১ম আয়নীকরণ বিভবের মান কম কেন, ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) যোজ্যতা ইলেকট্রনসহকারে (1) নং যৌগ গঠনে কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ ও যৌগ অণু গঠন প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের (2) ও (3) নং যৌগে কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ প্রক্রিয়া একই হওয়া সত্ত্বেও এদের বন্ধন কোণ ও অণুর আকৃতি ভিন্ন; বিশ্লেষণ করো। ৪

৩২। প্রদত্ত উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও : [ঢা. বো. ২০২১]

মৌল	বহিস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস
X	ns^2np^3 ; n = 2
Y	ns^2np^2 ; n = 2
Z	$(n+1)s^2 (n+1)p^3$; n = 2

(ক) ভর ক্রিয়ার সূত্রটি লেখ। ১

(খ) HF একটি দুর্বল এসিড; ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) Z মৌলটির ইলেকট্রন বিন্যাস হুন্ডের নীতি মেনে চলে; ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) XH_3 এবং H_2Y এর আকৃতি অভিন্ন কীনা; অরবিটাল সংকরণের সাহায্যে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৩। প্রদত্ত উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও : [মা. বো. ২০২১; ঢা. বো. ২০১৬]

গ্রুপ→	15	16	17
পর্যায়-1	P	Q	R
পর্যায়-2	X	Y	Z

(ক) লিগ্যান্ড কী? ১

(খ) বিশুদ্ধ NaCl কেলাসনে HCl যোগ করা হয় কেন? ২

(গ) R ও Z এর মধ্যে কোনটির ইলেকট্রন আসক্তি বেশি কারণসহ ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের P ও Q এর সাথে হাইড্রোজেনসহ গঠিত যৌগের বন্ধন কোণে ভিন্নতা রয়েছে কিনা—বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৪। প্রদত্ত উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও : [অভিন্ন প্রশ্ন (সেট-খ) ২০১৮]

‘A’ = … … np^2 [n = 2]
‘B’ = … … np^3
‘C’ = … … np^4

(ক) আংশিক পাতন কী? ১

(খ) R_f এর মান 1 এর চেয়ে কম হয় কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের ‘A’ মৌলের হাইড্রাইড যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের B এবং C মৌলের হাইড্রাইড যৌগে বন্ধন কোণে ভিন্নতা রয়েছে; এর যথাযথ বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৫। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক প্রশ্নের উত্তর দাও। [ঢা. বো. ২০২৩]

প্রতীকী মৌল	যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস
D	ns^2 [n = 3]
E	$ns^2 np^1$
F	$(n+1)s^2$

(ক) ভ্যানডার ওয়ালস্ আকর্ষণ বল কাকে বলে? ১

(খ) অক্সিজেনের দ্বিতীয় ইলেকট্রন আসক্তির মান ধনাত্মক হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের মতে ‘E’ এর আয়নীকরণ বিভব অপেক্ষা D এর আয়নীকরণ বিভব বেশি হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে DCO_3 ও FCO_3 এর মধ্যে কোন্‌টি অধিক তাপে বিয়োজিত হয়? যুক্তিসহ বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৬। নিম্নোক্ত উদ্দীপকভিত্তিক প্রশ্নের উত্তর দাও। [চ. বো. ২০১৭]

মৌল	পারমাণবিক সংখ্যা
E	1
A	7
B	14

(ক) বিক্রিয়া তাপ কী? ১

(খ) সন্নিবেশ বন্ধন হলো সিগমা বন্ধন;—ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) A ও E মৌল দ্বারা গঠিত যৌগের সংকরায়ন ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) A ও B মৌলের ডাইঅক্সাইড দুটির অম্লধর্মের তুলনামূলক আলোচনা করো। ৪

৩৭। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [চ. বো. ২০১৭]

পর্যায় সারণির দ্বিতীয় পর্যায়ের দুটি মৌল X এবং Y। এদের যোজনী স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস হলো যথাক্রমে ns^2np^3 এবং ns^2np^4।

(ক) ল্যান্থানাইড কী? ১

(খ) K_c এর মান শূন্য হয় না কেন? ২

(গ) XH_3 এবং YH_2 এর বন্ধন কোণের তুলনা করো। ৩

(ঘ) XH_3 অপেক্ষা YH_2 শক্তিশালী এসিড—বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৮। নিম্নে প্রদত্ত উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [রা. বো. ২০১৭]

দুটি মৌলের যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস :

(A) = ns^2np^4; n = 2 (B) = ns^2np^3; n = 3

(ক) নেসলার বিকারক কী? ১

(খ) রাসায়নিক সাম্যাবস্থা বলতে কী বোঝায়? ২

(গ) "A" মৌলটির ক্ষেত্রে হুন্ডের নীতিটির প্রয়োগ দেখাও। ৩

(ঘ) "A" ও "B" মৌলদ্বয়ের হাইড্রাইডের আকৃতির ওপর মুক্তজোড় ইলেকট্রনের প্রভাব ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৯। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [য. বো. ২০১৭]

গ্রুপ→	1	16	17
পর্যায়-1	A		
পর্যায়-2		D	E
পর্যায়-3		M	

(ক) পলির বর্জন নীতি কী? ১

(খ) কলয়েড কণার সুস্থিতি কীভাবে বিনষ্ট করা যায়—ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) AE অপেক্ষা A_2D এর স্ফুটনাঙ্ক বেশি কেন—ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) A_2D ও A_2M এর বন্ধন কোণের পার্থক্যের কারণ বিশ্লেষণ করো। ৪

৪০। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [দি. বো. ২০১৯]

মৌল	যোজ্যতা ইলেকট্রন
Q	$2s^2\ 2p^3$
W	$2s^2\ 2p^5$
X	$3s^2\ 3p^5$
Y	$4s^2\ 4p^5$

(ক) কেলাসন কাকে বলে? ১

(খ) H_3PO_4 ও H_3AsO_4 এর মধ্যে কোনটি অধিক অম্লীয় এবং কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের QH_3 অণু H-বন্ধন করলেও HX অণুতে H-বন্ধন ঘটে না; ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের W ও Y এর হাইড্রাসিডদ্বয়ের স্ফুটনাঙ্কের ভিন্নতার কারণ বিশ্লেষণ করো। ৪

৪১। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [কু. বো. ২০১৭]

গ্রুপ→	1	15	
পর্যায়-1	X		
পর্যায়-2		Y	E
পর্যায়-3			Z

(ক) প্রভাবক বিষ কী? ১

(খ) HCl-একটি পোলার যৌগ কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের আলোকে YX_4Z যৌগে বিদ্যমান বন্ধনসমূহ ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) YX_3 এবং YX_4^+ এর ক্ষেত্রে একই সংকরণ থাকা সত্ত্বেও বন্ধন কোণ ভিন্ন হয় কেন? বিশ্লেষণ করো। ৪

৪২। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও : [সি. বো. ২০১৬]

A^{2+}, B^{2+}, C^{3+} তিনটি আয়নের সর্বশেষ শক্তিস্তরের ইলেকট্রনবিন্যাস :

$A^{2+} = [Ne]\ 3s^\circ$; $B^{2+} = [Ar]\ 4s^\circ$; $C^{3+} = [Ne]\ 3s^\circ\ 3p^\circ$

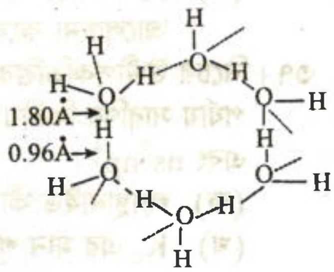
(ক) সাসপেনশন কী? ১

(খ) তাপমাত্রা বাড়লে পানির আয়নিক গুণফল বৃদ্ধি পায় কেন? ২

(গ) 'C' মৌলের ক্লোরাইড ডাইমার গঠন করে—ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) 'A' ও 'B' মৌলদ্বয়ের কার্বনেটের মধ্যে কোনটি অধিক স্থিতিশীল? যুক্তি দাও। ৪

৪৩। নিচের উদ্দীপকের আলোকে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের যথাযথ উত্তর দাও। [মাদ্রাসা বো. ২০১৭]



(ক) মোলার দ্রবণ কাকে বলে? ১

(খ) HF পোলার অণু—ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের যৌগটি পানিতে ভাসার কারণ ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের যৌগটিতে বিদ্যমান বিশেষ বন্ধনের গুরুত্ব বিশ্লেষণ করো। ৪

RMDAC

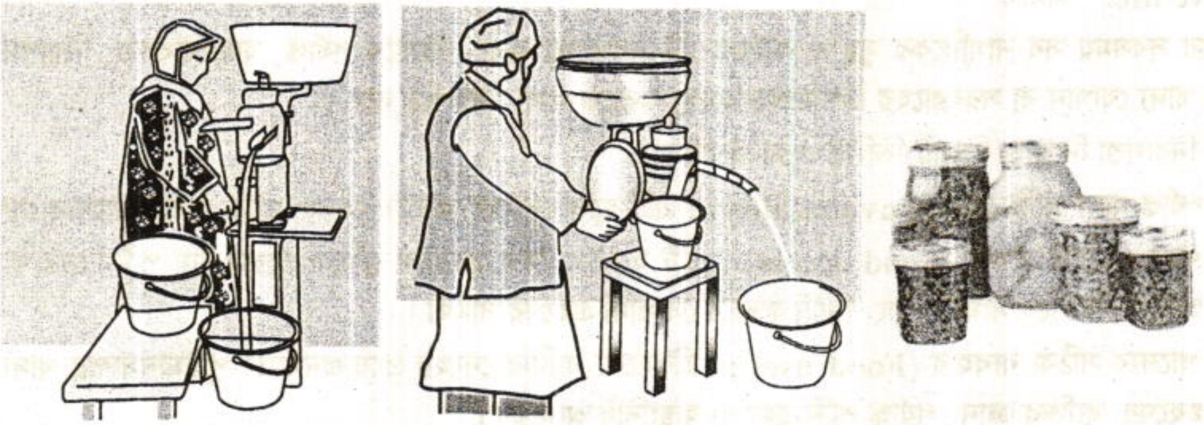
তত্ত্বীয় আলোচনা	= ২৫
শ্রেণি কর্মকাণ্ড	= ১০
মোট পিরিয়ড	= ৩৫

পঞ্চম অধ্যায়
কর্মমুখী রসায়ন
Vocational Chemistry

ভূমিকা (Introduction)

আমরা নবম-দশম শ্রেণির রসায়ন পাঠে জেনেছি খাদ্যবস্তু, ফলমূল অণুজীব বা ব্যাকটেরিয়া আক্রান্ত হলে এদের পচন ঘটে। তাই পচন রোধের জন্য অনুমোদিত পচনরোধক বা প্রিজারভেটিভস সহকারে এবং কৌটাজাতকরণ বা ক্যানিং প্রক্রিয়ায় খাদ্যবস্তু, ফল-মূল ইত্যাদি সংরক্ষণ করা হয়। ক্যানিং পদ্ধতি জেনে আমরা আমাদের দেশীয় ফল-মূলকে দীর্ঘদিন যাবৎ সংরক্ষণ করতে পারবো। এতে ঋতুভেদে ঐ সব খাদ্যবস্তু ব্যবহার করতে পারবো, খাদ্যের অভাব পূরণ হবে। এ অধ্যায়ে আমরা দুধ থেকে মাখন ও ঘি উৎপাদন, বিভিন্ন প্রসাধন সামগ্রী, গ্লাস ক্লিনার, টয়লেট ক্লিনার ও প্রিজারভেটিভ গুণসম্পন্ন ভিনেগার প্রস্তুতি সম্বন্ধে জানতে পারবো।

অধ্যায়ের প্রধান শব্দসমূহ (Key Words) : টক্সিন, প্রিজারভেটিভস, বটুলিজম, স্পোর, জ্যাম, জেলি, সিরাম, কলয়েড, সাসপেনশন, কোয়াগুলেশন, লিপিড, ফসফোলিপিড, অ্যামাইনো এসিড, অসমসিস, হাইড্রোসল, হাইড্রোফিলিক, হাইড্রোফোবিক, লিপো-ফিলিক, ফারমেন্টেশন, অ্যাসিটোব্যাক্টর, পাস্তুরিকরণ, মল্টভিনেগার।



শিখনফল : এ অধ্যায় পাঠশেষে শিক্ষার্থীরা—

১. খাদ্য নিরাপত্তায় রসায়নের গুরুত্ব মূল্যায়ন করতে পারবে।
২. অনুমোদিত প্রিজারভেটিভস এর খাদ্য সংরক্ষণ কৌশল ব্যাখ্যা করতে পারবে।
৩. খাদ্য কৌটাজাতকরণ বা কেনিং-এর মূলনীতির ব্যাখ্যা করতে পারবে।
৪. খাদ্য কৌটাজাতকরণ প্রণালি বর্ণনা করতে পারবে।
৫. ব্যবহারিক : সহজলভ্য একটি খাদ্যদ্রব্য কৌটাজাতকরণ করে দেখাতে পারবে।
৬. সাসপেনশন ও কোয়াগুলেশন ব্যাখ্যা করতে পারবে।
৭. দুধের শতকরা সংযুক্তি বর্ণনা করতে পারবে।
৮. দুধ থেকে মাখন পৃথকীকরণ ব্যাখ্যা করতে পারবে।
৯. মাখন পানিমুক্ত করে সংরক্ষণ করতে পারবে।
১০. মাখন থেকে ঘি-এর উৎপাদন বর্ণনা করতে পারবে।
১১. দ্রবণের 'Like dissolves like' নীতি প্রয়োগ করে টয়লেট্রিজে সুগন্ধি যোগ করার কৌশল ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১২. ব্যবহারিক : প্রয়োজনীয় উপকরণ ব্যবহার করে যেকোনো দুটি টয়লেট্রিজ উৎপাদন করতে পারবে।

১৩. অ্যামোনিয়া থেকে গ্লাস ক্লিনার প্রস্তুত করতে পারবে।
১৪. কস্টিক সোডা থেকে টয়লেট ক্লিনার প্রস্তুত করতে পারবে।
১৫. গ্লাস ক্লিনারের পরিষ্কারকরণ কৌশল ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১৬. টয়লেট ক্লিনারের পরিষ্কারকরণ কৌশল ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১৭. টয়লেট ক্লিনারে কস্টিক সোডা ব্যবহৃত হলেও গ্লাস ক্লিনারে অ্যামোনিয়া ব্যবহারের কারণ বিশ্লেষণ করতে পারবে।
১৮. **ব্যবহারিক :** (ক) ইথানয়িক এসিড থেকে ভিনেগার প্রস্তুত করতে পারবে।
১৯. **প্রজেক্ট (বাড়ির কাজ) :** আখ বা খেজুরের রস থেকে মল্ট ভিনেগার প্রস্তুত করতে পারবে।
২০. ভিনেগারের খাদ্যদ্রব্য সংরক্ষণের রসায়ন ব্যাখ্যা করতে পারবে।
২১. খাদ্যদ্রব্য সংরক্ষণে ভিনেগারের গুরুত্ব মূল্যায়ন করতে পারবে।

৫.১ খাদ্য নিরাপত্তা ও রসায়ন

Food Security & Chemistry

1996 সালে WHO কর্তৃক আয়োজিত 'বিশ্ব খাদ্য শীর্ষ-সম্মেলন' বা 'World Food Summit'-এ বিভিন্ন রাষ্ট্র-প্রধানের আলোচনায় 'খাদ্য নিরাপত্তা' বা Food security-কে নিম্নরূপে সংজ্ঞায়িত করা হয় :

'All people at all times have access to sufficient, safe, nutritious food to maintain a healthy and active life.' অর্থাৎ

বছরের সবসময় সব নাগরিকের সুস্থ ও কর্মক্ষম জীবনধারণের জন্য পরিমাণে পর্যাপ্ত, স্বাস্থ্যবিধিগত, নিরাপদ ও সঠিক পুষ্টিমানের খাদ্য যোগান বা সরবরাহের নিশ্চয়তার ব্যবস্থা করাকে খাদ্য নিরাপত্তা বলে।

খাদ্য নিরাপত্তা নিম্নোক্ত তিনটি ভিত্তির ওপর প্রতিষ্ঠিত :

(১) **পর্যাপ্ত খাদ্য প্রাপ্তি (Food availability) :** এটি হলো দেশের বাজারে কেনার মতো পর্যাপ্ত খাদ্যের যোগান।

(২) **খাদ্য গ্রহণের সামর্থ্য (Food access) :** এটি হলো দেশের প্রত্যেক ব্যক্তির প্রয়োজনীয় পুষ্টিমানের খাদ্য কেনার অর্থনৈতিকভাবে সামর্থ্য এবং শারীরিকভাবে সে খাদ্য গ্রহণের সামর্থ্য।

(৩) **খাদ্যের সঠিক ব্যবহার (Food use) :** এটি হলো ব্যক্তির দেহের প্রয়োজনমতো পুষ্টিমানসম্পন্ন খাদ্য পরিমাণে গ্রহণের ব্যক্তির জ্ঞান, পর্যাপ্ত পানি গ্রহণ ও স্বাস্থ্যবিধি অনুসরণ।

খাদ্য নিরাপত্তাব্যবস্থায় রসায়নের ভূমিকা বহুমুখী। এ বহুমুখী ভূমিকাকে মূলত দু'টি অংশে আলোচনা করা হলো :

(১) খাদ্য উৎপাদন বৃদ্ধিতে রসায়নের ভূমিকা ও

(২) উৎপাদিত খাদ্য বস্তুকে দীর্ঘকাল সংরক্ষণে রসায়নের ভূমিকা।

খাদ্য উৎপাদন বৃদ্ধি : কৃষি জমিতে অধিকতর পরিমাণে ফসল উৎপাদন খাদ্য নিরাপত্তার প্রধান শর্ত। এজন্য উন্নতমানের বীজ যেমন দরকার; তার সাথে দরকার উদ্ভিদের বৃদ্ধি ও ফুল-ফল ধারণের প্রয়োজনীয় উপাদান N, P ও K প্রভৃতি উপাদান সমৃদ্ধ যৌগ, যা রাসায়নিক সার নামে পরিচিত।

MCQ-5.1: খাদ্য নিরাপত্তার তিনটি ভিত্তি—
(i) পর্যাপ্ত খাদ্য প্রাপ্তি,
(ii) ব্যক্তির খাদ্য কেনার সামর্থ্য,
(iii) ব্যক্তির দেহের ওজনভিত্তিক পুষ্টিমান খাদ্য গ্রহণ।
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও ii

(i) নাইট্রোজেনযুক্ত প্রধান সার হলো ইউরিয়া $(NH_2)_2C=O$; এছাড়া আছে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট NH_4NO_3, অ্যামোনিয়াম সালফেট $(NH_4)_2SO_4$ ইত্যাদি। এরা উদ্ভিদের বৃদ্ধির সহায়ক।

(ii) ফসফরাস যুক্ত বিভিন্ন সার হলো TSP (ট্রিপল সুপার ফসফেট) বা মনোক্যালসিয়াম ডাই হাইড্রোজেন ফসফেট $Ca(H_2PO_4)_2$; ডাই অ্যামোনিয়াম ফসফেট (DAP), $(NH_4)_2HPO_4$ ইত্যাদি।

(iii) পটাসিয়ামযুক্ত সার হলো মিউরেট অব পটাস KCl, পটাসিয়াম নাইট্রেট KNO_3 ইত্যাদি। এরা উদ্ভিদের ফুল ফল ধারণে সহায়ক। আবার জমির ফসলকে পোকামাকড় যেন নষ্ট করতে না পারে এর জন্য রসায়নবিদেরা তৈরি করেছে পোকা ধ্বংসকারী বিষাক্ত রাসায়নিক পদার্থ; এদেরকে **ইনসেক্টিসাইড** (insecticides) বলে।

রসায়নের এসব অবদানের কারণে বিগত কয়েক দশকে পৃথিবীতে খাদ্য উৎপাদন বহুগুণ বেড়ে গেছে। এখন বাংলাদেশ খাদ্যশস্যে স্বয়ংসম্পন্ন হয়েছে। এরপরে আসে ঋতুভিত্তিক উৎপাদিত ফসলকে খাদ্যরূপে ব্যবহার করার জন্য কয়েক মাস বা বছরের বেশি সময় সংরক্ষণ করার প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা। এসব ফসলের মধ্যে শুষ্ক শস্যজাতীয় খাদ্য দীর্ঘসময় সংরক্ষণ করা সম্ভব। কিন্তু রসালো শাকসব্জি, ফল-মূল ইত্যাদি খাদ্যবস্তু সহজে ব্যাকটেরিয়া দ্বারা আক্রান্ত হয়ে পচে যায়।

খাদ্য সংরক্ষণে বাধা : প্রাকৃতিক কারণে সব ধরনের খাদ্য, তা রান্না করা হোক বা কাঁচা ফলমূল হোক, দু-একদিনের ব্যবধানে নষ্ট বা খাওয়ার অনুপযোগী হয়ে পড়ে। প্রাকৃতিক কারণে খাদ্য নষ্ট হওয়ার কারণগুলো হলো—

* (১) জীবাণু বা ব্যাকটেরিয়া ও ছত্রাক বা ফাংগাস দ্বারা আক্রান্ত হওয়া এবং
* (২) পরিবেশের কারণ যেমন বাতাসে আর্দ্রতা বৃদ্ধি, তাপমাত্রার ওঠা-নামা।

বাতাসের তাপমাত্রা ও আর্দ্রতার পরিবর্তনে ঐ সব ক্ষতিকর জীবাণু বা ছত্রাক-এর বৃদ্ধি ঘটে এবং এদের দেহ থেকে নিঃসৃত উৎসেচকের পরিমাণের বৃদ্ধি ঘটে। এ উৎসেচকে থাকে এক ধরনের বিষাক্ত উপাদান। এ বিষাক্ত উপাদানগুলোকে টক্সিন (toxin) বলে। এসব টক্সিন বিভিন্ন ধরনের হয়। খাদ্যে টক্সিন মিশ্রিত হওয়াকে **ফুড-পয়জনিং** (food poisoning) বলা হয়। কিন্তু টক্সিন স্নায়ুতন্ত্রকে আক্রমণ করে মৃত্যু পর্যন্ত ঘটাতে পারে।

গ্রীষ্মকালে তোমরা ফুড-পয়জনিং ও পেটের অসুখের কথা শোনে থাকবে। গ্রীষ্মকালে হয়ত তোমাদের অভিজ্ঞতা হয়েছে রান্না করা ডাল, তরিতরকারি কখনো টক ও গন্ধযুক্ত হয়েছে। এক্ষেত্রে ফাংগাস বা ছত্রাকের কারণে খাদ্যের পচন থেকে জৈব এসিড সৃষ্টি হয়েছে। ঈস্টজাতীয় ছত্রাক ফলের রস, টমেটোর সস, জেলি, মিষ্টি আচার ইত্যাদি খাবারকে নষ্ট করে ফেলে। খাবারটি টক গন্ধযুক্ত ও ঘোলাটে হয়। আবার মোল্ডজাতীয় ছত্রাক যেমন মিউকর, এসপারজিলাস বাসি পাউরুটির ওপর ধূসর বর্ণের আবরণ তৈরি করে ও গন্ধযুক্ত হয়। একইভাবে পনির, আচার, কমলালেবু, টমেটো প্রভৃতি টকজাতীয় খাবার ও ফলমূল এসব ছত্রাক দ্বারা আক্রান্ত হয়ে নষ্ট হয়।

তোমরা এর মধ্যে জেনেছো যে, বিভিন্ন ঋতুতে উৎপাদিত সবজি, ফল মূল ও মাছ ইত্যাদি পচনশীল খাদ্যবস্তুকে পচন থেকে সংরক্ষণ করতে ব্যবসায়ীরা ক্যালসিয়াম কার্বাইড (CaC_2) গুঁড়া ও ফরমালিন দ্রবণ পচনরোধক বা প্রিজারভেটিভসরূপে ব্যবহার করছে। উভয় রাসায়নিক পদার্থ দীর্ঘমেয়াদি ব্যবহারে মানবদেহে নানা জটিল রোগ দেখা দেয়। তাই খাদ্যদ্রব্য সংরক্ষণে CaC_2 ও ফরমালিন ব্যবহার নিষিদ্ধ। খাদ্যদ্রব্য সংরক্ষণের জন্য আন্তর্জাতিকভাবে অনুমোদিত পচন রোধক বা প্রিজারভেটিভস আছে।

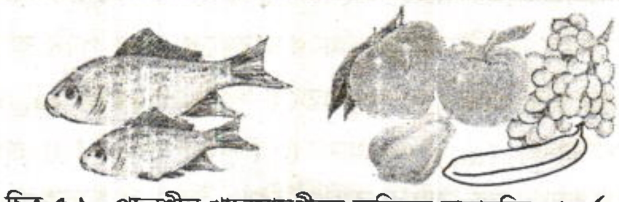
শিক্ষার্থীর কাজ-৫.১ : খাদ্য নিরাপত্তাভিত্তিক :

প্রশ্ন-৫.১ : 'খাদ্য নিরাপত্তা' বলতে কী বোঝায়? [ব. বো. ২০১৯; দি. বো. ২০১৭; কু. বো. ২০১৬; য. বো. ২০১৬, ২০১৯]

প্রশ্ন-৫.২ : পার্শ্বের চিত্র লক্ষ্য করো। এসব খাদ্যসামগ্রী পচনশীল, তাই বাজারে ব্যবসায়ীরা এসব খাদ্যবস্তুকে পচন থেকে রক্ষা করতে অনুমোদনবিহীন রাসায়নিক পদার্থ ব্যবহার করে যা স্বাস্থ্যের জন্য ক্ষতিকর।

(ক) কোন্ ক্ষেত্রে কোন্ রাসায়নিক পদার্থ মিশানো হয়েছে, তা অনুমান করো।

(খ) এসব খাদ্যবস্তু বাজার থেকে ক্রয় করে ব্যবহারের পূর্বে সুস্বাস্থ্যের জন্য আমাদের কী করা প্রয়োজন তা ব্যাখ্যা করো।



চিত্র-৫.১ : পচনশীল খাদ্যসামগ্রীতে ক্ষতিকর রাসায়নিক পদার্থ মিশ্রিত রয়েছে

৫.২ প্রিজারভেটিভস ও খাদ্য সংরক্ষণ কৌশল

Preservatives & Food Safety Mechanism

বিভিন্ন প্রকার খাদ্য নষ্ট হয় ঈস্ট, মোল্ডস বা ছত্রাকের আক্রমণে পচন ক্রিয়ার মাধ্যমে অথবা জীবাণু বা ব্যাকটেরিয়া (microorganisms) দ্বারা নিঃসৃত উৎসেচক বা টক্সিন দ্বারা। খাদ্যবস্তুতে পানির উপস্থিতি এবং 30°–45°C তাপমাত্রা ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি ও এদের উৎসেচকের ক্রিয়া ত্বরান্বিত করার জন্য খুবই উপযোগী অবস্থা। ফলে এ অবস্থা খাদ্যবস্তুকে দ্রুত পচনে প্রভাবিত করে।

খাদ্য নষ্ট হওয়ার প্রধান কারণ : উদ্ভিজ্জ ফলমূল, শাক-সব্জি; প্রাণিজ মাছ-মাংসসহ যেকোনো কাঁচা বা রান্না করা খাদ্যবস্তু নষ্ট হওয়ার প্রধান কারণ হলো মূলত তিনটি। যেমন—

(১) জীবাণু (ব্যাকটেরিয়া, ঈস্ট, মোল্ডস্) দ্বারা পচন,

(২) এনজাইম বা উৎসেচকের প্রভাবে O_2 এর উপস্থিতিতে খাদ্যবস্তুর রাসায়নিক জারণ বা বিযোজন ও

(৩) ধাতব আয়নের প্রভাবে তৈল ও চর্বিযুক্ত খাদ্যবস্তুতে জারণ-বিযোজন বিক্রিয়া।

MCQ-5.2: খাদ্যের পচন ঘটার উপযোগী অবস্থা—
(i) খাদ্যে পানি থাকা (ii) ছত্রাক জন্মানো
(iii) তাপমাত্রা 45°C এর বেশি থাকা।
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও ii

সুতরাং জীবাণু দ্বারা খাদ্যবস্তুর পচন, এনজাইম দ্বারা খাদ্যবস্তুর জারণ ও ধাতব আয়ন (trace elements : Fe^{2+}, Fe^{3+}, Co^{3+}, Cu^{2+}) দ্বারা বর্ণ পরিবর্তন ও তৈল-চর্বির জারণ-বিযোজন ক্রিয়া থেকে খাদ্যবস্তুকে নিরাপদ রাখার জন্য বর্তমানে অনুমোদিত রাসায়নিক **ফুড প্রিজারভেটিভস** সঠিকভাবে মিশিয়ে খাদ্যবস্তুকে বহুদিন পর্যন্ত সংরক্ষণ করে ব্যবহার করা যায়।

নিরাপদ খাদ্য (Preserved food) : জীবাণু দ্বারা খাদ্যবস্তুর পচন, জীবাণু থেকে নিঃসৃত এনজাইম দ্বারা খাদ্যবস্তুর জারণ ও খাদ্যবস্তুকে বিষাক্ত করা থেকে নিরাপদ রাখার জন্য বর্তমানে অনুমোদিত রাসায়নিক **ফুড প্রিজারভেটিভস** সঠিক মাত্রায় ব্যবহার করে খাদ্যবস্তুকে বিশেষ পাত্রে ও বিশেষ পদ্ধতিতে সংরক্ষণ করা হয়। এরূপ সংরক্ষিত খাদ্যকে **নিরাপদ খাদ্য** বলা হয়।

খাদ্য সংরক্ষক বা ফুড প্রিজারভেটিভস : যেসব রাসায়নিক পদার্থ অল্প পরিমাণে খাদ্যবস্তুর সাথে মিশিয়ে খাদ্যবস্তুকে ফাংগাস ও ব্যাকটেরিয়ার আক্রমণ অথবা খাদ্যবস্তুর এনজাইমের প্রভাবে পচন রোধ করা যায়, সেসব পদার্থকে ফুড প্রিজারভেটিভস বা খাদ্য সংরক্ষক বলা হয়।

খাদ্য সংরক্ষক বা ফুড় প্রিজারভেটিভসকে মূলত দু'শ্রেণিতে ভাগ করা হয়; যেমন,

(১) প্রাকৃতিক ফুড প্রিজারভেটিভস্ (Natural food Preservatives) ও

(২) কৃত্রিম বা রাসায়নিক ফুড প্রিজারভেটিভস্ (Artificial or Chemical food Preservatives)।

এছাড়া (i) **খাদ্যবস্তুর শুষ্ককরণ** এবং (ii) **খাদ্যবস্তুকে নিম্নতাপমাত্রায় রেখে** পচনশীল খাদ্যবস্তুকে দীর্ঘকাল সংরক্ষণ করা সম্ভব।

(১) খাদ্যবস্তুর শুষ্ককরণ পদ্ধতি (Drying Process) : প্রখর রোদে অথবা তাপ প্রয়োগে পচনশীল খাদ্যবস্তুর শুষ্ককরণ এবং সংরক্ষণ একটি প্রাচীন পদ্ধতি। খাদ্যবস্তুতে পর্যাপ্ত পানির উপস্থিতি খাদ্যবস্তুতে ব্যাকটেরিয়া বৃদ্ধির সহায়ক। এছাড়া খাদ্যবস্তুতে এনজাইমের ক্রিয়া সংঘটনের জন্য খাদ্যবস্তুতে থাকা **'পানি-সক্রিয়তা'** হলো একটি প্রয়োজনীয় উপাদান বা ফ্যাক্টর। এক্ষেত্রে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় খাদ্যবস্তুতে থাকা পানি বা জলীয়বাষ্পের পরিমাণ এবং খাদ্যবস্তুর চারপাশের পরিবেশে থাকা জলীয়বাষ্পের পরিমাণের অনুপাতকে **'পানি-সক্রিয়তা' (a_W) বা water activity** বলা হয়।

পানি-সক্রিয়তা (a_W) এর মান 0 (শূন্য) থেকে 1.0 এর মধ্যে ধরা হয়। পানি-বাষ্পবিহীন সম্পূর্ণ শুষ্ক খাদ্যবস্তুতে $a_W = 0$ ধরা হয়; এতে কোনো ব্যাকটেরিয়া, ঈস্ট বা ছত্রাক (moulds) জন্মাতে পারে না। খাদ্যবস্তুতে ব্যাকটেরিয়া বৃদ্ধির জন্য $a_W > 0.90$ প্রয়োজন; ঈস্ট জন্মানোর জন্য $a_W > 0.88$ এবং ছত্রাক জন্মানোর জন্য $a_W > 0.80$ হতে হয়। এজন্য

খাদ্যবস্তুর কৌটাজাতকরণের ক্ষেত্রে পানি-সক্রিয়তা (a_w) এর মান 0.6 এর কম রাখা হয়; ফলে এ পরিবেশে ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি বা ঈস্ট, ছত্রাক জন্মাতে পারে না।

প্রখর রোদে খাদ্যবস্তু যেমন বিভিন্ন বীজ, সব্‌জির মধ্যে মূলা, মানকচু শুষ্ক করে (এক্ষেত্রে $a_w = 0$) সংরক্ষণ করা হয়। ফলের মধ্যে আঙ্গুরকে শুষ্ক করে কিস্‌মিস্; সামুদ্রিক মাছকে প্রখর রোদে শুকিয়ে শুটকি তৈরি করা হয়।

খাদ্যবস্তু সংরক্ষণে কেস্-হার্ডেনিং-এর ভূমিকা : প্রখর সূর্য-তাপে পচনশীল খাদ্যবস্তুকে শুকানো হলে ঐ সব খাদ্যবস্তুর বহির্ত্বক বা উপরিতল শক্ত হয়ে থাকে। ফলে পরিবেশ থেকে জলীয়বাষ্প খাদ্যবস্তুর ভেতরে প্রবেশে বাধা পায়, একে খাদ্যবস্তুর **কেস্-হার্ডেনিং** (case hardening) বলে। এতে খাদ্যবস্তু আয়তনে সংকুচিত হয়। যেমন কিস্‌মিস্, শুটকি ইত্যাদিতে কেস্-হার্ডেনিং ঘটে থাকে। তখন খাদ্যবস্তুর ওপর ব্যাকটেরিয়ার আক্রমণ ঘটে না; ঈস্ট ও ছত্রাক পানির অভাবে জন্মায় না। এরূপে, খাদ্য সংরক্ষণে কেস্-হার্ডেনিং ভূমিকা রাখে। [এখানে 'case' বলতে খাদ্যবস্তুর 'উপরিতল'কে বোঝায়।]

(২) খাদ্যবস্তুর শীতলকরণ পদ্ধতি (Cooling Process) : আধুনিককালে খাদ্যবস্তু দীর্ঘকাল সংরক্ষণে শীতলকরণ পদ্ধতি বহুলকরভাবে ব্যবহৃত হয়। শীতলকরণ পদ্ধতির সফলতার কারণ হলো অতিনিম্নতাপমাত্রায়, ব্যাকটেরিয়া সম্পূর্ণ নিষ্ক্রিয় এবং খাদ্যবস্তুর এনজাইম ক্রিয়াহীন থাকে। তখন তরল পানি বরফের কণায় পরিণত হওয়ায় 'পানি-সক্রিয়তা' (a_w) থাকে না। এক্ষেত্রে ব্যাকটেরিয়া কোষের সাইটোপ্লাজম জমাটবদ্ধ থাকায় কোষে পরিবহণ প্রক্রিয়া বন্ধ থাকে। এ প্রক্রিয়াটি দু স্তরে করা যায়। যেমন,

(i) **ফ্রিজিং বা শীতলকরণ :** এ স্তরে 0°C – 4°C নিম্নতাপমাত্রায় সাধারণ ফ্রিজে খাদ্যবস্তু সংরক্ষণ করা হয়; এবং

(ii) **ডিপফ্রিজিং বা হিমায়ন :** এ স্তরে – 5°C থেকে – 18°C নিম্নতাপমাত্রায় বা ডিপফ্রিজিং (deep freezing)-এ খাদ্যবস্তু সংরক্ষণ করা হয়। ডিপফ্রিজিং অবস্থায় ব্যাকটেরিয়া (– 5°C থেকে – 10°C এ) সম্পূর্ণভাবে নিষ্ক্রিয় হয়ে পড়ে।

৫.২.১ প্রাকৃতিক ফুড প্রিজারভেটিভস্ বা প্রাকৃতিক খাদ্য সংরক্ষক
Natural Food Preservatives

প্রকৃতি থেকে সরাসরি প্রাপ্ত এবং বহুকাল যাবৎ ব্যবহৃত কিছু রাসায়নিক বস্তু রয়েছে; এরা খাদ্যবস্তুর পচন রোধ করে। এসব প্রাকৃতিক রাসায়নিক বস্তুকে প্রাকৃতিক খাদ্য সংরক্ষক বা **প্রাকৃতিক ফুড প্রিজারভেটিভস** বলা হয়। এসবের মধ্যে রয়েছে খাদ্য লবণ (NaCl), চিনি, বিভিন্ন মসলাজাতীয় বস্তু যেমন হলুদ, রসুন, লবঙ্গ, সরিষার তেল ইত্যাদি। হলুদ হলো অ্যান্টি অক্সিডেন্ট, যা পচন কাজে বাধা দেয়। খাদ্য লবণ খাদ্যবস্তুর পানি শোষণ করে; এর ফলে ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি ঘটতে পারে না। রসুন বাটাও খাদ্য সংরক্ষকরূপে ব্যবহৃত হয়ে আসছে। সরিষার তেল ব্যাকটেরিয়াকে খাদ্যবস্তুর সংস্পর্শ থেকে দূরে রাখে।

MAT(17-18)

(১) খাদ্য লবণ (NaCl) দ্বারা খাদ্য সংরক্ষণ : পচনশীল খাদ্যবস্তুকে খাদ্য লবণ (NaCl) বা এর গাঢ় দ্রবণ দ্বারা সংরক্ষণ প্রক্রিয়াকে **কিউরিং** (curing) বলা হয়। NaCl খাদ্যবস্তুর পানি শোষণ করে নেয়, ফলে ব্যাকটেরিয়া জন্মাতে পারে না। মাছ, মাংস, কাঁচা ফল ও সবজিকে **কিউরিং পদ্ধতিতে** সংরক্ষণ করা যায়। এক্ষেত্রে 7 – 8% NaCl বা এর অধিক (15 – 20%) গাঢ় দ্রবণ ব্যবহার করে কাঁচা আম, আমলকি, চালতা, জলপাই, গাঁজর, কাঁচামরিচ ইত্যাদিকে সংরক্ষণ করা হয়। অপরদিকে সামুদ্রিক ইলিশ মাছকে লম্বালম্বিভাবে চাকু দিয়ে কেটে গুঁড়া লবণ ঢুকিয়ে সংরক্ষণ করা হয়।

(২) সরিষার তেল দ্বারা খাদ্য সংরক্ষণ : আর্দ্রতামুক্ত সরিষার তেল, ব্যাকটেরিয়া ও ফাংগাস জন্মাতে বাধা দেয়। তাই সরিষার তেল গরম করে অথবা প্রখর রোদে আর্দ্রতা মুক্ত করে বিভিন্ন ফলের মসলাযুক্ত আচার তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(৩) চিনি দ্বারা খাদ্যবস্তু সংরক্ষণ : চিনি দ্বারা খাদ্যবস্তু সংরক্ষণ চিনির ঘনমাত্রার ওপর নির্ভর করে। কার্বোহাইড্রেট বা শর্করা যেমন, আটা বা চালের গুঁড়া দিয়ে তৈরি খাদ্যবস্তুকে চিনির সিরাপে বা 65 – 70% চিনির দ্রবণে ডুবিয়ে নিলে ঐ খাদ্যবস্তু দীর্ঘদিন অবিকৃত থাকে। চিনির গাঢ় দ্রবণ বা সিরাপের সংস্পর্শে ব্যাকটেরিয়া কোষের মধ্যস্থ জলীয় অংশকে চিনির গাঢ় দ্রবণ অভিস্রবণ বা অসমোসিস (osmosis) প্রক্রিয়ায় শুষে নেয়। ফলে ব্যাকটেরিয়া বিনষ্ট হয়।

RMDAC

এছাড়া জ্যাম, জেলি, আচার, কাসন্দ, মোরব্বা, কমলালেবুর আচার সংরক্ষণে চিনি পচনরোধকরূপে ব্যবহৃত হয়। এক্ষেত্রে পেয়ারা, আপেল, আনারস জাতীয় ফলকে কেটে পরিষ্কার করে চিনির সিরাপ বা ঘন দ্রবণে রেখে বায়ু নিরোধী করে বোতলে দীর্ঘদিন রাখা যায়।

আচার তৈরি (Pickling) : ব্যাকটেরিয়ারোধক তরল পদার্থ যেমন ভোজ্য সরিষার তেল, ভিনেগার (6–10% অ্যাসিটিক এসিড) ও মরিচ মসল্লার মিশ্রণে সিদ্ধ করা কাঁচা ফলের সংরক্ষণ প্রক্রিয়াকে **পিক্‌লিং বা আচার তৈরি করা বলা হয়।** এ প্রক্রিয়ায় বর্তমানে বাজারের জ্যাম ও জেলি তৈরি করা হয়। ছোটো বীজযুক্ত কাঁচা ফল যেমন, আম, পেয়ারা, আমলকি ইত্যাদিকে পরিষ্কার করে খোসা ফেলে ছোটো করে কেটে সিদ্ধ করা হয়। পরে কাচের বোতলে ভর্তি করে ব্যাকটেরিয়ারোধক মিশ্রণটি দিয়ে বোতলের মুখ বায়ুরোধক করা হয়। এরূপে আচার তৈরি হলো। আচারের বোতলকে ফ্রিজে রাখা হয়।

বর্তমানে আচারে ব্যবহৃত ব্যাকটেরিয়ারোধক মিশ্রণের পরিবর্তে অনুমোদিত প্রিজারভেটিভ ব্যবহার করে **জ্যাম** তৈরি করা হচ্ছে। আবার পরিষ্কার করা কাঁচা ফলকে সিদ্ধ করে এর পেস্ট নিয়ে প্রিজারভেটিভ ব্যবহার করে বোতলে তৈরি করা হচ্ছে **জেলি**। এ দুটি হলো আচার তৈরির আধুনিক সংস্করণ।

শিক্ষার্থীর কাজ-৫.২ : খাদ্য সংরক্ষণভিত্তিক :

প্রশ্ন-৫.৩ : খাদ্য সংরক্ষকরূপে চিনি বা সুগারের ভূমিকা ব্যাখ্যা করো। [কু. বো. ২০১৫]

প্রশ্ন-৫.৪ : জেম ও জেলির মধ্যে পার্থক্য ও তৈরি করার প্রক্রিয়ার ভিন্নতা সারণিতে দেখাও।

প্রশ্ন-৫.৫ : খাদ্য সংরক্ষণের প্রাচীন ৩টি পদ্ধতির সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

৫.২.২ অনুমোদিত রাসায়নিক ফুড প্রিজারভেটিভস্ বা খাদ্য সংরক্ষক
Approved Chemical Food Preservatives

সংজ্ঞা : খাদ্যবস্তুর পচনরোধকরূপে নির্দিষ্ট স্বল্প মাত্রায় ব্যবহৃত রাসায়নিক পদার্থসমূহকে কৃত্রিম বা রাসায়নিক ফুড প্রিজারভেটিভস্ বলা হয়। আন্তর্জাতিকভাবে অনুমোদিত রাসায়নিক ফুড প্রিজারভেটিভসমূহ তিন শ্রেণিভুক্ত। যেমন,

(ক) অ্যান্টি মাইক্রোবায়েল এজেন্ট, (খ) অ্যান্টি অক্সিডেন্ট এজেন্ট, (গ) কিলেটিং এজেন্ট।

(ক) অ্যান্টি মাইক্রোবায়েল (antimicrobials) : অ্যান্টিমাইক্রোবায়েল রাসায়নিক প্রিজারভেটিভস্ ব্যাকটেরিয়া, ঈস্ট ও মোল্ডস-এর বৃদ্ধি প্রতিহত করে। এসব রাসায়নিক পদার্থ মাইক্রো অর্গানিজম কোষের মেমব্রেন ফাটিয়ে দেয়, এনজাইমের ক্রিয়া রোধ করে থাকে। এসব প্রিজারভেটিভ অম্লধর্মী হয়। যেমন—

(১) সোডিয়াম বেনজোয়েট ও বেনজয়িক এসিড (m.p. 121°C) [কঠিন]
(২) পটাসিয়াম সরবেট, সোডিয়াম সরবেট ও ক্যালসিয়াম সরবেট (কঠিন)
(৩) সায়ট্রিক এসিড (কঠিন, m.p. 153°C)
(৪) অ্যাসিটিক এসিড (তরল, b.p. 118°C)
(৫) ক্যালসিয়াম প্রোপানোয়েট $(C_2H_5COO)_2Ca$ (s)
(৬) নাইট্রেট ও নাইট্রাইট লবণ, $(NaNO_3, KNO_3, NaNO_2)$(s)
(৭) সালফাইট, SO_2 গ্যাস (পটাসিয়াম মেটাবাইসালফাইট, $K_2S_2O_5$)

MCQ-5.3: ব্যাকটেরিয়া জন্মানোর পরিবেশ—
(i) খাদ্য উৎপাদন (ii) পানি থাকা
(iii) খাদ্যের pH 4.5 – 6.5 থাকা
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii
(গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও ii

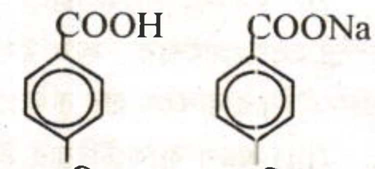
*** রাসায়নিক প্রিজারভেটিভসের বৈশিষ্ট্য :**

(১) প্রিজারভেটিভ হলো দুর্বল জৈব কার্বক্সিলিক এসিড ও এদের লবণ এবং নাইট্রিক ও নাইট্রাস এসিড, সালফিউরাস এসিডের লবণ।

(২) এসব লবণ পানিতে দ্রবীভূত অবস্থায় আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে এদের মাতৃএসিড উৎপন্ন করে।

(৩) এসব এসিডের pH মান 4.74 (CH_3COOH) থেকে নিম্নমান 3.14 (সায়ট্রিক এসিড) এর মধ্যে থাকে।

(৪) এ অম্লীয় মাধ্যম ব্যাকটেরিয়া বৃদ্ধির জন্য প্রতিকূল পরিবেশ হওয়ায় এসব রাসায়নিক পদার্থ কার্যকর প্রিজারভেটিভ-এর ভূমিকা রাখে।



বেনজয়িক এসিড সোডিয়াম বেনজোয়েট

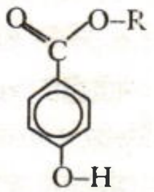
(১) সোডিয়াম বেনজোয়েট ও বেনজয়িক এসিড : সোডিয়াম বেনজোয়েট হলো বেনজয়িক এসিডের লবণ, এদের আণবিক সংকেত হলো C_6H_5COONa, C_6H_5COOH; সোডিয়াম বেনজোয়েট পানিতে দ্রবীভূত অবস্থায় বেনজয়িক এসিডে পরিণত হয়। তাই উভয়ের ব্যবহার একই ফলদায়ক। উভয় যৌগ অ্যান্টি মাইক্রোবায়েল (antimicrobial) অর্থাৎ বেনজয়িক এসিড বা এর লবণের সংস্পর্শে মাইক্রো অর্গানিজম্স্ বা ক্ষতিকর জীবাণু মরে যায়।

অ্যান্টি-ব্যাকটেরিয়াল কার্যকারিতা :

* (১) সোডিয়াম বেনজোয়েট ও বেনজয়িক এসিড এর pH মান 4.2 ($K_a = 6.3 \times 10^{-5}$); তাই এদের অ্যান্টিমাইক্রোবায়েল **কার্যকারিতা pH 4.5 এর নিচে বেশি থাকে।**
* (২) সোডিয়াম বেনজোয়েট ও বেনজয়িক এসিড ঈস্ট, মোল্ডস ও কিছু ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধিকে প্রতিরোধ করে।
* (৩) প্রিজারভেটিভসরূপে এদের অনুমোদিত ব্যবহারযোগ্য **সর্বাধিক মাত্রা হলো 0.1%**। অনুরূপভাবে বেনজয়িক এসিডের প্রতিস্থাপিত যৌগ মিথোক্সিবেনজয়িক এসিড ও প্যারামিথাইল বেনজয়িক এসিড প্রিজারভেটিভস্রূপে কাজ করে।

ব্যবহার : প্রক্রিয়াজাত খাবার যেমন **চানাচুর, চিপস্, বিভিন্ন** পনির, **সালাত, বিভিন্ন ফলের আচার ও টমেটো সস্** ইত্যাদিতে অনুমোদিত 0.1% পরিমাণে সোডিয়াম বেনজোয়েট প্রিজারভেটিভরূপে মিশানো হয়।

বিশেষ দ্রষ্টব্য : প্যারাহাইড্রক্সি বেনজয়িক এসিডের কিছুসংখ্যক এস্টার প্যারাবেন (paraben) নামে কসমেটিক ও ওষুধশিল্পে এবং খাদ্যদ্রব্য সংরক্ষণে দীর্ঘদিন ব্যবহৃত হচ্ছে। বেনজয়িক এসিডের para অবস্থানে –OH মূলক থাকায় এরূপ নামকরণ হয়েছে। এসব প্যারাবেন সদস্য হলো মিথাইল প্যারাবেন, ইথাইল প্যারাবেন, প্রোপাইল প্যারাবেন ও বিউটাইল প্যারাবেন।



অ্যালকাইল প্যারাবেন

এদের সাধারণ সংকেতে এসব অ্যালকাইলমূলকের জন্য –R যুক্ত আছে। এদের অনুমোদিত মাত্রা 0.1% কম হয়। বর্তমানে এসব প্যারাবেন নিম্নোক্ত কারণে বিতর্কিত অবস্থায় আছে। জানা গেছে,

(i) ব্রেস্ট ক্যানসারের টিউমারের প্রতি গ্রাম টিস্যুতে 2×10^{-9} গ্রাম এসব প্যারাবেনের উপস্থিতি রয়েছে।

(ii) এসব প্যারাবেন কৃত্রিম ইস্ট্রোজেন (estrogen) নামক হরমোন তৈরি করে, যা ব্রেস্ট ক্যানসার ও বালিকাদের অগ্রিম বয়ঃসন্ধিক্ষণ ঘটতে ভূমিকা রাখে।

(২) পটাসিয়াম সরবেট, সোডিয়াম সরবেট ও ক্যালসিয়াম সরবেট : সরবিক এসিডের এসব লবণ পানিতে দ্রবীভূত অবস্থায় আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে সরবিক এসিড ($C_6H_8O_2$) উৎপন্ন করে; যা ব্যাকটেরিয়া ও এর স্পোর (spore) বিনষ্ট করে। সরবিক এসিড হলো 2, 4- হেক্সাডাই-ইন-ওয়িক এসিড, ($CH_3–CH=CH–CH=CH–COOH$)।

অ্যান্টি-ব্যাকটেরিয়াল কার্যকারিতা : পটাসিয়াম সরবেট পৃথিবীর সর্বত্র খাদ্যবস্তুর প্রিজারভেটিভরূপে ব্যবহৃত হয়।

* (১) এসব সরবেট লবণ প্রিজারভেটিভের ব্যাকটেরিয়া দমন ক্ষমতা pH এর নিম্ন মান 6.5 পর্যন্ত কার্যকর থাকে। কিন্তু pH 4.5 এর নিচে পর্যন্ত সোডিয়াম বেনজোয়েট-এর কার্যকর ক্ষমতা থাকে। ভিনেগার বা, 6 – 10% অ্যাসিটিক এসিড এর **ব্যাকটেরিয়া দমন ক্ষমতা এর pH মান** (2.26—2.73) **পর্যন্ত কার্যকর থাকে।**
* (২) এ অম্লীয় সরবেট প্রিজারভেটিভ কার্যকরভাবে ঈস্ট, মোল্ডস ও ব্যাকটেরিয়া দমন করতে পারে।
* (৩) বেনজোয়েট লবণের মতোই সরবেট লবণের অনুমোদিত ব্যবহারযোগ্য **সর্বাধিক মাত্রা হলো 0.1%।**
* (৪) পটাসিয়াম সরবেট লবণ ব্যবহার করে **দই, মিষ্টি, পনির, মাখন ও বেকারিসামগ্রী সংরক্ষণ** করা হয়।
* (৫) বিভিন্ন মাইক্রো অর্গানিজম-এর বিরুদ্ধে অধিকতর কার্যকর প্রতিরোধের জন্য সরবেট লবণ ও বেনজোয়েট লবণ মিশ্রণ ব্যবহৃত হয়।

সতর্কতা : (i) মাইক্রো অর্গানিজম-এর **উচ্চহার বৃদ্ধি স্তরে** বেনজোয়েট ও সরবেট লবণদ্বয়ের মিশ্রণ অনুমোদিত মাত্রায় ব্যবহার করলেও তা ব্যাকটেরিয়া দমনে কার্যকর প্রভাব রাখতে পারে না।

(ii) খাদ্যবস্তু প্রক্রিয়াকরণে উন্নত প্রযুক্তি ব্যবহার, প্রক্রিয়াকরণে ব্যবহৃত কাঁচামাল ও প্রক্রিয়াকৃত উৎপাদ উন্নতমান সম্পন্ন হওয়া আবশ্যক। ফলে উৎপন্ন খাদ্যবস্তুতে মাইক্রো অর্গানিজম বা **ব্যাকটেরিয়ার সম্ভাব্য উপস্থিতি ন্যূনতম থাকে।** তখন ব্যাকটেরিয়ার ন্যূনতম হার বৃদ্ধিস্তরে প্রিজারভেটিভ কার্যকর ভূমিকা রাখতে পারে।

(iii) এরূপ ব্যাকটেরিয়ার উপস্থিতি ন্যূনতম হার নিশ্চিত করতে সমস্ত প্রক্রিয়াটিকে শ্রমিকের হাতের সংস্পর্শ মুক্ত রাখা উচিত।

(৩) অ্যাসিটিক এসিড [CH_3COOH, $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$, $pK_a = 4.74$] : বেনজয়িক এসিড ও সায়ট্রিক এসিডের মতো (6—10%) অ্যাসিটিক এসিডের pH (2.26—2.73) এর গড় 2.5 অ্যান্টিমাইক্রোবায়েল বা জীবাণুনাশক হয়। তাই তরল প্রিজারভেটিভ হিসেবে অ্যাসিটিক এসিডের 6 – 10% জলীয় দ্রবণ ভিনেগার নামে আচার, চাটনি, সস্ প্রভৃতি সংরক্ষণে ব্যবহৃত হয়।

(৪) ক্যালসিয়াম প্রোপানোয়েট $(C_2H_5COO)_2Ca$: প্রোপানোয়েট লবণটি পানিতে দ্রবীভূত ও পানিসহ অ্যানায়নিক আর্দ্রবিশ্লেষণ ঘটায়। তখন উৎপন্ন প্রোপানোয়িক এসিডের, $K_a = 1.3 \times 10^{-5}$, $pK_a = 4.89$ হয়। এ অম্লীয় পরিবেশে মোল্ড জাতীয় মাইক্রো অর্গানিজম জন্মাতে না পারায় ক্যালসিয়াম বা সোডিয়াম প্রোপানোয়েট পাউরুটি, বিস্কুট, দুগ্ধজাত মাখন ও পনির প্রভৃতি সংরক্ষণে বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়। অনুমোদিত মাত্রা 0.1 – 0.3 ppm। DAT(২০-২১)

(৫) সায়ট্রিক এসিড [$HOC(CH_2)_2(COOH)_3$, $K_{a1} = 7.4 \times 10^{-4}$, $pK_{a1} = 3.14$] : জেনেভা পদ্ধতিতে সায়ট্রিক এসিডের নাম হলো 2-হাইড্রক্সি প্রোপেন-1, 2, 3-ট্রাইকার্বক্সিলিক এসিড। সায়ট্রিক এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক K_{a1} এর মান বেনজয়িক এসিডের K_a (6.3×10^{-5}) এর মান থেকে বেশি। অম্লীয় পরিবেশে উভয় এসিডের অ্যান্টিমাইক্রোবায়েল কার্যকারিতা আছে। তাই ঈস্ট, মোল্ডস ও ব্যাকটেরিয়া প্রতিরোধকরূপে সায়ট্রিক এসিড জ্যাম, জেলি, ক্যান্ডি, রান্না করা মাছ, মাংস ও কৌটা প্রক্রিয়াজাত খাদ্য সংরক্ষণে ব্যবহৃত হয়। অনুমোদিত মাত্রা 200 – 350 ppm।

(৬) নাইট্রেট ও নাইট্রাইট লবণ : জারক পদার্থরূপে KNO_3, KNO_2 বা, $NaNO_3$, $NaNO_2$ লবণ ফুড প্রিজারভেটিভরূপে ব্যবহৃত হয়। এসব লবণ ব্যাকটেরিয়া বিশেষত ক্লস্ট্রিডিয়াম বটুলিনাম (Clostridium botulinum) এর কোষ মেমব্রেন ফাটিয়ে দেয়, এনজাইমের ক্রিয়া প্রতিরোধ করে। **মাংস ও মাংসজাত খাদ্য সংরক্ষণে নাইট্রাইট ও নাইট্রেট লবণ ব্যবহৃত হয়।** অনুমোদিত মাত্রা 120 ppm।

বর্তমানে জানা গেছে, এসব জারণধর্মী লবণ মাংসের প্রোটিনের সাথে বিক্রিয়া করে নাইট্রোসো অ্যামিন সৃষ্টি করে; যা ক্যান্সার সৃষ্টির কারণ হতে পারে। তাই জার্মানি, নরওয়েতে এসব লবণ খাদ্য সংরক্ষকরূপে নিষিদ্ধ হয়েছে।

(৭) SO_2 বা সালফাইট লবণ : SO_2 গ্যাস সরাসরি ব্যবহৃত হয় না; সালফাইট লবণ (Na_2SO_3) অথবা পটাসিয়াম মেটা ডাইসালফাইট ($K_2S_2O_5$ বা পাইরোসালফাইট) রূপে ব্যবহার করা হয়। কাঁচা ফল, ফলের রস, মদ ও সবুজ শাক-সবজি সংরক্ষণে সালফাইট লবণ ব্যবহৃত হয়।

ফলের রসে থাকা বিভিন্ন লঘু এসিড যেমন সায়ট্রিক এসিড, টারটারিক এসিড এসব সালফাইট লবণসহ বিক্রিয়া করে SO_2 গ্যাস উৎপন্ন করে, যা খাদ্যবস্তুর জারণ রোধ করে, এনজাইমের ক্রিয়াকে বাধা দেয় এবং ব্যাকটেরিয়া, ঈস্ট, মোল্ড ইত্যাদির উপাদানের সাথে যুত-যৌগ (additive compound) গঠন করে।

$$Na_2SO_3 + acid \rightarrow SO_2 + [Na_2O + acid]$$

$$K_2S_2O_5 + acid \rightarrow 2SO_2 + [K_2O + acid]$$

MCQ-5.4 : খাদ্যদ্রব্য পচনে অন্যতম সহায়ক কোনটি? [চ. বো. ২০১৫]
(ক) SO_2 (খ) N_2O (গ) NO_2 (ঘ) O_2

(খ) অ্যান্টি অক্সিডেন্ট (Anti Oxidant) : সংজ্ঞা : চর্বি বা লিপিড অণুর জারণ-বিয়োজনে অংশ গ্রহণকারী O_2 অণু ও লিপিড অণু থেকে সৃষ্ট মুক্ত মূলককে শোষণ করে কিছু রাসায়নিক পদার্থ চর্বিযুক্ত খাদ্যবস্তুর পচন রোধ করে। এসব রাসায়নিক পদার্থকে অ্যান্টি অক্সিডেন্ট বলে।

চর্বি বা লিপিড অণু (L–H) সমূহ O_2 এর সংস্পর্শে সমযোজী বন্ধন ভেঙ্গে বিজোড় ইলেকট্রন যুক্ত লিপিড মূলক বা মুক্ত মূলক (L.) ও পারঅক্সিহাইড্রোজেন মূলক সৃষ্টি করে, যা পরে চেইন বিক্রিয়ার মাধ্যমে পচন ঘটায়। ফলে খাদ্যবস্তুতে কালো দাগ ও দুর্গন্ধ সৃষ্টি হয়।

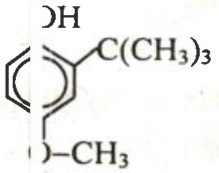
(1) লিপিড অণু ও O_2 এর মুক্তমূলক সৃষ্টি; L..H + O_2 ⟶ L. + H–O–O.
(2) O_2 সহ পারঅক্সিলিপিড মুক্তমূলক সৃষ্টি; L. + O_2 ⟶ L–O–O.
(3) অস্থায়ী হাইড্রোপারঅক্সাইড অণু গঠন; LOO. + H..L ⟶ LOOH + L.
(4) প্রাথমিক অতীব সক্রিয় মুক্তমূলক সৃষ্টি; L-OOH ⟶ L. + HOO.

এ অ্যান্টিঅক্সিডেন্ট অণু (A–H) লিপিড মুক্তমূলক (L.) এর সাথে বিক্রিয়া করে লিপিড অণু (L–H) ও অধিক স্থায়ী কম সক্রিয় অ্যান্টিঅক্সিডেন্ট মুক্ত মূলক (A.) সৃষ্টি করে। ফলে পচনের জারণ-বিয়োজন চেইন বিক্রিয়া বন্ধ হয়।

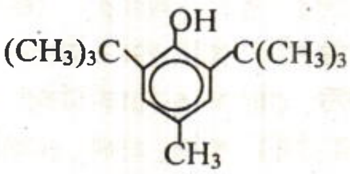
A–H + L. ⟶ L–H + A. (অধিক স্থায়ী মূলক)

* মুক্তমূলক শোষণকারী অ্যান্টি-অক্সিডেন্ট হলো : (১) বিউটাইলেটেড হাইড্রক্সি এনিসল, BHA (butylated hydroxy anisole); (২) বিউটাইলেটেড হাইড্রক্সি টলুইন, BHT; (৩) টারসিয়ারি বিউটাইল হাইড্রকুইনোন, TBHQ; (৪) প্রোপাইল গ্যালেট (Propyl gallate)।

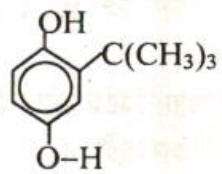
* অক্সিজেন শোষণকারী অ্যান্টিঅক্সিডেন্ট : (১) ভিটামিন-C, (২) ভিটামিন-E, (৩) সালফাইট লবণ।



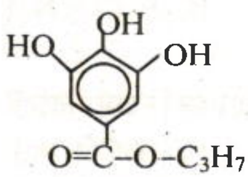
Butylated hydroxy anisole (BHA)



Butylated hydroxy toluene(BHT)



Tertiary butyl hydroquinone (TBHQ)



Propylgallate

*অ্যান্টিঅক্সিডেন্টসমূহ দু শ্রেণিভুক্ত; যেমন— (i) প্রাকৃতিক অ্যান্টিঅক্সিডেন্ট ও (ii) অনুমোদিত কৃত্রিম অ্যান্টি-অক্সিডেন্ট।

প্রাকৃতিক অ্যান্টিঅক্সিডেন্টসমূহ বিভিন্ন প্রাকৃতিক খাদ্য-বস্তুর উৎসে থাকে। যেমন,

(১) ভিটামিন-C বা এসকরবিক এসিড : টক ফল, বিভিন্ন শাকসবজি, কাঁচা মরিচ ইত্যাদি।

(২) ভিটামিন-E বা টকোফেরল : সবুজ শাক-সবজি, শস্য-দানা বা বীজ, গমের অংকুর, উদ্ভিজ্জ তৈল (সয়াবিন তৈল, সরিষা তৈল) ইত্যাদি।

(৩) বিটা (β) ক্যারোটিন : মিষ্টি কুমড়া, মিষ্টি আলু, টমেটো, গাজর, বিভিন্ন ফল যেমন তরমুজ, জাম, এপ্রিকট ইত্যাদি।

(৪) অধাতু সেলেনিয়াম, Se(34) : মাছ, মুরগির মাংস, ডিম, রসুন ইত্যাদি।

আন্তর্জাতিক খাদ্য সংস্থা কর্তৃক অনুমোদিত কৃত্রিম অ্যান্টিঅক্সিডেন্টসমূহ হলো BHA, BHT, TBHQ ও প্রোপাইল গ্যালেট।

(গ) কিলেটিং এজেন্ট (Chelating Agent) : খাদ্যবস্তুর মধ্যে থাকা অবস্থান্তর ধাতুর আয়ন (trace elements : Fe^{2+}, Fe^{3+}, Co^{3+}, Cu^{2+}) তৈল-চর্বির জারণ-বিয়োজন ক্রিয়ায় প্রভাবকরূপে ক্রিয়া করে এবং বিভিন্ন ভিটামিনকে নষ্ট করে। যেমন কপার আয়ন দ্বারা এসকরবিক এসিড, ভিটামিন-E, থায়ামিন, ফলিক এসিড বিনষ্ট হয় এবং Cu ও Fe উভয়ে চর্বিতে দ্রবণীয় ভিটামিন-A বিনষ্ট করে ও খাদ্যবস্তুকে বিবর্ণ করে। তাই কিলেটিং এজেন্ট দ্বারা এসব অবস্থান্তর ধাতুর আয়ন বা trace element সমূহকে নিষ্ক্রিয় করা হয়।

কিলেটিং এজেন্ট : খাদ্যবস্তুর মধ্যস্থ বিভিন্ন অবস্থান্তর ধাতুর আয়নকে দু বা ততোধিক সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা আবদ্ধ রাখতে যে রাসায়নিক যৌগ ব্যবহৃত হয়, এদেরকে **কিলেটিং এজেন্ট** বলে। (Greek 'Chele (কিলে) = Crab's Claw)। খাদ্যবস্তু সংরক্ষণে শিল্পক্ষেত্রে সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত কিলেটিং এজেন্ট হলো EDTA [ethylene diamine tetra acetate, $[(^{-}O_2C{-}H_2C)_2\ddot{N}{-}CH_2CH_2{-}\ddot{N}(CH_2CO_2^{-})_2]$ এর চারটি O পরমাণু ও দুটি N পরমাণুতে মোট ছয়টি কার্যকর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল আছে। তাই EDTA আয়ন লিগ্যান্ড বা কিলেটিং এজেন্টরূপে Fe^{2+}, Fe^{3+} ও Co^{3+} এর সাথে ছয়টি সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা আবদ্ধ হতে পারে। এছাড়া দ্বিদন্তী লিগ্যান্ড (bidentate ligand) যেমন ইথিলিন ডাইঅ্যামিন ($H_2\ddot{N}{-}CH_2{-}CH_2{-}\ddot{N}H_2$) কিলেটিং এজেন্ট ব্যবহৃত হয়।

ফুড অ্যাডিটিভস (Food additives) : প্রিজারভেটিভসের সাথে খাদ্যের গন্ধ, স্বাদ ও রং ইত্যাদিকে উন্নত করার জন্য ফুড অ্যাডিটিভস নামক বিশেষ রাসায়নিক পদার্থ খাদ্যের সাথে মিশানো হয়। যেমন,

সারণি-৫.১ : খাদ্য সংরক্ষণে ব্যবহৃত বিভিন্ন রাসায়নিক পদার্থ ও এদের ভূমিকা :

রাসায়নিক পদার্থ, সংকেত	শ্রেণি	ব্যবহারের উদ্দেশ্য ও ক্ষেত্র	অনুমোদিত মাত্রা
১। প্রিজারভেটিভস			
(ক) সোডিয়াম বেনজয়েট ($C_6H_5CO_2Na$),	অ্যান্টিমাইক্রোবিয়াল, কার্যকরী pH < 4.5	**ঈস্ট, মোল্ডস্ ও বিভিন্ন অণুজীব ধ্বংসকারী।** ফলের রস, আচার, জেলি, পনির, পাউরুটি, বিস্কুট, সফট ড্রিংকস।	(ক) 200 ppm
(খ) সোডিয়াম সরবেট ($C_5H_7CO_2Na$)	অ্যান্টিমাইক্রোবিয়াল, কার্যকরী pH < 6.5	ঈস্ট, মোল্ডস্ ও ব্যাকটেরিয়া ধ্বংস করে। দই, মিষ্টি, পনির, মাখন, বেকারি সামগ্রী।	(খ) 200 ppm
(গ) অ্যাসিটিক এসিড (ভিনেগার)	অ্যান্টিমাইক্রোবিয়াল, কার্যকরী pH < 2.5	ঈস্ট, মোল্ডস্ ও ব্যাকটেরিয়া ধ্বংস করে। আচার, চাটনি, সস্।	(গ) 6–10%
(ঘ) প্রোপানোয়েটসমূহ : $(CH_3CH_2CO_2)_2Ca$	অ্যান্টিমাইক্রোবিয়াল, কার্যকরী pH < 4.9	ঈস্ট মোল্ডস্, বিভিন্ন অণুজীব ধ্বংসকারী। ফলের রস, কেক, পনির।	(ঘ) 0.1–0.3%
(ঙ) $KHSO_3$, SO_2	অ্যান্টিমাইক্রোবিয়াল,	ঈস্ট, মোল্ডস্ ও ব্যাকটেরিয়া ধ্বংস করে। মদ, জুস ও শুকনো ফল।	(ঙ) 200 ppm
(চ) সায়ট্রিক এসিড ($C_6H_8O_7$)	অ্যান্টিমাইক্রোবিয়াল, কার্যকরী pH < 4.5	ঐ। এছাড়া কৌটাজাতকৃত খাদ্য, মাছ, মাংস।	(চ) 200–350 ppm
(ছ) $NaNO_3$, $NaNO_2$	ঐ, ক্লসট্রিডিয়াম বটুলিনামনাশক	সামুদ্রিক মাছ ও মাংস সংরক্ষণে ব্যবহৃত। ঐ	(ছ) 120 ppm
২। অ্যান্টিঅক্সিডেন্ট			
(ক) বিউটাইলেটেড হাইড্রক্সি টলুইন (BHT), $C_{15}H_{24}O$	**অ্যান্টিঅক্সিডেন্টস্** খাদ্যবস্তুকে জারণ মুক্ত রাখে।	ঈস্ট ও মোল্ডস্ ধ্বংস করে। আলুর ক্রিপস্, ক্যান্ডি, জেলি, চুয়িং গাম, মাখন।	(ক) 200 ppm
(খ) বিউটাইলেটেড হাইড্রক্সি এনিসল (BHA), $C_{11}H_{16}O_2$	অ্যান্টিঅক্সিডেন্ট	কনফেকশনারি দ্রব্য, পনির, স্ন্যাকস, ঝলসানো মাংস ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়।	(খ) 100 ppm
(গ) tert-বিউটাইল হাইড্রো কুইনোন (TBHQ) $C_{10}H_{14}O_2$	অ্যান্টিঅক্সিডেন্ট	,,	(গ) 100 ppm

রাসায়নিক পদার্থ, সংকেত	শ্রেণি	ব্যবহারের উদ্দেশ্য ও ক্ষেত্র	অনুমোদিত মাত্রা
৩। ফুড অ্যাডিটিভস			
(ক) সুগন্ধবর্ধক, যেমন ফলের এসেন্স।	সুগন্ধ বস্তু	খাদ্যবস্তুকে সুগন্ধ ও গ্রহণীয় করার জন্য। আইসক্রিমে ফলের সুগন্ধ রস মিশানো হয়।	—
(খ) ইমালসিফায়ার যেমন লেসিথিন (E 322), বা অ্যাসিটিক এসিডের গ্লিসারাইড এস্টার।	তৈল-চর্বিকে পানিতে মিশ্রণের জন্য।	তৈলজাতীয় পদার্থকে পানিতে মিশ্রিত করার জন্য ব্যবহৃত। বাজারের গুঁড়া দুধে মিশানো হয়।	—
(গ) রঙিন বস্তু (Colouring)	ডাই (dye)	তৈরি করা খাদ্যবস্তুতে গ্রহণযোগ্য রং সৃষ্টি।	
(ঘ) সরবিটল, $C_6H_8(OH)_6$ (E 420)	মিষ্টিকারক (Sweetener)	চিনি ছাড়া ভিন্ন মিষ্টিকারক। শিশুর দাঁত ক্ষয়রোধক, ডায়াবেটিক চকলেট, রোগীর হিতকর।	

* ইউরোপিয়ান কমিউনিটি কর্তৃক অনুমোদিত বিভিন্ন ফুড অ্যাডিটিভের নির্দিষ্ট নম্বর E এর সাথে যুক্ত থাকে; যেমন সরবিটল হলো E 420।

> **শিক্ষার্থীর কাজ-৫.৩ : রাসায়নিক ফুড প্রিজারভেটিভসভিত্তিক :**
>
> প্রশ্ন-৫৬ : প্রিজারভেটিভস খাদ্যবস্তুকে সংরক্ষণ করে কীভাবে? [মা. বো. ২০২২; রা. বো. ২০১৫]
>
> প্রশ্ন-৫৭ : রাসায়নিক প্রিজারভেটিভের বৈশিষ্ট্যসমূহ উল্লেখ করো।
>
> প্রশ্ন-৫৮ : সোডিয়াম বেনজোয়েট ও পটাসিয়াম সরবেটের অ্যান্টিব্যাকটেরিয়াল কার্যকারিতার তুলনা করো।
>
> প্রশ্ন-৫৯ : ফল সংরক্ষণে প্রিজারভেটিভরূপে সালফাইট লবণের ভূমিকা ব্যাখ্যা করো।
>
> প্রশ্ন-৫১০ : অ্যান্টিঅক্সিডেন্ট চর্বির পচনরোধে কীভাবে কাজ করে ব্যাখ্যা করো।

৫.৩ কৌটাজাতকরণ বা ক্যানিং-এর মূলনীতি

Canning's Basics

কৌটাজাতকরণ বা ক্যানিং-এর মূলনীতি : কৌটাজাতকরণ বা ক্যানিং হলো খাদ্যবস্তু সংরক্ষণের একটি নির্ভরযোগ্য তাপীয় বায়ুশূন্যকরণ (Thermal Anaerobic) উন্নত পদ্ধতি। ক্যানিং প্রক্রিয়ায় খাদ্যবস্তুকে কৌটা বা জারে রেখে ঢাকনি দ্বারা কৌটার মুখ হালকাভাবে বন্ধ রেখে উচ্চতাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। এ উত্তপ্ত অবস্থায় খাদ্যবস্তুতে থাকা মাইক্রো অর্গানিজম বা ব্যাকটেরিয়া ধ্বংস হয়, এনজাইম বিনষ্ট হয় ও কৌটা থেকে অক্সিজেন অপসারিত হয়। কৌটার মধ্যে খাদ্যবস্তু আবদ্ধ থাকায় বাতাসে থাকা জীবাণু খাদ্যবস্তুর সংস্পর্শে আসতে পারে না। এরূপে কৌটাবদ্ধ খাদ্যবস্তু নিরাপদে সংরক্ষিত থাকে।

কৌটাজাতকরণের সতর্কতা : কৌটাজাতকরণ সঠিকভাবে অনুসৃত না হলে ঐ খাদ্যবস্তুতে **ক্লস্ট্রিডিয়াম বটুলিনাম** ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি ঘটে এবং তাদের থেকে নিঃসৃত বিষাক্ত উৎসেচক বা টক্সিন যুক্ত হয়। খাদ্যবস্তুর এ অবস্থাকে বটুলিজম (botulism) বলে। বটুলিজমের কারণে ফুড-পয়জনিং বা খাদ্য বিষাক্ত হয়। এরূপ খাদ্য গ্রহণে মানুষের মৃত্যুও ঘটতে পারে। সুতরাং কৌটাজাতকরণ সঠিকভাবে শেখা ও পদ্ধতিগতভাবে সঠিক নিয়মে সম্পন্ন করা অত্যাবশ্যক। এর জন্য প্রধান শর্ত হলো সর্বাধিক বিশুদ্ধ কাঁচামাল বা উপাদান (freshest ingredients) ব্যবহার করা।

খাদ্যবস্তু কৌটাজাতকরণ বা ক্যানিং-এর প্রক্রিয়া : টিনের তৈরি কৌটা বা ক্যানের মধ্যে ছোটো ছোটো আকারে খাদ্যবস্তু আবদ্ধ রেখে ঐ কৌটাগুলোকে প্রয়োজনীয় তাপমাত্রা যেমন বেশি অম্লীয় খাদ্যবস্তুর ($pH < 4.6$) বেলায় 82°C থেকে 100°C এবং কম অম্লীয় খাদ্যবস্তু, মাছ-মাংসের ($pH > 4.6$) বেলায় 115°C থেকে 121°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করলে খাদ্যবস্তু

পচন ও বিনষ্টকারী ব্যাকটেরিয়া (মাইক্রোঅর্গানিজম) মরে যায়। উত্তপ্তকরণ কালে কৌটার ভেতরে ফুটানো পানি ও কিছু খালি অংশ থাকে। কাঁচা খাদ্যবস্তু যেমন কাঁচা সব্জি তখন সিদ্ধ হয়ে যায়। এ অবস্থায় কৌটায় আবদ্ধ খাদ্যবস্তু ব্যাকটেরিয়া মুক্ত হয়ে যায়। প্রক্রিয়ার শেষের দিকে কৌটাটি প্রায় বায়ুশূন্য অবস্থায় থাকে এবং বাতাসে থাকা ক্ষতিকর ব্যাকটেরিয়া খাদ্যবস্তুর সংস্পর্শে আসতে পারে না। ফলে কৌটাবদ্ধ খাদ্যবস্তু নিরাপদে সংরক্ষিত থাকে।

কৌটাজাতকরণের প্রক্রিয়ার নিম্নোক্ত ধাপ অনুসরণ করে দেশি ফল, সবজি (বাঁশ কোরল, কচি ভুট্টা, সবুজ মটরশুটি), মাছ, মাংস (কাঁচা, রান্না করা) প্রভৃতিকে কৌটাবদ্ধ করতে পারবো।

৫.৪ কৌটাজাতকরণ প্রক্রিয়া বা ক্যানিং প্রসেস

Canning Process

আমরা এখন কৌটাজাতকরণ প্রক্রিয়ায় আমাদের প্রয়োজনীয় কিন্তু পচনশীল খাদ্যবস্তুকে দীর্ঘদিন সংরক্ষণের জন্য প্রণালিগুলো শিখে নেবো। কৌটাজাতকরণের মাধ্যমে আমাদের বাগানে উৎপাদিত ফলমূল, গৃহপালিত মুরগি ও পশুর মাংস এবং সামুদ্রিক মাছ ইত্যাদিকে পচন থেকে রক্ষা করে দীর্ঘদিন সংরক্ষণ ও সুবিধামতো ব্যবহার করতে পারবো।

কৌটাজাতকরণের ধাপগুলো নিম্নরূপ :

১ম স্তর : কাঁচামাল সংগ্রহ → গ্রেডিং বা বাছাই → ধৌতকরণ → খোসা ছাড়ানো ও ছোটো টুকরা করা

২য় স্তর : ব্লাঞ্চিং বা সিদ্ধ করা → কৌটায় ভর্তি করা → ক্যানিং তরলরূপে ফুড প্রিজারভেটিভ, চিনির সিরাপ বা লবণ দ্রবণ যোগ করা

৩য় স্তর : এগজস্টিং ও সিলিং বা বায়ু শূন্যকরণ ও বায়ুরোধীকরণ → রিটর্টিং বা নির্বীজকরণ → কৌটা শীতলকরণ → লেবেলিং ও গুদামজাতকরণ

১ম স্তর : (১) কাঁচামাল সংগ্রহ : পুষ্ট, পোকামাকড় মুক্ত ফল, মূল, শাকসব্জি গাছ থেকে সংগ্রহ করা হয়। মাছ ও মাংসের বেলায় এদের উৎকৃষ্ট মানের নমুনা সংগ্রহ করা হয়।

(২) গ্রেডিং বা বাছাই করা : কাঁচা ফলমূলের আকার, বর্ণ, পরিপক্বতা, ঘ্রাণ ইত্যাদি মিল রেখে পোকামাকড় মুক্ত খাদ্যবস্তুকে বাছাই ও শ্রেণিবিন্যাস করা হয়।

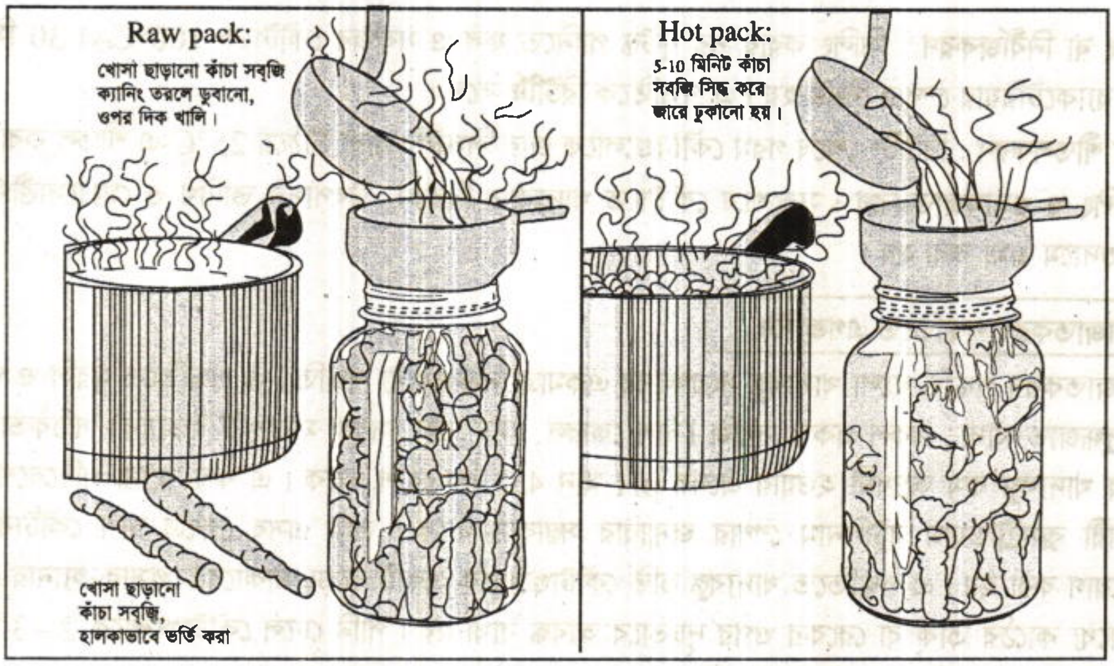
(৩) ধৌতকরণ : কাঁচা ফলমূল, মাছ-মাংস ইত্যাদিকে প্রথমে পরিষ্কার ও জীবাণুমুক্ত পানিতে কিছু সময় ডুবিয়ে রেখে আটকানো ময়লাকে আলগা করা হয়। পরে ঐ কাঁচা খাদ্যবস্তুকে ঘূর্ণায়মান পানিতে অথবা পানির স্প্রে পদ্ধতিতে ধুয়ে নেয়া হয়।

(৪) খোসা ছাড়ানো ও টুকরা করা : ফল, মূল ও সব্জির শক্ত খোসা ও বীজ ফেলে ছোটো ছোটো টুকরা করা হয়। মাছ ও মাংসের বেলায় অপ্রয়োজনীয় অংশ পৃথক করে নিয়ে $\frac{1}{2}$ ইঞ্চি – $\frac{1}{4}$ ইঞ্চি আকারে টুকরা করা হয়।

২য় স্তর : (১) ব্লাঞ্চিং বা সিদ্ধ করা : খোসা ছাড়ানো ও টুকরা করা কাঁচা খাদ্যবস্তুকে ফুটন্ত পানিতে বা ফুটন্ত পানি বাষ্পে 5 – 10 মিনিট উত্তপ্ত করা হয়। এ প্রক্রিয়াকে ব্লাঞ্চিং বলে। নরম সবজি ও বেশি পাকা ফলকে ব্লাঞ্চিং করা হয় না। ব্লাঞ্চিং-এর ফলে খাদ্যবস্তুর অগ্রহণীয় গন্ধ দূর হয়, বর্ণ উন্নত হয়, পিচ্ছিল পদার্থ দূর হয়, এনজাইম ও মাইক্রো অর্গানিজম বিনষ্ট হয়।

(২) কৌটায় খাদ্যবস্তু ভর্তি করা : কৌটায় ফলমূল, সবৃজি বা খাদ্যবস্তুকে দু'ভাবে ভর্তি করা যায়, যেমন Raw packing ও Hot Packing। চিত্র-৫.২ মতে Raw packing এর বেলায়, খোসা ছাড়ানো কাঁচা সব্জি কৌটায় ভর্তি করে হাল্কাভাবে কৌটায় ঢাকনি লাগানো হয়। কৌটার মুখের দিকে কিছু জায়গা খালি রাখা হয়। Hot packing এর বেলায়, কাঁচা খাবার 5 – 10 মিনিট সিদ্ধ করে কৌটায় ভর্তি করা হয়।

RMDAC



চিত্র-৫.২ : খোসা ছাড়ানো কাঁচা সবজি বা সিদ্ধ সবজিসহ কৌটা ভর্তি করা।

(৩) ক্যানিং তরল যোগ করা : এরপর খাদ্যবস্তু ভর্তি কৌটাগুলোকে ওপর থেকে $\frac{1}{2}$ ইঞ্চি থেকে 1 ইঞ্চি পরিমাণ ফাঁকা রেখে ক্যানিং তরল যোগ করে হাল্কাভাবে কৌটায় ঢাকনি লাগানো হয়। সাধারণত ক্যানিং তরলরূপে ফলের ক্ষেত্রে 30–40% চিনির দ্রবণ এবং সবজি, মাছ-মাংসের ক্ষেত্রে 7–15% NaCl দ্রবণ কৌটার খাদ্যবস্তুতে যোগ করা হয়। এছাড়া ফুড প্রিজারভেটিভরূপে 0.25% সায়ট্রিক এসিড বা সোডিয়াম বেনজয়েট বা সোডিয়াম নাইট্রাইট-নাইট্রেট লবণ যোগ করা হয়।

৩য় স্তর : (১) এগজস্টিং ও সিলিং : খাদ্যবস্তু ও ক্যানিং তরল ভর্তি **কৌটাকে উত্তপ্ত করে এর ভেতরের সমস্ত বায়ু বা O_2 বের করা হয়।** এ প্রক্রিয়াকে **এগজস্টিং** বলে। কৌটার ভেতরে O_2 এর অভাবে অণুবীজ বা ব্যাকটেরিয়া জন্মাতে পারে না। এগজস্টিং শেষে কৌটার মুখ ভালোভাবে বন্ধ করা হয়, একে **সিলিং** বলে। খাদ্যভর্তি কৌটাকে এগজস্টিং ও সিলিং করার দুটি পদ্ধতি আছে। যেমন,

(ক) পানি-স্ফুটন বাথ পদ্ধতি (Boiling water bath method) ও

(খ) চাপ কৌটাজাতকরণ পদ্ধতি (Pressure canning method)

(ক) পানি-স্ফুটন বাথ পদ্ধতিতে এগজস্টিং

পানি-স্ফুটন বাথ পদ্ধতি দ্বারা টমেটো, বিভিন্ন টকজাতীয় ফল, লবণ-মশলা মিশ্রিত কিছু সব্জি সংরক্ষণ করা হয়। এ সব টক ফলের pH মান 4.6 বা এর কম হয়। এ প্রক্রিয়ায় খাদ্যবস্তুতে নির্দিষ্ট মাত্রায় লেমন জুইস (বা সায়ট্রিক এসিড) যোগ করা হয়। অধিক অম্লীয় পরিবেশে মারাত্মক বিপজ্জনক ক্লসট্রিডিয়াম বটুলিনাম স্পোর বিনষ্ট হয় বলে এদের টক্সিনও উৎপন্ন হয় না। তাই পানি-স্ফুটন বাথ পদ্ধতিতে অধিক অম্লীয় বা টকযুক্ত খাদ্যবস্তু নিরাপদে সংরক্ষণ করা যায়।

এ পদ্ধতিতে খাদ্যভর্তি কৌটাগুলোকে একটি বড়ো আকারের Water bath এর মধ্যে কাঠের তাক বা র‍্যাকের (rack এর) ওপর দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ রাখা হয়। এরপর Water bath এ পানি ঢেলে কৌটাগুলোকে 1–2 ইঞ্চি পানির উচ্চতায় রাখা হয়। শেষে Water bath এর ঢাকনি হাল্কা করে লাগানো হয়। এখন ওয়াটার বাথটিকে সমভাবে তাপ প্রয়োগে 180°F থেকে 212°F (অর্থাৎ 82°–100°C) তাপমাত্রা পর্যন্ত টকজাতীয় ফল ও সবজিকে এগজস্টিং করার জন্য 10 মিনিট, উত্তপ্ত করা হয়। ফলে কৌটা ও খাদ্যবস্তুর মধ্যস্থিত বায়ু তথা O_2 গ্যাস বের হয়ে পড়ে। তাই টিনের কৌটার ভেতরে মরিচা পড়ে না। O_2 এর অভাবে ব্যাকটেরিয়া জন্মায় না। এগজস্টিং শেষে তাড়াতাড়ি করে কৌটার মুখের ঢাক্‌নি ভালোভাবে সিল্‌ড করা হয়।

(২) **রিটর্টিং বা নির্বীজকরণ :** সিলিং করার পর ফুটন্ত পানিতে ফল ও সবজির কৌটাকে 100°C-এ 30 মিনিট উত্তপ্ত করা হয়। তখন ব্যাকটেরিয়ার স্পোর বিনষ্ট হয়। এ পদ্ধতিকে **রিটর্টিং** বলে।

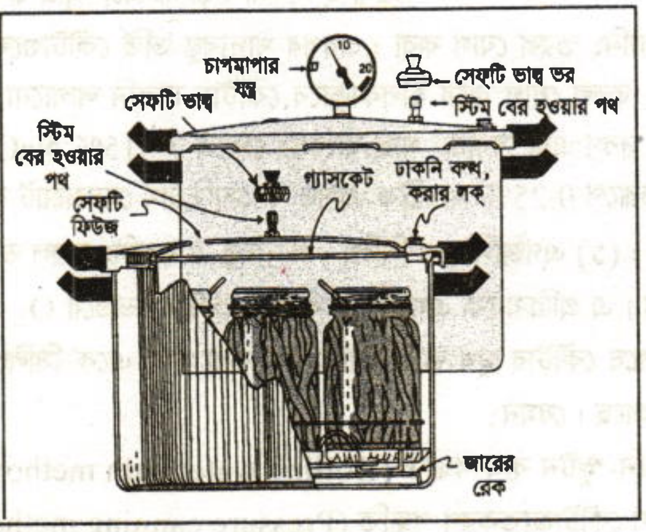
(৩) **কৌটা শীতলকরণ :** রিটর্টিং শেষে গরম কৌটাগুলোকে জার লিফটার দ্বারা উঠিয়ে 25°C-এ শীতল করা হয়।

(৪) **লেভেলিং ও গুদামজাতকরণ :** সবশেষে কৌটাতে খাদ্যবস্তুর বিবরণ, উৎপাদন তারিখ ও মেয়াদোত্তীর্ণ তারিখসহ লেবেল লাগিয়ে গুদামে জমা করা হয়।

(খ) চাপ কৌটাজাতকরণ পদ্ধতিতে এগজস্টিং

চাপ কৌটাজাতকরণ পদ্ধতি হলো খাদ্যবস্তু সংরক্ষণের একমাত্র নির্ভরযোগ্য পদ্ধতি। এ পদ্ধতিতে মুরগি ও পশুর মাংস, সামুদ্রিক মাছ, দুগ্ধজাত খাদ্য, সকল প্রকার সবজি (বাঁশ কোরল, কচি ভুট্টা, সবুজ মটরশুটি ইত্যাদি) সঠিকভাবে সংরক্ষণ করা যায়। এসব খাদ্যবস্তু কম অম্লধর্মী হওয়ায় এদের pH মান 4.6 এর বেশি থাকে। এ কম অম্লীয় পরিবেশে বিপজ্জনক টক্সিন উৎপন্নকারী ক্লসট্রিডিয়াম বটুলিনাম স্পোর জন্মাবার সম্ভাবনা থাকে। তাই এসব ক্ষেত্রে চাপ কৌটাকরণ পদ্ধতি কার্যকরভাবে প্রয়োগ করা হয়। এ পদ্ধতিতে খাদ্যবস্তু ভর্তি কৌটাগুলোকে একটি বড়ো আকারের প্রেসার ক্যানার (pressure canner) এর মধ্যে কাঠের তাক্ বা রেকের ওপর দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ রাখা হয়। পানি ঢেলে কৌটাগুলোকে 2 – 3 ইঞ্চি পানির উচ্চতায় সম্পূর্ণ ডুবিয়ে রাখা হয়।

চিত্র-৫.৩ : পানি-স্ফুটন পদ্ধতিতে খাদ্যভর্তি কৌটা উত্তপ্ত করা।



চিত্র-৫.৪ : প্রেসার ক্যানিং বা চাপ কৌটাজাতকরণ।

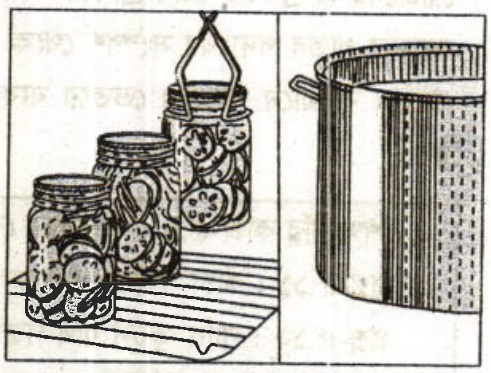
প্রেসার ক্যানারের ঢাকনি হাল্‌কাভাবে বন্ধ করা হয়। এগজস্টিং করার জন্য প্রেসার ক্যানারকে 180°F থেকে 212°F অর্থাৎ 82° – 100°C তাপমাত্রা পর্যন্ত 10 মিনিট উত্তপ্ত করা হয়। তখন কৌটার ভেতরের সম্পূর্ণ বায়ু বা O_2 বের হয়ে পড়ে। এগজস্টিং শেষে কৌটার মুখে ঢাকনি লাগিয়ে ভালোভাবে সিল্‌ড করা হয়। এগজস্টিং দ্বারা কৌটায় O_2 মুক্ত হয়, এর ফলে ক্লসট্রিডিয়াম বটুলিনাম বৃদ্ধি পেতে পারে না।

(২) **রিটর্টিং বা নির্বীজকরণ :** সিলিং করার পর কৌটাসহ প্রেসার ক্যানারকে প্রায় 240° F থেকে 250°F (বা, 115° – 121°C) তাপমাত্রায় 30 থেকে 100 মিনিট পর্যন্ত (খাদ্যবস্তুর প্রকৃতি অনুসারে) উত্তপ্ত করা হয়। তখন ক্ষতিকর ক্লসট্রিডিয়াম বটুলিনামের স্পোর সম্পূর্ণ বিনষ্ট হয়। তখন প্রেসার ক্যানারের ঢাকনিতে থাকা চাপমাপার যন্ত্রে (pressure gauge-এ) প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে 10 থেকে 15 পাউন্ড চাপ রেকর্ড হয়। এক্ষেত্রে ব্যবহৃত বাণিজ্যিকভাবে তৈরি করা ধাতব কৌটাগুলোতে একমুখী স্টিম নির্গমনের বল-সিস্টেম ব্যবস্থা থাকে। নির্দিষ্ট সময় পর প্রেসার ক্যানারে তাপ দেয়া বন্ধ করা হয়।

(৩) **কৌটা শীতলকরণ, লেভেলিং ও গুদামজাতকরণ :** ক্যানার ঠাণ্ডা হওয়ার পর ক্যানারের ঢাকনি খুলে জার লিফটার দিয়ে গরম জারগুলো তুলে নিয়ে রেকের ওপর রাখা হয়। জার বা কৌটা শীতল হওয়ার পর সংরক্ষণ করা হয়। [এত উচ্চচাপ

প্রয়োগে খাদ্যবস্তু সংরক্ষণের একমাত্র কারণ হলো মাইক্রোঅর্গানিজম **ক্লসট্রিডিয়াম বটুলিনামের স্পোরগুলোকে** নিষ্ক্রিয় রাখা। তখন খাদ্যবস্তুতে মারাত্মক বটুলিনাম টক্সিন উৎপন্ন হতে পারে না।]

'প্রেসার ক্যানিং'-এ ব্যবহৃত কৌটা বা জার : বল জার, মেসন জার। **সাইজ :** 250 mL (অর্ধ পাইন্ট) থেকে 2L (অর্ধগ্যালন)



চিত্র-৫.৫ : কৌটা শীতল করা।

বাড়ি-ঘরে ক্যানিং কাজে প্রয়োজনীয় সামগ্রী :

(১) **জার লিফটার :** উত্তপ্ত জারকে উঠিয়ে নিতে ব্যবহৃত হয়।

(২) **জার ফানেল :** ক্যানিং জারে তরল খাদ্যবস্তু ঢালতে ব্যবহৃত হয়।

(৩) **লিড বা ঢাকনি সরানোর দণ্ড :** এটি চুম্বক দণ্ড, গরম পানির মধ্য থেকে ঢাকনি তোলার জন্য ব্যবহৃত হয়।

(৪) ফলের খোসা ছাড়ানোর ছুরি।

(৫) **ফল, সবজি কাটা ছুরি :** খাদ্যবস্তু তৈরির কাজে ব্যবহৃত হয়।

(৬) রাবার স্প্যাচুলা।

***কৌটাজাতকরণের সুফল বা সুবিধা :** কৌটাজাতকরণ বা ক্যানিং পদ্ধতির সাহায্যে বিভিন্ন কৃষিজ খাদ্যবস্তু, সামুদ্রিক মৎস্য ও গৃহপালিত পশুর মাংস সংরক্ষণ করে দেশের মানুষের খাদ্য নিরাপত্তা প্রদান ও বিদেশে রপ্তানি করে বৈদেশিক মুদ্রা অর্জন করা সম্ভব। ফুড ক্যানিং থেকে নিম্নোক্ত সুফল বা সুবিধা পাওয়া যায়।

১ খাদ্য নিরাপত্তার জন্য ক্যানিং হলো আধুনিক বিশ্বের একটি সফল খাদ্য সংরক্ষণ পদ্ধতি।

২ কৃষিপ্রধান বাংলাদেশের মৌসুমি ফল-মূল ও কৃষিজ পণ্যের যথাযথ ব্যবহার ও পচন থেকে রক্ষা করার জন্য ক্যানিং ইন্ডাস্ট্রি উন্নয়নমুখী ভূমিকা রাখতে পারে।

৩ ক্যানিং ইন্ডাস্ট্রি গড়ে ওঠলে অনেক লোকের কর্মসংস্থানের সুযোগ সৃষ্টি হবে।

৪ এতে ক্যানিং সংশ্লিষ্ট কৃষিজ পণ্যের অধিক উৎপাদনে কৃষকেরা আগ্রহী হবে। উৎপাদিত কৃষিপণ্য ক্যানিং ইন্ডাস্ট্রিতে বিপণন করে কৃষকেরা আর্থিকভাবে লাভবান হবে।

৫ বাংলাদেশের গভীর সমুদ্র থেকে অধিক পরিমাণে মাছ সংগ্রহ করে এবং পার্শ্ববর্তী দেশ থেকে গৃহপালিত পশু সরকারিভাবে আমদানির ব্যবস্থা করে প্রোটিন ক্যানিং ইন্ডাস্ট্রি প্রতিষ্ঠা বাংলাদেশকে অর্থনৈতিকভাবে লাভবান করবে।

চিত্র-৫.৬ : বিভিন্ন প্রকার ক্যান

৬ বিদেশে ক্যানিং করা খাদ্য রপ্তানি করে প্রচুর বৈদেশিক মুদ্রা অর্জন করা সম্ভব হবে।

৭। ফুড ক্যানিং ইন্ডাস্ট্রি প্রতিষ্ঠাকালে এর সাথে সংশ্লিষ্ট অন্যান্য ইন্ডাস্ট্রি যেমন কৌটা বা ক্যান-ইন্ডাস্ট্রি ও **ফুড লেকার** (food lacquer) ইন্ডাস্ট্রি গড়ে ওঠবে।

*** খাদ্য কৌটাজাতকরণের কৌটা বা ক্যান :** 1964 সালে সর্বপ্রথম আমেরিকায় ফুড ক্যানিং-এর জন্য লোহা ধাতু থেকে তৈরি ক্যান ব্যবহৃত হয়। পরে 1972 সালে টিনের পাত থেকে ফুড ক্যানিং এর জন্য উন্নত ক্যান তৈরি করা হয়। বর্তমানে One piece ও Two piece নামে বিভিন্ন আকার ও সাইজের ধাতব ক্যান ব্যবহৃত হয়। পার্শ্বের চিত্র-৫.৬-এ এরূপ কিছু ক্যান দেখানো হলো। এসব ক্যানের ভেতরে ফুড লেকারের আবরণ বা প্রলেপ দেয়া থাকে।

*** ফুড লেকার (Food Lacquer)** : ফুড লেকার হলো ফুড ক্যানিং কাজে ব্যবহৃত ধাতব ক্যানের ভেতরে প্রলেপ দেয়ার জন্য উপযুক্ত প্রাকৃতিক অথবা কৃত্রিমভাবে তৈরি করা ফেনলিক, ইপক্সি অথবা ভিনাইল রেজিনের একটি দ্রবণ। রেজিনের এ দ্রবণটি জৈব দ্রাবকে অথবা ড্রায়িং অয়েলে করা হয়। ফুড লেকারের প্রলেপটি ক্যানের ভেতরের খাদ্যবস্তুকে ক্যানের ধাতব পদার্থের সংস্পর্শ থেকে দূরে রাখে এবং ক্যানের ভেতরে মরিচা সৃষ্টি রোধ করে। এদের মৃদু চমৎকার ফ্লেভার থাকে। বর্তমানে ক্যানের ভেতরে ব্যবহারের জন্য পলিবিউটাডাইনস ও ডাইফেনলিক রেজিন ফুড লেকার অধিক ব্যবহৃত হয়।

শিক্ষার্থীর কাজ-৫.৪ : খাদ্যবস্তুর কৌটাজাতকরণভিত্তিক :

প্রশ্ন-৫.১১ : কাঁচা সবজি কৌটাজাতকরণের মূলনীতি ব্যাখ্যা করো।

প্রশ্ন-৫.১২ : পানি স্ফুটন বাথ পদ্ধতি ক্যানিং কোন্ ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়? তা সংক্ষেপে বর্ণনা করো।

প্রশ্ন-৫.১৩ : চাপ-কৌটাজাতকরণ পদ্ধতি কোন্ ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়? তা সংক্ষেপে বর্ণনা করো।

প্রশ্ন-৫.১৪ : সংজ্ঞা ও ব্যাখ্যা করো।

(ক) কৌটাজাতকরণ কী?
(খ) ব্লাঞ্চিং কী? [চ. বো. ২০১৫]
(গ) বায়ুশূন্যকরণ কী? [য. বো. ২০১৫]
(ঘ) রিটর্টিং বা নির্বীজকরণ কী?
(ঙ) ফুড লেকার কী? [ঢা. বো. ২০১৫]

৫.৪.১ দেশি ফলের কৌটাজাতকরণ
Canning of Some Country fruits

**** দেশি ফল (আম, আনারস, পেয়ারা, কাঁঠাল) কৌটাজাতকরণ** : এসব ফল কৌটাজাতকরণের সাধারণ ধাপগুলো হলো নিম্নরূপ :

(১) ফল সংগ্রহ, ধৌতকরণ ও খোসা ছাড়ানো : পুষ্ট ও পরিপক্ব ফল সংগ্রহ, বাছাই ও পরিষ্কার পানিতে ধৌত করে ফলের বোঁটা, খোসা ছাড়ানো হয়।

(২) ফলের টুকরা করা : স্টিলের ছুরি বা স্লাইসার দিয়ে ফলকে ছোটো টুকরা করা হয়।

(৩) কৌটায় ফলের টুকরা ও ক্যানিং তরলভর্তি : ফলের টুকরা (কাঁঠালের খোয়া) গুলোকে স্টেরিলাইজড (100°C এ পানিতে ফুটানো) কৌটার মধ্যে স্তরে স্তরে সাজিয়ে রেখে কৌটার মুখে $\frac{1}{2}$ ইঞ্চি পরিমাণ জায়গা খালি রেখে এর মধ্যে ক্যানিং তরলরূপে 30–40% চিনির দ্রবণ ও 0.25% সায়ট্রিক এসিড (প্রিজারভেটিভ) দ্রবণ যোগ করে ফলের টুকরাগুলোকে ডুবিয়ে রাখা হয় এবং কৌটার ঢাকনি হালকাভাবে লাগানো হয়।

(৪) এগজস্টিং, সিলিং ও রিটর্টিং : এরপর পানি-স্ফুটন বাথ পদ্ধতিতে কৌটামধ্যস্থ ফলের টুকরাকে 85°C তাপমাত্রায় এগজস্টিং করে কৌটার মুখের ঢাকনিকে সিল্ড করা হয়। পরে 20–30 মিনিট 100°C তাপমাত্রায় ফুটন্ত পানিতে রিটর্টিং বা নির্বীজকরণ করা হয়।

(৫) লেবেলিং ও বাজারজাতকরণ : শেষে পানি-স্ফুটন বাথ ঠাণ্ডা করে কৌটাগুলোকে বের করে লেবেল লাগানো হয়। সবশেষে গুদামে সংরক্ষণ অথবা বাজারজাত করা হয়।

*** (ক) আমের কৌটাজাতকরণ** : আম একটি মৌসুমি সুমিষ্ট ফল। রাজশাহী অঞ্চলে প্রচুর আম উৎপাদিত হয়। মৌসুমি ফল এ আমকে কৌটাজাত করে সারা বছর খাওয়ার উপযোগী করে সংরক্ষণ করা যায়।

***(ক) আমের কৌটাজাতকরণ প্রণালি**

(১) **ফল সংগ্রহ, ধৌতকরণ ও খোসা ছাড়ানো :** পুষ্ট, পরিপক্ব ও আঁটসাঁট আম সংগ্রহ ও বাছাই করতে হবে। বাছাই করা আম গুলো ভালো করে ধুয়ে বোঁটা ও খোসা ছাড়ানো হয়।

(২) **ফলের টুকরা বা স্লাইস করা :** এরপর স্টিলের ছুরি বা স্লাইসার দিয়ে আমের নরম অংশ নির্দিষ্ট আকারে টুকরা বা স্লাইস করা হয় এবং আঁটি ফেলে দেয়া হয়।

(৩) **কৌটায় ফলের টুকরা ও ক্যানিং তরলভর্তি :** এবার স্টেরিলাইজড (100°C-এ পানিতে ফুটানো) কৌটার মধ্যে আমের টুকরাগুলো সুষমভাবে ভর্তি করার পর ক্যানিং তরলরূপে 30 – 40% চিনির দ্রবণ ও **0.25% সায়ট্রিক এসিড** দ্রবণ যোগ করে কৌটার মুখে $\frac{1}{2}$ ইঞ্চি জায়গা খালি রেখে কৌটার ঢাকনি হালকাভাবে লাগানো হয়। এক্ষেত্রে চিনির গাঢ় দ্রবণ ও সায়ট্রিক এসিড প্রিজারভেটিভস্‌রূপে কাজ করে। প্রিজারভেটিভসের দ্রবণে আমের টুকরাগুলো নিমজ্জিত থাকে।

(৪) **এগজস্টিং, সিলিং ও রিটর্টিং :** এরপর পানি স্ফুটন বাথ পদ্ধতিতে কৌটা ও কৌটা মধ্যস্থ খাদ্যবস্তুকে 85°C তাপমাত্রায় এগ্‌জস্টিং করে বা সমস্ত বায়ু মুক্ত করে কৌটার মুখে ভালোভাবে ঢাকনি লাগিয়ে সিল্‌ড করা হয়। এ অবস্থায় কৌটাকে 20 – 30 মিনিট 100°C তাপমাত্রায় ফুটন্ত পানিতে রিটর্টিং বা নির্বীজকরণ করা হয়।

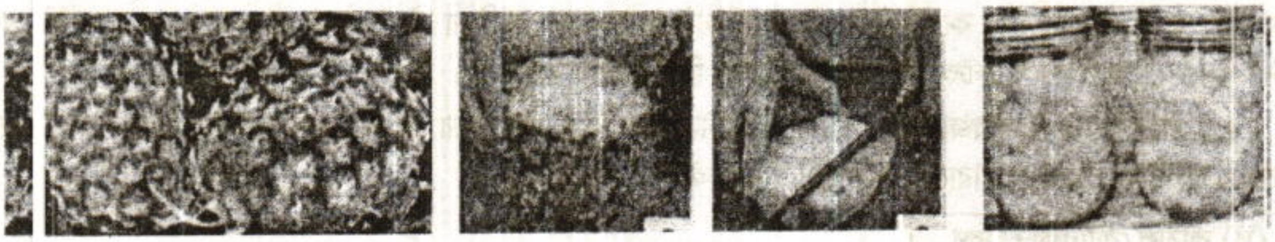
চিত্র-৫.৭ : আমের কৌটাজাতকরণ

(৫) **লেবেলিং ও বাজারজাতকরণ :** শেষে পানি স্ফুটন-বাথ ঠাণ্ডা করে কৌটাগুলোকে বের করে লেবেল লাগানো হয়। এ লেবেলে খাদ্য কৌটাজাতকরণ তারিখ ও মেয়াদোত্তীর্ণ তারিখ উল্লেখসহ খাদ্যবস্তুর গুণাগুণ উল্লেখ থাকে। সব শেষে বাজারজাত করা হয়।

* (খ) **আনারসের কৌটাজাতকরণ :** আনারস একটি মৌসুমি সুমিষ্ট ফল। এটি সহজেই পচনশীল এবং সংরক্ষণের অভাবে প্রতি বছর প্রচুর আনারস বিনষ্ট হয়। তাই আনারস কৌটাজাত করা লাভজনক হবে।

*** (খ) আনারসের কৌটাজাতকরণ প্রণালি**

(১) **ফল সংগ্রহ, ধৌতকরণ ও খোসা ছাড়ানো :** পুষ্ট, সুগন্ধযুক্ত ও শক্ত ধরনের মোটা আনারস; কিন্তু খুব বেশি পাকা নয় এমন আনারস বাছাই করে পরিষ্কার পানিতে ধুয়ে নিতে হয়।



চিত্র-৫.৮ : আনারসের কৌটাজাতকরণ

(২) **ফলের টুকরা বা স্লাইস করা :** স্টিলের ছুরির সাহায্যে খোসা ছাড়িয়ে 1" আকারের টুকরা করতে হবে যেন কৌটা বা বয়েমের মুখে সহজে ঢুকানো যায়।

(৩) **কৌটায় ফলের টুকরা ও ক্যানিং তরলভর্তি :** আনারসের টুকরাগুলোকে বিন্যস্ত করে স্টেরিলাইজড কৌটায় ভর্তি করে ক্যানিং তরলরূপে 30–40% চিনির দ্রবণ ও **0.25% সায়ট্রিক এসিড** দ্রবণ দিয়ে আনারসের টুকরাগুলো নিমজ্জিত করে কৌটার মুখে $\frac{1}{2}$ ইঞ্চি জায়গা খালি রাখা হয়।

(৪) এগজস্টিং, সিলিং ও রিটর্টিং : এরপর পানি স্ফুটন বাথ পদ্ধতিতে কৌটা ও কৌটামধ্যস্থ খাদ্যবস্তুকে 85°C তাপমাত্রায় এগজস্টিং বা সমস্ত বায়ু মুক্ত করে কৌটার মুখে ঢাকনি দিয়ে সিলড্ করা হয়। এ অবস্থায় কৌটাকে 20 – 30 মিনিট 100°C তাপমাত্রায় ফুটন্ত পানিতে রিটর্টিং করা হয়।

(৫) লেবেলিং ও বাজারজাতকরণ : সবশেষে পানি স্ফুটন-বাথ ঠাণ্ডা করে কৌটাগুলোকে বের করে লেবেল যুক্ত করা হয়। সবশেষে বাজারজাত করা হয়।

*** (গ) পেয়ারা কৌটাজাতকরণ**

ফল কৌটাজাতকরণের সাধারণ ধাপগুলো অনুসরণ করে পেয়ারা কৌটাজাতকরণ করা হয় :

(১) ফল সংগ্রহ, ধৌতকরণ ও খোসা ছাড়ানো : পুষ্ট ও পরিপক্ব পেয়ারা সংগ্রহ, বাছাই ও পরিষ্কার পানিতে ধৌত করার পর বোঁটা ও প্রয়োজনমতো খোসা ছাড়ানো হয়।

(২) ফলের টুকরা করা : স্টিলের ছুরি দিয়ে প্রতিটি পেয়ারাকে আকার অনুসারে ৬ থেকে ৮ টুকরা করা হয়।

(৩) কৌটায় ফলের টুকরা ও ক্যানিং তরলভর্তি : পেয়ারার টুকরাগুলোকে স্টেরিলাইজড কৌটার মধ্যে সাজিয়ে রেখে এবং কৌটার মুখে $\frac{1}{2}$ ইঞ্চি জায়গা খালি রেখে ক্যানিং তরলরূপে 10% চিনির দ্রবণ, 0.06% সায়ট্রিক এসিড (প্রিজারভেটিভ) ও 0.125% এসকরবিক এসিড বা ভিটামিন-C (অ্যান্টিঅক্সিডেন্ট) মিশ্রণ যোগ করা হয়। তখন এ ক্যানিং তরলে পেয়ারার টুকরাগুলো নিমজ্জিত থাকে। কৌটার ঢাকনিকে হাল্কাভাবে লাগানো হয়।

চিত্র-৫.৯ : পেয়ারা কৌটাজাতকরণ

(৪) এগজস্টিং, সিলিং ও রিটর্টিং : এরপর পানি-স্ফুটন বাথ পদ্ধতিতে কৌটামধ্যস্থ পেয়ারাকে 85°C তাপমাত্রায় এগজস্টিং বা সমস্ত বায়ু মুক্ত করে কৌটার মুখে ঢাকনি ভালোভাবে লাগিয়ে সিল্ড করা হয়। এ অবস্থায় কৌটাকে 20 – 30 মিনিট 100°C তাপমাত্রায় ফুটন্ত পানিতে রিটর্টিং বা নির্বীজকরণ করা হয়।

(৫) লেবেলিং ও বাজারজাতকরণ : শেষে পানি-স্ফুটন বাথ ঠাণ্ডা করে কৌটাগুলোকে বের করে লেবেল লাগানো হয়। সবশেষে কৌটাজাতকৃত পেয়ারাকে বাজারজাত করা হয়।

*** (ঘ) কাঁঠাল কৌটাজাতকরণ**

(১) ফল সংগ্রহ, ধৌতকরণ ও খোসা ছাড়ানো : পুষ্ট, সুগন্ধযুক্ত শক্ত ধরনের বড়ো আকারের কাঁঠাল সংগ্রহ ও বাছাই করে পরিষ্কার পানিতে ধুয়ে নেয়া হয়।

(২) কাঁঠালের খোয়া পৃথক করা : কাঁঠাল একটি যৌগিক ফল (multiple aggregate fruit)। কাঁঠাল ভেঙ্গে হলুদ বর্ণের পুষ্ট কোয়াগুলোকে সংগ্রহ করা হয়। কোয়াগুলোর এক পাশে স্টিলের ছুরি দিয়ে কেটে কাঁঠালের বীজ ও বীজ আবরণী বের করে নেয়া হয়।

(৩) কৌটায় কাঁঠালের কোয়া ও ক্যানিং তরলভর্তি : কোয়াগুলোকে স্টেরিলাইজড কৌটায় ভাঁজ করে সাজিয়ে রেখে ক্যানিং তরলরূপে 40% চিনির দ্রবণ ও 0.25% সায়ট্রিক এসিড দ্রবণ যোগ করা হয় এবং কৌটার মুখে $\frac{1}{2}$ ইঞ্চি জায়গা খালি

রাখা হয়। তখন ক্যানিং তরলে কাঁঠালের কোয়াগুলো নিমজ্জিত থাকে। এ অবস্থায় কৌটার ঢাকনি হালকাভাবে আটকানো হয়।

চিত্র-৫.১০ : কাঁঠাল কৌটাজাতকরণ

(৪) এগজস্টিং, সিলিং ও রিটর্টিং : এবার পানি-স্ফুটন বাথ পদ্ধতিতে কৌটাভর্তি কাঁঠালের কোয়াগুলোকে 85°C তাপমাত্রায় সমস্ত বায়ু মুক্ত বা এগজস্টিং করে কৌটার মুখের ঢাকনি ভালোভাবে লাগিয়ে সিল্ড করা হয়। এ অবস্থায় কৌটাকে 20–30 মিনিট 100°C তাপমাত্রায় ফুটন্ত পানিতে রিটর্টিং বা নির্বীজকরণ করা হয়।

(৫) লেবেলিং ও বাজারজাতকরণ : শেষে পানি-স্ফুটন বাথ ঠাণ্ডা করে কৌটাগুলোকে বের করে লেবেল লাগানো হয়। সবশেষে কৌটাভর্তি কাঁঠালের কোয়াগুলোকে বাজারজাত করা হয়।

৫.৪.২ সবজির কৌটাজাতকরণ
Canning of Vegetables

রাসায়নিক সংযুক্তিতে সবজি হলো ফল থেকে কিছুটা ভিন্ন। ফলের চেয়ে সবজির মধ্যে স্টার্চ ও সেলুলোজ বেশি থাকে; কিন্তু চিনি ও এসিড কম থাকে। এছাড়া মাটি থেকে বিভিন্ন তাপসহিষ্ণু অণুজীব বা মাইক্রো অর্গানিজম সবজিতে আশ্রয় নেয়। এর ফলে অনেক সবজিতে আপত্তিকর গন্ধ থাকে। তাই কৌটাতে সবজিকে ভর্তি করার পূর্বে **সবজিকে ব্লাঞ্চিং করে সবজির আপত্তিকর গন্ধ দূর করা হয়**। দেশি ফল ও সবজির কৌটাজাতকরণে একটি পার্থক্য হলো ব্লাঞ্চিং। নিচে সবজির কৌটাজাতকরণ পদ্ধতি বর্ণনা করা হলো :

*** (ক) কচি ভুট্টার কৌটাজাতকরণ :**

কচি ভুট্টা হলো শর্করাজাতীয় শস্যদানা। শ্রেণিগতভাবে ভুট্টা হলো নিম্ন এসিডভুক্ত খাদ্যবস্তু। তাই কৌটাজাতকরণের নিয়মমতে ভুট্টার প্রেসার ক্যানিং ব্যবহার করাই উত্তম। কচি ভুট্টাকে দু'প্রকারে কৌটাজাত করা হয়; প্রথমটি হলো ভুট্টার শস্যদানাসহ বা **'শস্য-স্টাইল'** ও দ্বিতীয়টি হলো আস্ত ভুট্টাসহ বা **'ক্রিম স্টাইল'**। 'শস্য স্টাইল' পদ্ধতিতে কচি ভুট্টার দানাকে মঞ্জুরি থেকে কেটে আলাদা করে কৌটাজাত করা হয়। 'ক্রিম-স্টাইল' পদ্ধতিতে ভুট্টার ওপরের অংশ কেটে মাঝখানের নরম ক্রিমজাতীয় অংশ বের করে ফেলা হয়।

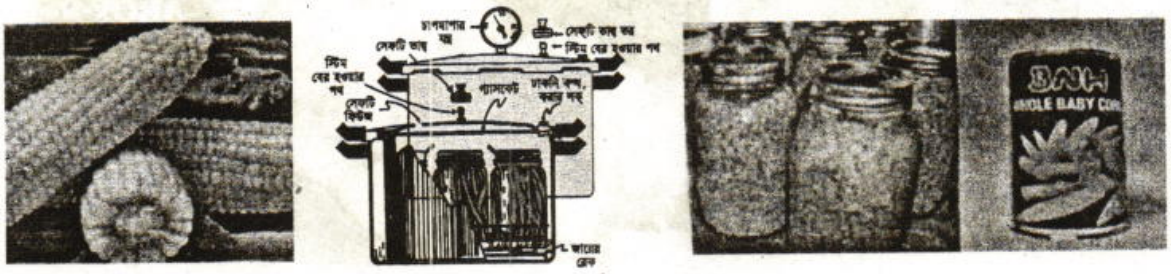
কচি ভুট্টার কৌটাজাতকরণ প্রণালি :

(১) কচি ভুট্টা সংগ্রহ ও দানা পৃথক করা : ক্ষেত থেকে সংগৃহীত কচি ভুট্টাকে খোসা মুক্ত করে পরিষ্কার পানিতে ধুয়ে নেয়া হয় এবং ভুট্টার দানা পৃথক করা হয়।

(২) ভুট্টার দানাকে ব্লাঞ্চিং করা : এরপর ভুট্টার দানাগুলোকে কড়াইতে নিয়ে প্রতি চার কাপ ভুট্টার জন্য এক কাপ ফুটন্ত পানি যোগ করে প্রায় পাঁচ মিনিট ফুটন্ত পানিতে উত্তপ্ত করে ব্লাঞ্চিং শেষ করা হয়। আস্ত ভুট্টাকে একই নিয়মে ব্লাঞ্চিং করা হয়।

(৩) কৌটায় ভুট্টা ও ক্যানিং তরলভর্তি : ব্লাঞ্চিং শেষে ভুট্টাকে জীবাণুমুক্ত কৌটা ভর্তি করে কৌটার মুখে $\frac{1}{2}$" খালি রেখে (Head space) ক্যানিং তরলরূপে 2% লবণ পানি ও 5% চিনির দ্রবণ যোগ করা হয়। এখন কৌটার মুখ হালকাভাবে আটকানো হয়।

(৪) এগজস্টিং, সিলিং ও রিটর্টিং : এরপর কৌটাগুলোকে প্রেসার ক্যানে রেখে প্রথমে 85° – 90°C তাপমাত্রায় 10 মিনিট এগ্‌জস্টিং বা বায়ু মুক্ত করে এবং পরে কৌটার মুখ সিলিং করা হয়। এরপর প্রেসার ক্যানারে 115° – 121°C তাপমাত্রায় 30 মিনিট রিটর্টিং করা হয়।



চিত্র-৫.১১ : কচি ভুট্টার কৌটাজাতকরণ

(৫) লেবেলিং ও বাজারজাতকরণ : সবশেষে কৌটা শীতলকরণ, লেবেলিং ও গুদামজাত করা হয়।

*** (খ) সবুজ মটরশুটি কৌটাজাতকরণ :**

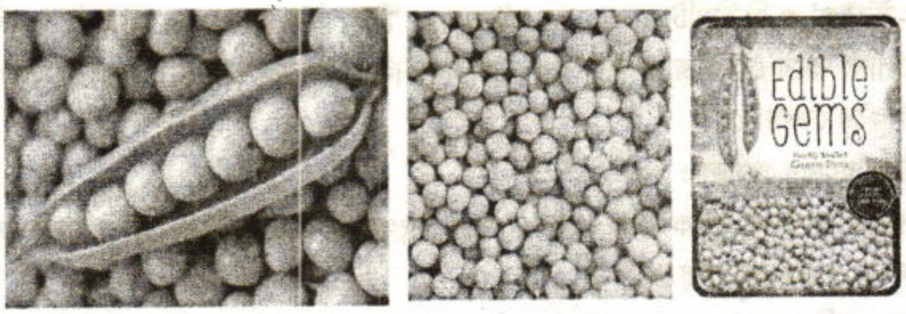
সবুজ মটরশুটি হলো শর্করাজাতীয় শস্যদানা। শ্রেণিগতভাবে সবুজ মটরশুটি হলো নিম্নমান এসিডভুক্ত খাদ্যবস্তু। তাই কৌটাজাতকরণের নিয়ম মতে প্রেসার ক্যানিং পদ্ধতিতে এটি সংরক্ষণ করা হয়।

সবুজ মটরশুটির কৌটাজাতকরণ প্রণালি :

(১) সবুজ মটরশুটি সংগ্রহ ও ধৌতকরণ : ক্ষেত থেকে সংগৃহীত সবুজ মটরশুটিকে খোসামুক্ত করে পরিষ্কার পানিতে কয়েকবার ধুয়ে নেয়া হয়। এর মধ্যে পাতার অংশ বা বোঁটা যেন না থাকে তা নিশ্চিত করা হয়।

(২) কৌটা জীবাণুমুক্তকরণ : এর মধ্যে কৌটাগুলোকে পরিষ্কার পানিতে ধুয়ে জীবাণুমুক্ত করা হয় এবং কৌটার ঢাকনা ও রিংগুলোকে একইভাবে জীবাণুমুক্ত করে উত্তপ্ত পানিতে রাখা হয়।

(৩) ব্লাঞ্চিং : এরপর মটরশুটির দানাগুলোকে কড়াইতে (saucepan-এ) নিয়ে প্রতি চার কাপ মটরদানার জন্য এক কাপ ফুটন্ত পানি যোগ করা হয়। এরপর ফুটন্ত পানিতে পাঁচ মিনিট যাবৎ উত্তপ্ত করে ব্লাঞ্চিং করা হয় এবং ঝাঁঝরি (colander) ব্যবহার করে সিদ্ধ করা মটরদানাগুলোকে 'সিদ্ধ করা তরল' (cooking liquid) থেকে আলাদা করা হয়। ব্লাঞ্চিং করার ফলে মটরশুটি জীবাণুমুক্ত ও নরম হয়। 'সিদ্ধ করা তরলটি'কে অন্য একটি জীবাণুমুক্ত কড়াইতে রাখা হয়।



চিত্র-৫.১২ : সবুজ মটরশুটি কৌটাজাতকরণ

(৪) সিদ্ধ মটরকে ক্যানিং তরলসহ জারে ভর্তি : ব্লাঞ্চিং শেষে সিদ্ধ করা মটরশুটিকে জীবাণুমুক্ত কৌটায় ভর্তি করা হয়। এরপর 'সিদ্ধ করা তরলে' ক্যানিং লবণরূপে 2% লবণ ও 5% চিনি মিশিয়ে 'ক্যানিং তরল' তৈরি করা হয়। এবার কৌটাগুলোকে ওপর থেকে $\frac{1}{2}$ ইঞ্চি ফাঁকা রেখে ক্যানিং তরল যোগ করে পূর্ণ করা হয়। মটরশুটির ফাঁকে তরলের মধ্যে যেন বাতাসের বুদ্‌বুদ্‌ না থাকে, তা নিশ্চিত করা হয়। এখন কৌটার মুখ হালকাভাবে যুক্ত করা হয়।

(৫) এগজস্টিং, রিটর্টিং, লেবেলিং ও গুদামজাতকরণ : এরপর কৌটাগুলোকে প্রেসার ক্যানে রেখে প্রথমে 85°–90°C তাপমাত্রা দশ মিনিট যাবৎ উত্তপ্ত করে এগজস্টিং করা হয় এবং শেষে কৌটার মুখের ঢাকনাকে সম্পূর্ণ সিল্ড করা হয়। এরপর প্রেসার ক্যানারে 115°–121°C তাপমাত্রায় ৩৫ মিনিট যাবৎ রিটর্টিং করা হয়।

> **MCQ-5.5 : আম কৌটাজাতকরণে নিচের কোনটি যোগ করা হয়?** [ঢা. বো. ২০১৫]
> (ক) ইথানল (খ) সায়ট্রিক এসিড
> (গ) ফরমালিন (ঘ) এসকরবিক এসিড

(৬) কৌটা শীতলকরণ ও লেবেলিং : সবশেষে কৌটা শীতলকরণ ও লেবেলিং করে গুদামজাত করা হয়।

*** (গ) টমেটো কৌটাজাতকরণ :**

টমেটো হলো একটি উন্নতমানের সবজি শ্রেণির ফল। আমাদের দেশে মৌসুমে প্রচুর পরিমাণে টমেটো উৎপন্ন হয়। তখন টমেটো বাজার দর কম থাকে। সহজে পচনশীল টমেটোকে বেশিদিন রাখা যায় না। তাই কৌটাজাতকরণ পদ্ধতিতে টমেটোকে সংরক্ষণ করে সারা বছর এর ব্যবহার করা সম্ভব।

টমেটোর কৌটাজাতকরণ প্রণালি :

(১) টমেটো সংগ্রহ ও ধৌতকরণ : বাজার থেকে পুষ্ট লাল বর্ণের টমেটো সংগ্রহ করা হয়। সবচেয়ে ভালো আকারের টমেটোর বোঁটা বাদ দিয়ে পরিষ্কার পানিতে ধুয়ে নেয়া হয়। ছুরি দিয়ে কেটে টমেটোর ছোটো বীজগুলো দূর করা হয়।

(২) টমেটোকে গরম পানিতে ব্লাঞ্চিং : পরিষ্কার টমেটোগুলোকে ফুটন্ত পানিতে 2–3 মিনিট রেখে ঝাঁঝরি দিয়ে তুলে নেয়া হয়। তখন টমেটোর পাতলা চামড়া ঢিলে হয়ে থাকে। এবার ঢিলে চামড়া পৃথক করে টমেটোগুলোকে গরম পানিতে ধুয়ে নেয়া হয়।

চিত্র-৫.১৩ : টমেটো কৌটাজাতকরণ

(৩) কৌটায় টমেটো ও ক্যানিং তরল ভর্তি : ব্লাঞ্চিং শেষে টমেটোর টুকরাগুলোকে স্টেরিলাইজড বা জীবাণুমুক্ত কৌটায় ভর্তি করে কৌটার মুখে $\frac{1''}{2}$ খালি রেখে ক্যানিং তরলরূপে প্রাকৃতিক প্রিজারভেটিভ যেমন 10% NaCl দ্রবণ ও 5% চিনির দ্রবণ যোগ করে টমেটোর টুকরাগুলোকে নিমজ্জিত করা হয়। এবার কৌটার মুখ হালকাভাবে আটকানো হয়।

(৪) এগজস্টিং, সিলিং ও রিটর্টিং : এরপর কৌটাগুলোকে পানি স্ফুটন বার্থের ক্যানে রেখে প্রথমে 85°C তাপমাত্রায় 10 মিনিট এগজস্টিং করা হয়। পরে কৌটার মুখ সিলিং করে 100°C তাপমাত্রায় 30 মিনিট রিটর্টিং করা হয়।

(৫) লেবেলিং ও বাজারজাতকরণ : শেষে কৌটা শীতল করে এর গায়ে লেবেল লাগানো হয়। পরে টমেটোর কৌটাগুলোকে বাজারজাত করা হয়।

৫.৪.৩ মাছের কৌটাজাতকরণ

Fish Canning

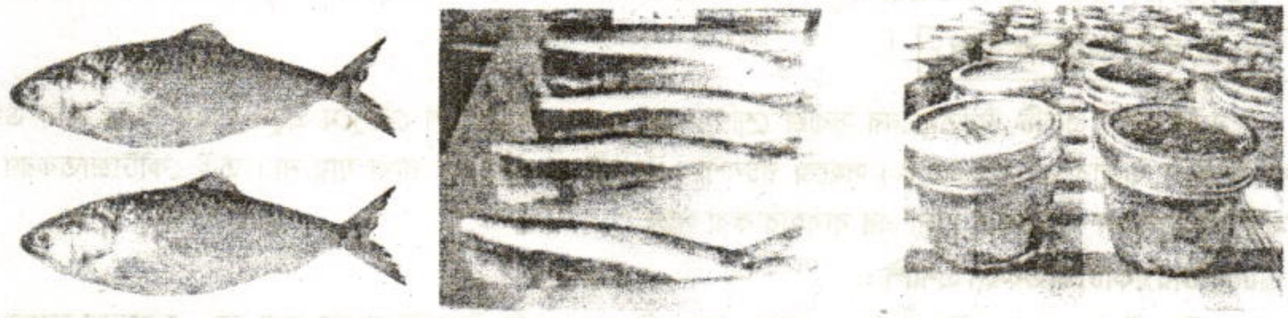
বিভিন্ন প্রকার মাছ উচ্চমানের প্রোটিন, চর্বি ও খনিজ লবণ সমৃদ্ধ থাকে। বাংলাদেশে পুকুর, খাল-বিল, নদী, হাওর ও সমুদ্রে প্রচুর মাছ রয়েছে। পুষ্টিমানের হিসেবে বিভিন্ন মাছে খাদ্য উপাদান হলো : প্রোটিন (14–20%), চর্বি (0.2–20%),

RMDAC

খনিজ লবণ (1–1.8%), ভিটামিন (0.2–1%) এবং কঠিন পদার্থ (24–35%)। মাছের অসম্পৃক্ত ফ্যাটি এসিডযুক্ত চর্বিতে সহজে জারণ ঘটে। তাই খাদ্যবস্তুর মধ্যে মাছ অত্যন্ত পচনশীল খাদ্য। কিন্তু মাছের এ চর্বি ভিটামিন A ও D এর একটি প্রধান উৎস। মাছকে সঠিকভাবে কৌটাজাত করে 2–3 বছর সংরক্ষণ করা যায়।

মাছের কৌটাজাতকরণ বা ক্যানিং প্রণালি :

(১) মাছ নির্বাচন : তাজা ও চর্বিযুক্ত মাছ ক্যানিং-এর জন্য সংগ্রহ করা হয়। এজন্য ইলিশ, টুনা ও চিংড়ি মাছ নির্বাচন করা হলো।



চিত্র-৫.১৪ : মাছের কৌটাজাতকরণ

(২) মাছ কেটে ধৌতকরণ : মাছের আঁইশ ফেলে, মাথা কেটে, পেটের নাড়িভূড়ি পরিষ্কার করে আকার অনুযায়ী মাছগুলোকে গ্রেডিং করা হয়। বড়ো মাছের মেরুদণ্ড বাদ দিয়ে ছোটো টুকরা করা হয়। মাছের টুকরাগুলোকে খাদ্য লবণের পানিতে ভিজিয়ে রেখে জমাট বাঁধা রক্ত ও অন্যান্য ময়লা পরিষ্কার করা হয়।

(৩) ব্লাঞ্চিং ও কৌটা ভর্তিকরণ : এরপর বাষ্পীয় চুল্লিতে মাছকে সিদ্ধ করে মাছের গন্ধ দূর করা হয়। এতে মাছের অণুজীব মরে যায়। ভেতরে ZnO প্রলেপযুক্ত সালফার প্রতিরোধক কৌটাতে মাছের টুকরাগুলোকে ভর্তি করা হয়। এতে মাছের প্রোটিনের মনোমার সিস্টিন ও মিথিয়োনিন অ্যামাইনো এসিডের সালফার ZnO এর সাথে বিক্রিয়া করে সাদা বর্ণের ZnS গঠন করে যা মাছের বর্ণ উজ্জ্বল করে।

(৪) ক্যানিং দ্রবণ যোগ, এগজস্টিং, সিলিং ও রিটর্টিং : এরপর কৌটার ওপরে $\frac{1}{2}$ ইঞ্চি খালি রেখে 2% NaCl দ্রবণ ও 2% চিনির দ্রবণ যোগ করা হয়। এ অবস্থায় প্রেসার ক্যানে কৌটাগুলো রেখে 85°–100°C তাপমাত্রায় 10 মিনিট এগজস্টিং করে কৌটার মুখ সিলিং করা হয়। এরপর প্রেসার ক্যানে $1-1\frac{1}{2}$ ঘণ্টা যাবৎ 121°C তাপমাত্রায় রিটর্টিং করা হয়।

(৫) কৌটা লেবেলিং ও গুদামজাতকরণ : সবশেষে ঠাণ্ডা অবস্থায় কৌটাগুলো বের করে, লেবেল লাগিয়ে গুদামজাত করা হয়।

৫.৪.৪ মাংসের কৌটাজাতকরণ
Meat Canning

মাংস বলতে মূলত গরু, মহিষ, ছাগল, ভেড়া প্রভৃতি পশুর মাংসকে বোঝানো হয়। এছাড়া মুরগির মাংস রয়েছে। মাংস হলো সুষম প্রোটিনজাতীয় খাদ্য। পশুর মুরগির ও মাংসের উপাদান হলো : পানি 75%, প্রোটিন 19%, চর্বি 2.5%, কার্বোহাইড্রেট 0.3%, অ্যামাইনো এসিড 1.65%, অজৈব লবণ 0.65%, ল্যাকটিক এসিড 0.9%।

> **MCQ-5.6 : মাংস কৌটাজাতকরণে নিচের কোনটি যোগ করা হয়?**
> (i) 2% লবণ (ii) 2% চিনি
> (iii) 1% সায়ট্রিক এসিড
> নিচের কোন্‌টি সঠিক?
> (ক) i, ii (খ) ii, iii
> (গ) i, iii (ঘ) i, ii ও iii

বাংলাদেশে কোরবানির সময় প্রয়োজনের অধিক মাংস পাওয়া যায়। তাই এসব মাংসকে সঠিকভাবে কৌটাজাত করে বছরব্যাপী সংরক্ষণ করা যায়। মাংসের ও মাছের কৌটাজাতকরণ একই প্রকার।

মাংসের কৌটাজাতকরণ বা ক্যানিং প্রণালি :

(১) পশু নির্বাচন : সুস্থ, সবল, মাঝবয়সী পশু নির্বাচন করা হয়।

(২) প শু জবাই ও মাংস ধৌতকরণ : পশু জবাই করার পর, চামড়া মুক্ত করে, পশুর মাংসকে প্রয়োজনমত টুকরা করা হয়। চর্বি, কলিজা, কিডনি, মস্তিষ্ক ও হাড় ফেলে দেয়া হয়। শেষে মাংসকে পরিষ্কার পানিতে ধুয়ে রক্ত মুক্ত করে এবং চাপে পানি বের করা হয়।

চিত্র-৫.১৫ : মাংসের কৌটাজাতকরণ

(৩) ক্যানে ভর্তিকরণ ও ক্যান তরলযুক্তকরণ : ক্যানের ভেতর মাংসের টুকরা সাজিয়ে ওপর দিকে $\frac{1}{2}$ ইঞ্চি খালি জায়গা রাখা হয়। এরপর 2% খাদ্য লবণ ও 2% চিনির দ্রবণ ক্যানের মধ্যে যোগ করে ওপরে সামান্য জায়গা খালি রাখা হয়।

(৪) এগজিস্টিং, ক্যান সিলিং রিটর্টিং : মাংসভর্তি ক্যানগুলো প্রেসার ক্যানারে রেখে 85°–100°C তাপমাত্রায় 10 মিনিট এগজস্টিং করে ক্যানগুলোকে সিলিং করা হয়। এরপর ক্যানগুলোকে প্রেসার ক্যানারে 121°C তাপমাত্রায় $1-1\frac{1}{2}$ ঘণ্টা রিটর্টিং করা হয়।

(৫) ক্যান্ লেবেলিং ও গুদামজাতকরণ : প্রেসার ক্যানার থেকে মাংসভর্তি ক্যানগুলো বের করে ঠাণ্ডা অবস্থায় লেবেল যুক্ত করে গুদামজাত করা হয়।

ব্যবহারিক (Practical)

ল্যাবরেটরিতে শিক্ষার্থীর কাজ : শ্রেণিশিক্ষকের সহায়তায় চার জনের গ্রুপ করে নিম্নোক্ত ধাপে খাদ্যবস্তু যেমন— সবজি কৌটাজাতকরণ প্রক্রিয়া সম্পাদন করো।

পরীক্ষা নং-১৫ **পরীক্ষার সময় : ২ পিরিয়ড**

তারিখ : ....

৫.৫ পরীক্ষার নাম : খাদ্যবস্তু সবজি কৌটাজাতকরণ

Canning Vegetable Food

প্রয়োজনীয় সবজি :

(১) বাঁশ কোরল : $\frac{১}{২}$ কেজি।
(বর্ষাকালে বাজারে পাওয়া যায়)

(২) মুলা বা গাজর : $\frac{১}{২}$ কেজি।
(শীতকালে বাজারে মুলা পাওয়া যায়)

(৩) লবণ : ৫ গ্রাম,

(৪) পানি : $\frac{১}{২}$ কেজি।

প্রয়োজনীয় সরঞ্জাম : (১) কৌটা হিসেবে B.D. Food Limited অথবা PRAN Fruit Products কোম্পানির ব্যবহৃত সামগ্রীর কৌটা ব্যবহার করতে পারো।

(২) ইস্পাত সস্‌পেন : ২টি (চিত্র-৫.৩ দেখো); (৩) রেক (rack) : ১টি; (৪) বড়ো চামচ : ১টি; (৫) জার-লিফ্‌টার।

কার্যপদ্ধতি : (১) বাঁশ কোরল সবজি সংগ্রহ : প্রথমে $\frac{১}{২}$ কেজি বাঁশ কোরল সবজি নিয়ে ভালো করে ধুয়ে নাও। সব্‌জি কাটার ছুরি দিয়ে সব্‌জির খোসা বা চামড়া তুলে টুক্‌রা করো।

(২) বাঁশ কোরল টুকরাকে ব্লাঞ্চিং : ইস্পাতের সস্‌পেন $\frac{1}{2}$ লিটার পানিতে ৫ গ্রাম লবণ ও সবজির টুকরাগুলো রেখে তোমার ল্যাবরেটরির গ্যাস বার্নারে ১০ মিনিট ফুটন্ত পানিতে সিদ্ধ করো। ব্লাঞ্চিং করার ফলে বাঁশ কোরল জীবাণুমুক্ত ও সিদ্ধ হয়ে নরম হয়। এবার বার্নার বন্ধ করে সস্‌পেনটিকে ঠাণ্ডা হতে দাও।

চিত্র-৫.১৬ : বাঁশ কোরল কৌটাজাতকরণ

(৩) কৌটায় বাঁশ কোরল ও ক্যানিং তরলভর্তি : কৌটা বা বয়েমগুলো ধুয়ে নাও। এখন বড়ো চামচের সাহায্যে ঐ সিদ্ধ করা বাঁশ কোরল সবজি কাচের বয়েমে নিয়ে $\frac{3}{4}$ অংশ ভর্তি করো। বয়েমের মুখ হতে ১ ইঞ্চি পর্যন্ত খালি রেখে ক্যানিং তরলরূপে গরম লবণ পানি যোগ করো, এবার বয়েমের মুখে হালকাভাবে ঢাকনি যুক্ত করো। এরূপে ৪ জন শিক্ষার্থী মিলে ৪টি বয়েম ভর্তি করো।

(৪) এগজস্টিং, রিটর্টিং : এখন বড়ো সস্‌পেনে রেকের ওপর সব্‌জি ভর্তি বয়েমগুলো রাখো। এবার সস্‌পেনটিতে (water bath) গরম পানি যোগ করো যেন মুখ বন্ধ বয়েমগুলোর ওপরে ১–২ ইঞ্চি খালি থাকে। এরপর Water bath সস্‌পেনটিকে গ্যাস বার্নার দ্বারা 20 – 25 মিনিট 100°C-এ উত্তপ্ত করে এগজস্টিং শেষ করা হয় এবং কৌটার মুখ বন্ধ করা হয়। এবার ওয়াটার বাথটিকে ঠাণ্ডা হতে দাও।

(৫) কৌটা শীতলকরণ : এরপর জার-লিফ্‌টার দ্বারা গরম বয়েম বা কৌটাগুলোকে Water bath থেকে বের করে নিয়ে রেকের ওপর রাখো এবং ঠাণ্ডা হতে দাও।

(৬) কাজ শেষ করে বয়েম বা কৌটাভর্তি খাদ্যবস্তু তোমাদের শিক্ষককে দেখাও।

শিক্ষার্থীর কাজ-৫.৫ : ফল ও সবৃজি কৌটাজাতকরণভিত্তিক প্রশ্ন :

প্রশ্ন-৫.১৫(ক) : একজন তরুণ উদ্যোক্তা আম, আনারস, পেয়ারা, আপেল প্রভৃতি ফলকে কৌটাজাত করতে গিয়ে রাসায়নিক প্রিজারভেটিভ সোডিয়াম সালফাইটের পরিবর্তে প্রাকৃতিক প্রিজারভেটিভ হিসেবে চিনির সিরাপ ব্যবহার করেন। [ব. বো. ২০১৬]

(১) 'তরুণ উদ্যোক্তা যে পদ্ধতি অবলম্বন করেছেন, তাতে বিভিন্ন ধাপের তাপমাত্রা সুনির্দিষ্ট মানে থাকা জরুরি-এর ব্যাখ্যা করো।

(২) উদ্দীপকে উল্লেখিত ১ম প্রিজারভেটিভের পরিবর্তে ২য় প্রিজারভেটিভটি ব্যবহারের সিদ্ধান্তে তুমি কী একমত? তোমার উত্তরের পক্ষে যুক্তি দাও।

প্রশ্ন-৫.১৫(খ) : আম কৌটাজাতকরণ পদ্ধতি বর্ণনা করো। [য. বো. ২০১৯; সি. বো. ২০১৯]

প্রশ্ন-৫.১৫(গ) : পেয়ারার দীর্ঘকালীন সংরক্ষণ পদ্ধতি বর্ণনা করো। [কু. বো. ২০১৭]

প্রশ্ন-৫.১৫(ঘ) : টমেটো কৌটাজাতকরণ বর্ণনা করো। [ব. বো. ২০১৯]

প্রশ্ন-৫.১৫(ঙ) : আনারসের প্রক্রিয়াজাতকরণ বর্ণনা করো। [চ. বো. ২০১৬]

প্রশ্ন-৫.১৫(চ) : সবজি → [7–8% NaCl দ্রবণ]→[ক্যানিং] এক্ষেত্রে শেষ ধাপের গুরুত্ব ব্যাখ্যা করো। [রা. বো. ২০১৭; ঢা. বো. ২০১৯]

প্রশ্ন-৫.১৫(ছ) : বাঁশ কোরল সংরক্ষণে ব্লাঞ্চিং ও ক্যানিং ধাপের গুরুত্ব বিশ্লেষণ করো। [রা. বো. ২০১৯]

৫.৬ সাসপেনশন ও কোয়াগুলেশন
Suspension and Coagulation

তুমি বিভিন্ন কঠিন পদার্থকে যেমন NaCl, $Al(OH)_3$ ও বালির গুঁড়াকে মর্টারে ঘষে সূক্ষ্মাতিসূক্ষ্ম গুঁড়া করে পৃথক পৃথক বিকারে নাও। প্রত্যেকটিতে সমপরিমাণে পানি যোগ করে ভালো করে নেড়ে টেবিলের ওপর রেখে দাও। কিছুক্ষণ অপেক্ষা করে ভালোভাবে লক্ষ্য করলে তুমি কী দেখতে পাবে?

রসায়নের ভাষায় আমরা এসব মিশ্রণকে প্রধানত দু'শ্রেণিতে বিভক্ত করতে পারবো। যেমন,

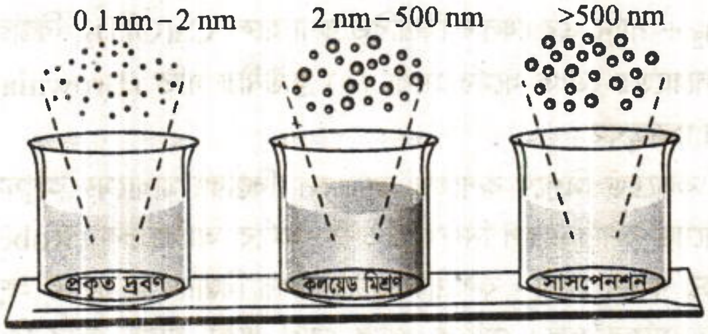
(ক) **সমসত্ত্বীয় মিশ্রণ বা স্বচ্ছ মিশ্রণ বা দ্রবণ :** যেমন NaCl এর পানিতে দ্রবণ।

(খ) **অসমসত্ত্বীয় মিশ্রণ বা অস্বচ্ছ ঘোলাটে মিশ্রণ :** বালি ও পানি এবং $Al(OH)_3$ ও পানির মিশ্রণ।

পানিতে সমসত্ত্বীয় মিশ্রণ বা দ্রবণ তৈরি হবে নাকি অসমসত্ত্বীয় অস্বচ্ছ মিশ্রণ তৈরি হবে তা নির্ভর করে দ্রব বা কঠিন পদার্থের ক্ষুদ্রতম সূক্ষ্ম কণার আকারের ওপর। স্বচ্ছ দ্রবণ তখনই তৈরি হবে যদি পানিতে মিশ্রিত অবস্থায় দ্রব বা কঠিন পদার্থটির সূক্ষ্ম কণা বা আয়নের আকারের ব্যাস 0.1 nm থেকে 2 nm (1 nm = 10^{-9} m) এর মধ্যে থাকে। দ্রবণে দ্রব অণু বা আয়নসমূহ দীর্ঘদিন দ্রবণে থাকে; পৃথক হয়ে তলায় জমে না।

এবার অসমসত্ত্বীয় মিশ্রণের কথা জানবো। অসমসত্ত্বীয় মিশ্রণকে নিম্নমতে শ্রেণিবদ্ধ করা যায়। যেমন—

অসমসত্ত্বীয় মিশ্রণ →
- → কলয়েড [2 nm–500 nm]
- → সাসপেনশন → কোয়াগুলেশন
- → অধঃক্ষেপ



চিত্র-৫.১৭ : বিভিন্ন প্রকার মিশ্রণের কণা

সারণি-৫.২ : দ্রবণ, কলয়েড ও সাসপেনশন অবস্থায় তুলনামূলক বস্তু কণার আকার, ভৌত অবস্থা, কণার দৃশ্যমান মাধ্যম, মিশ্রণে স্থিতি, ব্রাউনীয় গতি ও আলোক ধর্ম ইত্যাদি উদাহরণসহ দেয়া হলো :

মিশ্রণের শ্রেণি	ভৌত অবস্থা	কণার ব্যাস	দৃশ্যমান মাধ্যম	ব্রাউনীয় গতি	আলোর বিচ্ছুরণ, টিন্ডাল প্রভাব	মিশ্রণের স্থিতি	উদাহরণ
দ্রবণ :	সমসত্ত্ব, স্বচ্ছ মিশ্রণ	0.1 nm – 2 nm	অদৃশ্য	ব্রাউনীয় গতিহীন	আলো বিচ্ছুরিত হয় না, টিন্ডাল প্রভাব নেই	দ্রবণ সুস্থিত মিশ্রণ	NaCl দ্রবণ, গ্লুকোজ দ্রবণ
কলয়েড :	অসমসত্ত্ব, অস্বচ্ছ মিশ্রণ	2 nm – 500 nm	আলট্রা মাইক্রোস্কোপ	ব্রাউনীয় গতি আছে	আলোক রশ্মির বিচ্ছুরণ ঘটে অর্থাৎ টিন্ডাল প্রভাব দেখায়	কলয়েড সুস্থিত মিশ্রণ	দুধ, বাটার মিল্ক অব ম্যাগনেসিয়া
সাসপেনশন :	অসমসত্ত্ব, অস্বচ্ছ মিশ্রণ	> 500 nm	সাধারণ মাইক্রোস্কোপ দ্বারা বা খালি চোখে দেখা যায়	ব্রাউনীয় গতিহীন	কোনো কোনো ক্ষেত্রে আলোর বিচ্ছুরণ ঘটে, কিন্তু টিন্ডাল প্রভাব নেই	সাসপেনশন অস্থায়ী, অধঃক্ষিপ্ত হয়ে পড়ে	রক্ত, কলেরা ভ্যাকসিন, পানিতে কাদার মিশ্রণ

(১) কলয়েড (Colloid) : 'কলয়েড'-এর উদাহরণ হলো দুধ বা মিল্ক। প্রকৃতপক্ষে দুধ হলো কলয়েড শ্রেণির একটি ইমালশন। কলয়েড হলো অসমসত্ত্বীয় মিশ্রণের একটি শ্রেণি; তবে কলয়েড অবস্থায় অদ্রবণীয় পদার্থের কণাসমূহ তরল পদার্থের মাধ্যমে প্রায় সর্বত্র সমভাবে বিরাজ করে। এক্ষেত্রে কঠিন পদার্থের সূক্ষ্মতম কণাগুলোর আকারের ব্যাস হয় 2 nm থেকে 500 nm এর মধ্যে থাকে। কলয়েড কণাগুলো হলো একক ম্যাক্রো অণু বা বৃহৎ পলিমার অণু যেমন প্রোটিন ও সংশ্লেষিত পলিমার অণু অথবা অনেক আয়ন বা অণুর গুচ্ছ অবস্থা। তাই কলয়েড মিশ্রণটি অস্বচ্ছ দেখায়। দীর্ঘদিন একই অবস্থায় থাকে, পৃথক হয় না। তবে কলয়েড মিশ্রণ প্রকৃতপক্ষে সমসত্ত্বীয় থাকে না; অসমসত্ত্বীয় অবস্থা হয়।

কলয়েডের সংজ্ঞা : যখন কোনো কঠিন, তরল অথবা গ্যাসীয় পদার্থের 2 nm – 500 nm আকারের সূক্ষ্ম কণাগুলো অপর কোনো তরল, গ্যাসীয় অথবা কঠিন পদার্থের মাধ্যমে বিস্তারিত হয়ে একটি অস্বচ্ছ, অসমসত্ত্ব কিন্তু স্থায়ী মিশ্রণ উৎপন্ন করে, তখন ঐ অস্বচ্ছ, অসমসত্ত্ব স্থায়ী মিশ্রণটিকে কলয়েড বলে। যেমন দুধ, জিলেটিন, গাম ইত্যাদি।

কলয়েডের দশা বা ফেজ (phase) : প্রতিটি কলয়েডে দুটি অংশ বা, দশা বা, মাধ্যম থাকে; প্রথমটি পরিমাণে বেশি থাকে, একে বিস্তারণ মাধ্যম (বা dispersion medium) বলে এবং দ্বিতীয়টি পরিমাণে কম, একে বিস্তারিত বস্তু কণা (বা dispersed phase or substance) বলে। যেমন,

দুধের বেলায়-বিস্তারিত বস্তুকণা হলো— চর্বি ও প্রোটিন; বিস্তারণ মাধ্যম হলো- পানি।

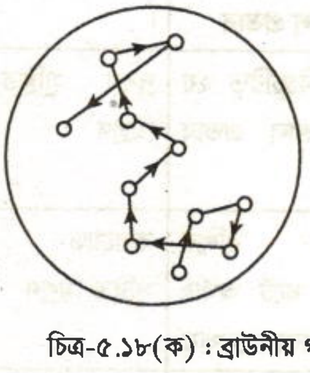
বাটারের বেলায়- বিস্তারিত বস্তুকণা হলো— পানির গুচ্ছ অণু; বিস্তারণ মাধ্যম হলো চর্বিদেলা।

মিল্ক অব ম্যাগনেসিয়া [$Mg(OH)_2$ + পানি]-এর বেলায়- বিস্তারিত বস্তুকণা হলো কঠিন $Mg(OH)_2$-এর কণা, বিস্তারণ মাধ্যম হলো পানি।

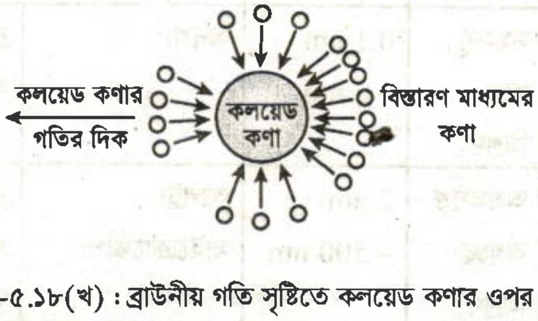
মিল্ক অব লাইম [$Ca(OH)_2$ + পানি] এর বেলায় বিস্তারিত কণা হলো $Ca(OH)_2$, বিস্তারণ মাধ্যম হলো পানি।

কলয়েডের বিশেষ ধর্ম : কলয়েডের ভৌত ধর্মের মধ্যে (১) ব্রাউনীয় গতি (Brownian motion) ও (২) টিন্ডাল প্রভাব (Tyndall effect) বিশেষ গুরুত্ববহ।

(১) ব্রাউনীয় গতি : কোনো কলয়েড মিশ্রণে কলয়েড কণাগুলো বিস্তারণ মাধ্যমের অণুসমূহের ধাক্কা খেয়ে অবিরাম ও বিক্ষিপ্তভাবে গতিশীল থাকে। কলয়েড কণার এরূপ নিজস্ব গতিশীল ধর্মকে আবিষ্কারক (Robert Brown) এর নামানুসারে **ব্রাউনীয় গতি** বলে। **ব্রাউনীয় গতির কারণ হলো**– কলয়েড কণার ওপর বিস্তারণ মাধ্যমের অণুগুলোর চারদিক থেকে অসম সংঘর্ষজনিত সমষ্টিগত বলের গতিসমূহের ফল। যেদিক থেকে বেশি ধাক্কা আসে, তার বিপরীত দিকে কলয়েড কণাটি গতিশীল হয় [চিত্র-৫.১৮(খ)]। আবার এ গতিপথে বিস্তারণ মাধ্যমের অন্য অণুর সাথে সংঘর্ষের ফলে কলয়েড কণার গতিপথ পরিবর্তিত হয়। এরূপে কলয়েড কণা অবিরাম বিভিন্ন দিকে আঁকাবাঁকা পথে গতিশীল থাকে [চিত্র-৫.১৮(ক)]। কলয়েড কণার আকার যত ছোটো হয় এর গতি তত বেশি হয় এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে কলয়েড কণার ব্রাউনীয় গতি বৃদ্ধি পায়।



চিত্র-৫.১৮(ক) : ব্রাউনীয় গতি।



চিত্র-৫.১৮(খ) : ব্রাউনীয় গতি সৃষ্টিতে কলয়েড কণার ওপর বিস্তারণ মাধ্যমের অণুসমূহের অসম সংঘর্ষ।

ব্রাউনীয় গতির তাৎপর্য : (১) কলয়েড কণাগুলোর ব্রাউনীয় গতির ফলে অভিকর্ষজ বলের প্রভাবে কলয়েড কণা অধঃক্ষিপ্ত হয় না। সুতরাং কলয়েড অবস্থার স্থায়িত্ব প্রদানে ব্রাউনীয় গতির ভূমিকা আছে। (২) ব্রাউনীয় গতি গ্যাসের গতিতত্ত্বের গ্যাস অণুসমূহের বিরামহীন বিশৃঙ্খল গতির সর্বোৎকৃষ্ট প্রমাণ।

(২) টিন্ডাল প্রভাব : কলয়েড কণার আকার (2 nm – 500 nm) পানিতে দ্রবণীয় অন্যসব কণার আকার (0.1 nm - 2 nm) অপেক্ষা বড়ো হওয়ায় কলয়েড কণাসমূহ দৃশ্যমান আলো বিচ্ছুরণ করতে পারে। কলয়েড কণাসমূহ দ্বারা দৃশ্যমান আলোর বিচ্ছুরণ ধর্মকে আবিষ্কারক বিজ্ঞানী টিন্ডালের নামানুসারে **টিন্ডাল প্রভাব** (Tyndall effect) বলে।

টিন্ডাল প্রভাবের ব্যাখ্যা : কোনো বস্তুকণার আকার আপতিত আলোক রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্যের (380 nm – 780 nm এর) অর্ধেক অপেক্ষা বড়ো হলে তখন ঐ বস্তুকণা ঐ আলোকরশ্মিকে বিচ্ছুরিত করতে পারে; এর ছোটো হলে পারে না। অধিকাংশ কলয়েডের কণাগুলোর আকার দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের চেয়ে ছোটো হওয়ায় ঐ সব কলয়েড কণা সাধারণ মাইক্রোস্কোপে সরাসরি দেখা যায় না; আলট্রামাইক্রোস্কোপে দেখা যায়।

অপরদিকে স্বচ্ছ কাচের বিকারে নেয়া কলয়েডের ওপর বিকারের পার্শ্ব থেকে উজ্জ্বল আলো উত্তল লেন্সের মাধ্যমে কলয়েড কণার ওপর আপতিত হলে তখন কলয়েড কণাগুলো প্রথমে ঐ আপতিত আলোকরশ্মিকে অধিশোষণ করে। পরে ঐ অধিশোষিত দৃশ্যমান আলো (380 nm – 780 nm) থেকে ক্ষুদ্রতর তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যের আলো বিচ্ছুরিত হয়। তখন সাধারণ মাইক্রোস্কোপের সাহায্যে কলয়েড মিশ্রণকে ওপর থেকে দেখলে কলয়েড কণাগুলো থেকে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র উজ্জ্বল আলোক বিন্দু দেখা যায়। এটিকে **টিন্ডাল প্রভাব** বলে। প্রকৃতিতে টিন্ডাল প্রভাবে ওপরের আকাশ আসমানি (λ = 451 nm – 500 nm এর আলোর বিচ্ছুরণ) এবং গভীর সমুদ্রের জলরাশি নীল বর্ণ দেখায় (λ = 424 nm – 450 nm এর আলোর বিচ্ছুরণ)।

টিন্ডাল প্রভাবের ব্যবহার : (১) স্পর্শ পদ্ধতিতে H_2SO_4 উৎপাদনে ব্যবহৃত SO_2 এবং O_2 গ্যাস মিশ্রণে ধূলিকণার উপস্থিতি (যা পদ্ধতিতে ব্যবহৃত মূল্যবান প্রভাবক V_2O_5 অথবা Pt এর প্রভাবন ক্ষমতা নষ্ট করে) শনাক্ত করার জন্য টিন্ডাল-প্রভাব ব্যবহৃত হয়। (২) টিন্ডাল-প্রভাব দ্বারা একই বর্ণের একটি কলয়েড মিশ্রণ ও একটি প্রকৃত দ্রবণের মধ্যে পার্থক্য করা যায়। (৩) টিন্ডাল-প্রভাবের ওপর ভিত্তি করে সর্বপ্রথম বিজ্ঞানী জিগমন্ডি (Zsigmondy) আলট্রামাইক্রোস্কোপ আবিষ্কার করেন।

(৩) কলয়েডের বর্ণ : কলয়েডের বর্ণ নির্ভর করে কলয়েড কণা দ্বারা **বিচ্ছুরিত দৃশ্যমান আলোর বিশেষ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের** ওপর। আবার বিচ্ছুরিত আলোর বিশেষ তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ভর করে **কলয়েড কণার আকারের ওপর**। কোনো কণা দ্বারা শোষিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য ঐ কণার ব্যাসার্ধের সমানুপাতিক। তাই বড়ো কণা দীর্ঘ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের এবং ছোটো কণা ক্ষুদ্র তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দৃশ্যমান আলো শোষণ করে। এর ফলে বড়ো কণা দ্বারা বিচ্ছুরিত দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য ছোটো এবং ক্ষুদ্র কণা দ্বারা বিচ্ছুরিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য দীর্ঘ হয়। যেহেতু কলয়েড কণার ব্যাস 2 nm–500 nm এর মধ্যে পরিবর্তিত হয়; তাই কলয়েড কণার আকারের ওপর নির্ভর করে বিচ্ছুরিত দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যও পরিবর্তিত হয়। যেমন,

(১) বড়া কলয়েড কণার সিলভার-সল বেগুনি বর্ণের এবং ছোটো কণার সিলভার-সল হলুদাভ-কমলা বর্ণের দেখায়।

(২) বড়া কলয়েড কণার গোল্ড-সল নীল বর্ণের এবং ছোটো কণার গোল্ড-সল লাল বর্ণের হয়।

কলয়েড প্রস্তুত প্রণালি : দ্রাবক-আকর্ষী কলয়েড যেমন জিলেটিন, গাম প্রভৃতিকে গরম পানিতে ঝাঁকিয়ে সহজে প্রস্তুত করা যায়।

দ্রাবক-বিকর্ষী কলয়েড (সল) প্রস্তুতির পদ্ধতিগুলো দু'ভাগে বিভক্ত। যেমন- (ক) বিভাজন পদ্ধতি (dispersion method) ও (খ) ঘনীভবন পদ্ধতি (condensation method)। বিভাজন পদ্ধতির অন্তর্ভুক্ত পেপটাইজেশন (peptisation) ও ঘনীভবন পদ্ধতির অন্তর্ভুক্ত বিজারণ ও জারণ পদ্ধতি আলোচনা করা হলো :

(১) পেপটাইজেশন পদ্ধতি : যে পদ্ধতিতে কোনো সদ্য প্রস্তুত জমাটবদ্ধ অধঃক্ষেপের বড়ো কণাগুলোকে কোনো তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের সাহায্যে বিচ্ছিন্ন করে কলয়েড কণায় রূপান্তরিত করা হয়, তাকে পেপ্টাইজেশন বলে। এ প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যটিকে পেপটাইজিং এজেন্ট বলে; যা সম-আয়নযুক্ত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য অথবা ভিন্ন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হতে পারে। যেমন—

(i) ফেরিক হাইড্রক্সাইড-সল প্রস্তুতি : সদ্য প্রস্তুত ফেরিক হাইড্রক্সাইড $[Fe(OH)_3]$ এর বাদামি অধঃক্ষেপকে পানি দিয়ে ধুয়ে নিয়ে পরিমাণমতো পানি ও অল্প $FeCl_3$ দ্রবণ মিশিয়ে ঝাঁকালে বাদামি বর্ণের 'ফেরিক হাইড্রক্সাইড-সল' বা কলয়েডের স্বচ্ছ মিশ্রণ উৎপন্ন হয়।

মেকানিজম : এক্ষেত্রে $Fe(OH)_3$ এর অধঃক্ষিপ্ত বড়ো কণাগুলো মিশ্রণের 'সম-আয়ন' যেমন Fe^{3+} আয়নকে অধিশোষণ (বা পৃষ্ঠতলে শোষণ) করে ধনাত্মক-চার্জযুক্ত যেমন $[Fe(OH)_3.Fe^{3+}]$ আয়নে পরিণত হয়। পরে চার্জযুক্ত কণাগুলোর মধ্যে বিকর্ষণের কারণে পরস্পর থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে ক্ষুদ্রতর কলয়েড কণায় রূপান্তরিত হয়।

$$\underset{\text{অধঃক্ষেপ}}{Fe(OH)_3(s)} + \underset{\text{পেপটাইজিং এজেন্ট}}{Fe^{3+}(aq)} \longrightarrow \underset{\text{সল-কণা বা কলয়েড কণা (ধনাত্মক চার্জযুক্ত)}}{Fe(OH)_3.Fe^{3+}(aq)}$$

(ii) সিলভার ক্লোরাইড-সল প্রস্তুতি : AgCl এর অধঃক্ষেপের মধ্যে $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করে ঝাঁকালে AgCl-সল উৎপন্ন হয়। সল-কণাগুলো ধনাত্মক চার্জযুক্ত হয়।

$$\underset{\text{অধঃক্ষেপ}}{AgCl(s)} + \underset{\text{পেপটাইজিং এজেন্ট}}{Ag^+(aq)} \longrightarrow \underset{\text{সল-কণা (ধনাত্মক চার্জযুক্ত)}}{AgCl.Ag^+(aq)}$$

(২) বিজারণ পদ্ধতি : রাসায়নিক বিজারণ পদ্ধতিতে গোল্ড-সল ও প্লাটিনাম-সল নিম্নরূপে প্রস্তুত করা হয়। এসব ধাতুর লবণের জলীয় দ্রবণকে বিভিন্ন বিজারক যেমন স্ট্যানাস ক্লোরাইড ও ফরম্যালডিহাইড দ্বারা বিজারিত করা হয়।

গোল্ড-সল : $2AuCl_3(aq) + 3SnCl_2(aq) \longrightarrow 3SnCl_4(aq) + 2Au(sol)$

প্লাটিনাম-সল : $2PtCl_4(aq) + 4SnCl_2(aq) \longrightarrow 4SnCl_4(aq) + 2Pt(sol)$

গোল্ড-সল : $2AuCl_3(aq) + (3H\text{–}CHO + 3H_2O)(aq) \longrightarrow 3H\text{–}COOH(aq) + 6HCl(aq) + 2Au(sol)$

এক্ষেত্রে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন HCl কলয়েড গোল্ড-সলের স্থায়িত্ব নষ্ট করে দেয়। তাই $AuCl_3$ দ্রবণের সাথে অল্প K_2CO_3 দ্রবণ যোগ করে HCl কে প্রশমিত করা হয়।

(৩) জারণ পদ্ধতি : জারণ পদ্ধতিতে অধাতব মৌলের কলয়েড-সল প্রস্তুত করা হয়। যেমন H_2S গ্যাসকে ব্রোমিন পানিতে অথবা লঘু HNO_3 এর দ্রবণে চালনা করলে সালফার-সল উৎপন্ন হয়।

$$H_2S(g) + Br_2(aq) \longrightarrow 2HBr(aq) + S(sol);$$

** এসব 'সল' শ্রেণির বিস্তারণ মাধ্যম পানি হওয়ায় এরা 'হাইড্রোসল' হয়।

** ধাতব হাইড্রক্সাইড 'সল' হলো ধনাত্মক চার্জযুক্ত $[Fe(OH)_3, Al(OH)_3, Ca(OH)_2]$

** ধাতুর 'সল' হলো ঋণাত্মক চার্জযুক্ত [যেমন গোল্ড-সল, প্লাটিনাম-সল, সিলভার-সল]

** ধাতব সালফাইড 'সল' হলো ঋণাত্মক চার্জযুক্ত [যেমন Ag_2S_3 সল, Sb_2S_3 সল, CdS সল]

কলয়েডের সুস্থিতি বা স্থায়িত্বের কারণ : কলয়েডের সুস্থিতি বা স্থায়িত্ব কলয়েডের প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে। প্রকৃতিগতভাবে কলয়েড (i) দ্রাবক-আকর্ষী ও (ii) দ্রাবক-বিকর্ষী; এ দু'শ্রেণিতে বিভক্ত। দ্রাবক-আকর্ষী কলয়েড যেমন স্টার্চের-সল, গাম, জিলেটিন প্রভৃতিকে গরম পানিতে ঝাঁকিয়ে সহজে প্রস্তুত করা যায়। এরা অধিকতর স্থায়ী কলয়েড। অপরদিকে দ্রাবক-বিকর্ষী কলয়েড যেমন বিভিন্ন সল-শ্রেণির কলয়েড, ফেরিক হাইড্রক্সাইড-সল, গোল্ড-সল, প্লাটিনাম-সল, সালফার-সল প্রভৃতি হলো কম স্থায়ী কলয়েড।

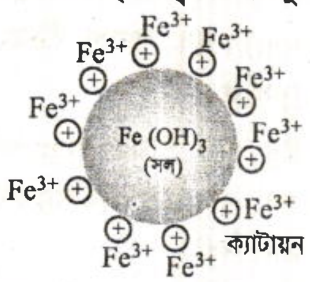
কলয়েডের স্থায়িত্ব নষ্ট হয় যখন কলয়েড কণাগুলো পরস্পর কাছে এসে জোটবদ্ধ হয়ে বড়ো কণা সৃষ্টি করে। বড়ো কণাগুলোর ভর বেশি হওয়ায় এদের ব্রাউনীয় গতি লোপ পায়। তখন অভিকর্ষজ বলের প্রভাবে অধঃক্ষিপ্ত হয় বা থিতিয়ে পড়ে।

* দ্রাবক-বিকর্ষী কলয়েডের স্থায়িত্বের কারণ হলো ২টি; যেমন— (i) কলয়েড কণার ব্রাউনীয় গতি ও (ii) কলয়েড কণাসমূহে একই চার্জের উপস্থিতি।

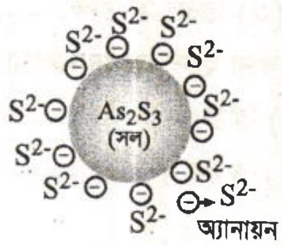
* দ্রাবক-আকর্ষী কলয়েডের স্থায়িত্বের কারণ হলো ৩টি; যেমন— (i) কলয়েড কণার ব্রাউনীয় গতি, (ii) কলয়েড কণার একই চার্জের উপস্থিতি ও (iii) কলয়েড কণাসমূহের দ্রাবকায়ন।

(১) ব্রাউনীয় গতি : কলয়েড কণাসমূহের ব্রাউনীয় গতির ফলে কণাগুলোর কাছাকাছি আসার সম্ভাবনা কমে যায়। তখন কণাগুলো পরস্পরের সাথে জোটবদ্ধ হতে পারে না এবং অভিকর্ষজ বলের প্রভাবমুক্ত থাকে। তাই **ব্রাউনীয় গতি কলয়েডের স্থায়িত্ব বা সুস্থিতির অন্যতম কারণ।**

(২) **কলয়েড কণাসমূহে একই চার্জের উপস্থিতি** : দ্রাবক-বিকর্ষী কলয়েডগুলো ধনাত্মক অথবা ঋণাত্মক যেকোনো একপ্রকার চার্জযুক্ত হয়। ফলে কণাগুলোর মধ্যে বিকর্ষণ বল ক্রিয়া করে। তাই কলয়েড কণাগুলো একত্রিত হতে পারে না। এরূপে **কলয়েডের চার্জ কলয়েডের স্থায়িত্বের জন্য মুখ্য ভূমিকা পালন করে।**



চিত্র-৫.১৯(ক) : ধনাত্মক চার্জযুক্ত কলয়েড কণা।



চিত্র-৫.১৯(খ) : ঋণাত্মক চার্জযুক্ত কলয়েড কণা।

উল্লেখ্য জলীয় দ্রবণে সাবানের অ্যানায়ন ($C_{15}H_{31}COO^-$) গুলোর হাইড্রোকার্বন অংশ ($C_{15}H_{31}^-$) ভ্যানডার ওয়ালস্ আকর্ষণ বল যেমন লন্ডন বল বা বিস্তারণ বল দ্বারা জোটবদ্ধ অবস্থায় গোলকাকার অ্যানায়নরূপে কলয়েড কণার আকার ধারণ করে। এদেরকে **মিসেল** (micelle) বলে। মিসেল **হাইড্রোসল** গঠন করে। এরূপে গঠিত সুস্থিত মিসেল কণা কাপড়ের তৈলযুক্ত ময়লাকে পরিষ্কার করতে ভূমিকা রাখে।

(৩) **কলয়েড কণার দ্রাবকায়ন** : দ্রাবক-আকর্ষী কলয়েড কণার সাথে দ্রাবক অণুসমূহ ভ্যানডার ওয়ালস আকর্ষণ বল দ্বারা জোটবদ্ধ অবস্থায় থাকে; একে কলয়েড কণার দ্রাবকায়ন বা দ্রাবক-সংযোজন ঘটে। ফলে কলয়েড কণার চারদিকে দ্রাবক-অণুর একটি খোলস বা স্পেয়ার (sphere) সৃষ্টি হয়; যা কণাগুলোকে জোটবদ্ধ হতে বাধা দেয়। **দ্রাবক-সংযোজনের মাধ্যমে অধিক স্থায়িত্ব লাভের ফলে দ্রাবক-আকর্ষী কলয়েডসমূহ দ্রাবক-বিকর্ষী কলয়েড অপেক্ষা অধিকতর স্থায়ী বা সুস্থিত হয়।**

কলয়েডের শ্রেণিবিভাগ : বিস্তারিত বস্তুকণা ও বিস্তারণ মাধ্যমের ভৌত অবস্থা (গ্যাস, তরল অথবা কঠিন) এর ওপর ভিত্তি করে বিভিন্ন শ্রেণি বা টাইপের কলয়েড আছে। বিভিন্ন শ্রেণির কলয়েড সারণি-৫.৩ এ দেখানো হলো।

সারণি-৫.৩ : বিভিন্ন শ্রেণির কলয়েড :

কলয়েড শ্রেণি	বিস্তারিত বস্তুকণা	বিস্তারণ মাধ্যম	উদাহরণ
১। এরোসল (aerosol)	কঠিন	গ্যাস	ধোঁয়া (smoke), বায়ুতে ভাসমান ধুলো
	তরল	গ্যাস	কুয়াশা (fog), মেঘ
২। ফোম (foam)	গ্যাস	তরল	পাকানো ক্রিম (Whipped cream) সাবানের ফেনা
৩। জেল (Jel)	তরল	কঠিন	জেলি, পনির, দই ও জুতোর কালি
৪। ইমালশন (emulsion)	তরল	তরল	দুধ, শ্যাম্পু, ক্রিম,
	তরল	কঠিন	বাটার (butter)
৫। সল (sol)	কঠিন	তরল	পেইন্ট, মিল্ক অব ম্যাগনেসিয়া [$Mg(OH)_2$ + পানি], কোষ-তরল

বিভিন্ন শ্রেণির কলয়েডের নাম মনে রাখার সহজ পদ্ধতিগত তালিকা নিম্নরূপ :

* **'গ্যাস' বিস্তারণ মাধ্যম হলে, তখন কলয়েডটির নাম 'এরোসল' (aerosol) হবে।**

এরোসল দু প্রকার : (১) কঠিন + গ্যাস ⟶ কঠিন এরোসল। যেমন, ধোঁয়া, বায়ুতে ভাসমান ধুলো।
(২) তরল + গ্যাস ⟶ তরল এরোসল। যেমন, কুয়াশা, মেঘ।

*** 'গ্যাস' বিস্তারিত বস্তুকণা হলে, তখন কলয়েডটির নাম 'ফোম' (foam) হবে।**

ফোম দু প্রকার : (১) গ্যাস + কঠিন ⟶ কঠিন ফোম। কেক, ঝামা পাথর (বায়ু সিলিকেটের মধ্যে)

(২) গ্যাস + তরল ⟶ ফোম (তরল)। সাবানের ফেনা, সোডা ওয়াটার (CO_2 + পানি)

* গ্যাস + গ্যাস ⟶ কলয়েড হয় না; সমসত্ত্ব মিশ্রণ হয়।

***'তরল' বিস্তারিত বস্তু কণা হলে, তখন কলয়েডটির নাম 'জেল' অথবা 'ইমালশন' হবে।** যেমন—

(১) তরল + কঠিন ⟶ জেল (Jel)। জেলি, পনির, দই, মাখন, জুতোর কালি।

(২) তরল + তরল ⟶ ইমালশন (emulsion)। দুধ, শ্যাম্পু, ক্রিম, পানিতে তেল।

***'কঠিন' বিস্তারিত বস্তু কণা হলে, তখন কলয়েডটির নাম 'সল' (sol) হবে।**

'সল' দু প্রকার : (১) কঠিন + কঠিন ⟶ কঠিন সল। সংকর ধাতু, জেম পাথর (gem stone), রঙিন কাচ।

(২) কঠিন + তরল ⟶ সল (তরল)। গোল্ড সল, রং, মিল্ক অব ম্যাগনেসিয়া, দেহকোষ তরল, ঘোলা পানি।

(২) সাসপেনশন (Suspension) : সাসপেনশন হলো অসমসত্ত্বীয় মিশ্রণের দ্বিতীয় শ্রেণিগত উদাহরণ। **যে অবস্থায় তরলের মাধ্যমে সর্বত্র বিরাজমান সূক্ষ্মতম কণাগুলোর আকারের ব্যাস কলয়েডের কণাগুলোর চেয়ে বড়ো অর্থাৎ 500 nm এর চেয়ে বড়ো হয়, তাকে সাসপেনশন বলে।**

বৈশিষ্ট্য : দীর্ঘদিন রেখে দিলে 'সাসপেনশনের' কঠিন বস্তুর কণাগুলো ধীরে ধীরে তলায় পৃথক হয়ে জমতে থাকে। সাসপেনশনের উদাহরণ হলো রক্ত। রক্তকে কাচনলে রেখে দিলে রক্তের সিরাম তরলের মধ্য থেকে WBC, RBC কণাগুলো নিচে জমতে থাকে। ডাক্তারি পরীক্ষায় রক্তের SR (Sedimentation rate) পরীক্ষা করে দেখা হয়। মাইক্রোস্কোপ দিয়ে এ সব কণাগুলো দেখা যায়। অপর কথায় তুমি বলতে পারো, **'সাসপেনশন' হলো কলয়েডের একটি অস্থায়ী অবস্থা।**

*** কলয়েড ও সাসপেনশনের মধ্যে মূল পার্থক্য হলো-** কণার ব্যাসার্ধ ও পাত্রের তলায় জমা পড়বে বা অধঃক্ষেপ সৃষ্টি করবে কীনা। কলয়েড কণার ব্যাস (2 nm -- 500 nm) থেকে সাসপেনশন কণার ব্যাস (> 500 nm) বা, 10^{-5} cm থেকে অনেক বড়ো হয়।

সারণি-৫.২ এ কলয়েড ও সাসপেনশনের পার্থক্যসমূহ দেখানো হয়েছে।

**** সাসপেনশনের তাৎপর্য ও ভূমিকা :**

(১) কলয়েড মিশ্রণ সুস্থিত থাকে, কিন্তু সাসপেনশন অস্থায়ী হওয়ায় কণাগুলো ধীরে ধীরে অধঃক্ষিপ্ত হতে থাকে। সাসপেনশনের কণার আকার 10^{-5} cm থেকে বড়ো হয়।
সাসপেনশনের কণার আকার 10^{-3} cm ও এর বড়ো হলে তখন এদেরকে খালি চোখে দেখা যায়; এসব কণা ফিল্টার পেপার দিয়ে যেতে পারে না।

(২) ওষুধ শিল্পে সাসপেনশনের গুরুত্ব সর্বাধিক। যেমন,

(i) সাসপেনশন অবস্থায় ওষুধের কার্যকারিতা বজায় থাকে। যেমন অক্সি-টেট্রাসাইক্লিন সাসপেনশন।

(ii) 'সাসপেনশন অবস্থায় ওষুধের তিক্ত গুণ দূর করা যায়। যেমন ক্লোরামপেনিকল পালমিটেট সাসপেনশন।

(iii) স্থানিক প্রয়োগের জন্য ওষুধ তৈরি করা হয়। যেমন ক্যালামিন লোশন।

(iv) কলেরা ভ্যাক্সিন হলো একটি সাসপেনশন।

(v) অন্ত্রের (intestine-এর) ইমেজিং কাজে ব্যবহৃত $BaSO_4$ মিশ্রণ হলো একটি সাসপেনশন। MAT (24-25)

(৩) কোয়াগুলেশন (Coagulation) : কোয়াগুলেশন হলো একটি রাসায়নিক অথবা যান্ত্রিক প্রক্রিয়া, যাতে কলয়েডের বিস্তারণ মাধ্যমে বিস্তারিত অবস্থায় থাকা কণাগুলো বা কলয়েড কণাগুলো পিণ্ডীভূত হয়ে মাধ্যমের তলদেশে অথবা ওপরে ভেসে ওঠে। যেমন দুধে এসিড যোগ করলে কলয়েড কণাগুলো (চর্বি ও প্রোটিন) গুচ্ছবদ্ধ হয়ে দই তৈরি করে। এতে

দুধের প্রোটিন অণুগুলোর মধ্যস্থ আন্তঃকণা বল H^+ আয়নের প্রভাবে বিনষ্ট হয়ে পড়ে। তখন প্রোটিন অণুগুলো পরস্পরের নিকটে এসে পিণ্ডীভূত হয় এবং বিস্তারণ মাধ্যমে ভেসে ওঠে।

কোয়াগুলেশনের সংজ্ঞা : যে বল দ্বারা কলয়েড সিস্টেমের বিস্তারণ মাধ্যমে বিস্তারিত বস্তুকণা সুস্থিত থাকে, সে বলকে বিনষ্ট করে কলয়েড সিস্টেমকে অস্থিত করার মাধ্যমে কলয়েড কণাগুলোকে গুচ্ছ আকারে পৃথক করার প্রক্রিয়াকে কোয়াগুলেশন বলে। যে রাসায়নিক পদার্থের প্রভাবে কলয়েড মধ্যস্থ বল নষ্ট হয়, তাকে **কোয়াগুলেন্ট** (coagulant) বলে। যেমন, 'ক্যাটায়নিক কোয়াগুলেন্ট' ধনাত্মক বিদ্যুৎ চার্জ যোগান দিয়ে কলয়েড কণাগুলোর সুস্থিত ঋণাত্মক চার্জ (জিটা পটেনশিয়াল) কে হ্রাস করে দেয়। ফলে কলয়েডের কণাগুলো আকৃষ্ট হয়ে গুচ্ছ অণু তৈরি করে পিণ্ডে পরিণত হয়। এ প্রক্রিয়া দুধ ঘটে দই তৈরি করে।

কোয়াগুলেশন প্রক্রিয়ার ব্যাখ্যা হলো– (১) কলয়েড কণাগুলো সূক্ষ্ম অবস্থার কারণে বিস্তারণ মাধ্যমে আন্তঃকণা বল যেমন আয়ন-ডাইপোল বল দ্বারা সুস্থিত থাকে। সলজাতীয় ধাতব অথবা অধাতব ধনাত্মক অথবা ঋণাত্মক চার্জযুক্ত কলয়েড কণাগুলো পরস্পর বিকর্ষণ করে নির্দিষ্ট ব্যবধানে থাকে। (২) কিন্তু তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের সংস্পর্শে বিপরীত চার্জযুক্ত আয়ন কলয়েড কণাগুলোর চার্জ হ্রাস করে দেয়। তখন কলয়েড কণাগুলোর মধ্যস্থ বিকর্ষণ বল সুস্থিত থাকে না, কণাগুলো জমাট বাঁধে, আকারে বড়ো হয়। তখন কোয়াগুলেশন ঘটে।

বিজ্ঞানী হার্ডি (Hardy), শূল্জে (Schulze) বিভিন্ন শ্রেণির কলয়েডকে বিভিন্ন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য দ্বারা কোয়াগুলেশন করেন। তাঁদের পরীক্ষালব্ধ ফলাফল **হার্ডি-শূল্জে নিয়ম** (Hardy-Schulze rule) নামে পরিচিত। হার্ডি-শূল্জে নিয়ম মতে **কোয়াগুলেন্টের নিম্নোক্ত বৈশিষ্ট্য রয়েছে :**

(১) কলয়েড কণার বিপরীত চার্জযুক্ত ক্যাটায়ন অথবা অ্যানায়ন কোয়াগুলেন্টরূপে কাজ করে।

(২) কোয়াগুলেন্টের কোয়াগুলেশন ক্ষমতা আয়নের চার্জ সংখ্যার সমানুপাতিক অর্থাৎ কোয়াগুলেন্ট আয়নের চার্জ সংখ্যা যত বাড়ে এর কোয়াগুলেশন ক্ষমতাও তত বাড়ে। যেমন ঋণাত্মক কলয়েড আয়নের কোয়াগুলেশনে ত্রিযোজী ক্যাটায়ন (Al^{3+}, Fe^{3+}) অধিক কার্যকর।

সাধারণ ব্যবহৃত কোয়াগুলেন্ট হলো ক্যাটায়ন হিসেবে : (১) হাইড্রেটেড অ্যালুমিনিয়াম আয়ন $[Al(H_2O)_6]^{3+}$ রূপে $Al_2(SO_4)_3$, $AlCl_3$; (২) ফেরিক আয়ন (Fe^{3+}) রূপে $FeCl_3$, $Fe_2(SO_4)_3$ ইত্যাদি।

অ্যানায়ন হিসেবে : Na_3PO_4, Na_2SO_4, $MgSO_4$ ইত্যাদি অধিক ব্যবহৃত হয়। কোয়াগুলেন্টের চার্জ সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে কোয়াগুলেশন ক্ষমতা বৃদ্ধি পাওয়ায় এদের ব্যবহৃত মোল সংখ্যা হ্রাস পায়। যেমন,

(১) **ঋণাত্মক চার্জের আর্সেনিক সালফাইড** (As_2S_3) কলয়েডকে কোয়াগুলেশনে ব্যবহৃত ক্যাটায়নের কোয়াগুলেশন ক্ষমতা হলো $Al^{3+} > Ba^{2+} > Na^+$।

ব্যবহৃত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য :	NaCl	$BaCl_2$	$AlCl_3$
সক্রিয় কোয়াগুলেন্ট :	Na^+	Ba^{2+}	Al^{3+}
কার্যকর মোল সংখ্যা (m mol) :	52	0.69	0.093

(২) **ধনাত্মক চার্জের ফেরিক হাইড্রক্সাইড, $Fe(OH)_3$** কলয়েডকে কোয়াগুলেশনে ব্যবহৃত অ্যানায়নের কোয়াগুলেশন ক্ষমতা হলো $[Fe(CN)_6]^{3-} > Cr_2O_7^{2-} > SO_4^{2-} > C_2O_4^{2-} > Br^-$

ব্যবহৃত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য :	KBr	$K_2C_2O_4$	K_2SO_4	$K_2Cr_2O_7$	$K_3[Fe(CN)_6]$
সক্রিয় কোয়াগুলেন্ট :	Br^-	$C_2O_4^{2-}$	SO_4^{2-}	$Cr_2O_7^{2-}$	$[Fe(CN)_6]^{3-}$
কার্যকর মোল সংখ্যা (m mol) :	138	0.238	0.210	0.190	0.096

রাসায়নিক শিল্পের ক্ষতিকর তরল বর্জ্যে থাকে— (i) দ্রবীভূত অবস্থায় বিভিন্ন জৈব ও অজৈব পদার্থ, (ii) কলয়েডরূপে থাকে রাসায়নিক যৌগ ও আয়ন এবং (iii) সাসপেনশনে থাকে বিভিন্ন পদার্থের অপেক্ষাকৃত বড়ো কণাগুলো।

কম্বাইন্ড ইফ্লুয়েন্ট ট্রিটমেন্ট প্ল্যান্টে (CETP) সাসপেনশনে থাকা বড়ো কণাগুলোকে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়; কলয়েড কণাগুলোকে কোয়াগুলেন্ট দ্বারা কোয়াগুলেশন করে পৃথক করা হয়। এক্ষেত্রে **ব্যবহৃত কোয়াগুলেন্টের নিম্নোক্ত তিনটি বৈশিষ্ট্য থাকে :**

(১) **ঋণাত্মক কলয়েড আয়নের কোয়াগুলেশনের জন্য ত্রিযোজী ক্যাটায়ন** (Al^{3+}, Fe^{3+}) **অত্যন্ত কার্যকর** কোয়াগুলেন্টরূপে ক্রিয়া করে।

(২) **ন্যূনতম মোল অনুপাতে কোয়াগুলেন্ট ব্যবহৃত** হয়। এতে কোয়াগুলেশন শেষে দ্রবণে কোনো কোয়াগুলেন্ট আয়ন অবশিষ্ট থাকে না।

(৩) তরল বর্জ্য পরিশোধনের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত কোয়াগুলেন্টের কোনো **বিষ-ক্রিয়া থাকবে না**।

শিক্ষার্থীর কাজ-৫.৬ : কলয়েড ও সাসপেনশনভিত্তিক :

প্রশ্ন-৫.১৬ : সংজ্ঞা ও ব্যাখ্যা করো : (ক) কলয়েড কী?
(খ) সাসপেনশন বলতে কী বোঝায়?
(গ) কোয়াগুলেশন বলতে কী বুঝ? [য. বো. ২০১৫]

প্রশ্ন-৫.১৭ : সাসপেনশন ও কলয়েডের মধ্যে পার্থক্য কী?

প্রশ্ন-৫.১৮(ক) : সাসপেনশন ও কোয়াগুলেশনের মধ্যে পার্থক্য কী? প্রত্যেকটির দুটি করে প্রয়োগ উল্লেখ করো।

(খ) কলয়েড কণাগুলোর জমাট না বাঁধার কারণ ব্যাখ্যাসহ জমাট বাঁধার কৌশল ব্যাখ্যা করো। [কু. বো. ২০১৯]

[**দ্রষ্টব্য :** অধ্যাপক হারাধন নাগ রচিত 'রসায়ন গাইড' দেখো।]

৫.৭ দুধের শতকরা সংযুক্তি
Percentage Composition of Milk

প্রাকৃতিক খাদ্যদ্রব্যের মধ্যে দুধ অদ্বিতীয় ও অতুলনীয়। দুধ হলো স্তন্যপায়ী প্রাণীর মাতৃ প্রজাতির দুগ্ধ গ্রন্থি বা মাম্মারি গ্ল্যান্ড (mammary glands) থেকে নিঃসৃত সাদা বর্ণের তরল পদার্থ। পিটুইটারি (pituitary) গ্ল্যান্ড থেকে নিঃসরিত প্রোল্যাকটিন হরমোন রক্ত প্রবাহে মাম্মারি গ্ল্যান্ডে এসে দুগ্ধের নিঃসরণ ঘটায়। দুধে প্রাণিদেহের প্রয়োজনীয় সব প্রকার পুষ্টি উপাদান সুষমভাবে থাকে বলে, একে আদর্শ খাদ্য বলে। নবজাতক ও শিশুর দৈহিক প্রবৃদ্ধি এবং রোগ প্রতিরোধ ক্ষমতা গঠনের জন্য দুধ অপরিহার্য। এ কারণে শিশুর জন্য মায়ের দুধের অন্য কোনো বিকল্প নেই। বড়ো হলে সকলের জন্য গরুর দুধ আদর্শ খাদ্য।

দুধে রয়েছে চর্বি, প্রোটিন বা আমিষ, শর্করা ল্যাকটোজ, ভিটামিন, খনিজ পদার্থ ও পানি। গাভীর দুধের আপেক্ষিক গুরুত্ব হলো 1.029 – 1.039। দুধের আপেক্ষিক গুরুত্ব ল্যাকটোমিটারের সাহায্যে মাপা হয়। দুধের pH মান হলো 6.6 – 6.9। **দুধকে সংরক্ষণের জন্য** 10°C তাপমাত্রা ও ব্যাকটেরিয়ামুক্ত পরিবেশ দরকার। তাই ব্যাকটেরিয়ামুক্ত **পাস্তুরিত দুধকে** প্যাকেটজাত করে রেফ্রিজেরেটরে সংরক্ষণ করা হয়। দুধের প্রধান উপাদান ও শতকরা সংযুক্তি নিম্নরূপ :

১। পানি : পানি হলো দুধের প্রধান উপাদান; প্রাণিভেদে দুধে পানির পরিমাণ 82 – 88% হয়।

২। চর্বি (Fat) : দুধের চর্বি হলো বিভিন্ন লিপিড মিশ্রণ, এতে ট্রাইগ্লিসারাইডসমূহ থাকে। এটি দেহে প্রধান শক্তি যোগানকারী উপাদান। দুধের বাণিজ্যিক মান এর চর্বি বা মাখনের ওপর নির্ভর করে। দুধের চর্বি সাধারণত মাখন, ঘি ও আইসক্রিমরূপে বাজারজাত করা হয়। দুধে প্রায় সমপরিমাণে সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত ফ্যাটি এসিড থেকে উৎপন্ন চর্বি থাকে। দুধের চর্বিতে অল্প পরিমাণে কোলস্টেরল ও ফসফোলিপিড থাকে। প্রাণিভেদে চর্বির পরিমাণ 3.5 – 7.4% হয়।

৩। প্রোটিন (Protein) : মায়ের দুধে 0.9% এবং পশুর দুধে 3.2 – 4.6% প্রোটিন থাকে। দুধে তিন শ্রেণির প্রোটিন থাকে। যেমন, (১) ক্যাজিন (casein), (২) ল্যাক্ট এলবুমিন (lact-albumin) ও (৩) ল্যাক্টো গ্লোবুলিন (lacto-

globulin)। ল্যাক্ট এলবুমিন ও ল্যাকটোগ্লোবুলিনকে সেরাম বা হোয়ে-প্রোটিন (whey protein or serum) বলে। দুধের মোট প্রোটিন (0.9 – 4.6%) এর মধ্যে 82% হলো ক্যাজিন এবং 18% হলো হোয়ে-প্রোটিন।

ক্যাজিন হলো দুধের প্রধান প্রোটিন উপাদান। গ্লুটামিন ও এস্‌পারাজিন অ্যামাইনো এসিড বাদে অন্য সব অ্যামাইনো এসিড ক্যাজিনে আছে। তাই তরুণ-তরুণীদের দেহ বৃদ্ধির জন্য প্রায় সব অপরিহার্য অ্যামাইনো এসিড সমৃদ্ধ দুধের প্রোটিন উৎকৃষ্ট প্রোটিন খাদ্যরূপে বিবেচিত হয়। গঠনগতভাবে ক্যাজিন হলো এক প্রকার ফসফোপ্রোটিন। আর্দ্রবিশ্লেষণের ফলে ক্যাজিন ফসফরিক এসিড ও অ্যামাইনো এসিডে বিভক্ত হয়। ক্যাজিন পানিতে অদ্রবণীয়; দুধে এসিড মিশালে ক্যাজিন অধঃক্ষেপরূপে পৃথক হয়ে পড়ে। আবার দুধের প্রধান প্রোটিন ক্যাজিন চার ধরনের হয়। যেমন, (১) αS1 ক্যাজিন, (২) αS2 ক্যাজিন, (৩) β ক্যাজিন ও (৪) κ (kappa) ক্যাজিন।

৪। **দুগ্ধচিনি বা ল্যাকটোজ (Lactose) :** ল্যাকটোজ বা দুগ্ধচিনি দুধের একমাত্র ডাইস্যাকারাইড কার্বহাইড্রেট উপাদান। ল্যাকটোজ অণু সমসংখ্যক গ্লুকোজ ও গ্যালাকটোজ অণুর সমন্বয়ে গঠিত। ল্যাকটোজ দুধের অসমোল (osmole) রূপে কাজ করে; অর্থাৎ এটি মাম্মারি গ্ল্যান্ডে বা স্তনে পানিকে অসমসিস (osmosis) প্রক্রিয়ায় টেনে আনে। মায়ের দুধে 7.1% এবং প্রাণীর দুধে 4.6–4.8% ল্যাকটোজ থাকে।

৫। **দুধের খনিজ উপাদান (Minerals) :** অস্থি গঠনের জন্য অত্যন্ত সহায়ক K^+, Ca^{2+} ও ফসফরাস অধিক পরিমাণে থাকে। দুধে খুব কম পরিমাণে লোহা ও কপার থাকে। এতে দুগ্ধপোষ্য শিশুর রক্তশূন্যতা রোগের আশঙ্কা থাকে, তাই শিশু-খাদ্যে অন্য কোনো উৎস থেকে লোহা ও কপার উপাদান থাকার ব্যবস্থা করা উচিত।

৬। **ভিটামিন ও অন্যান্য উপাদান (Vitamines & others) :** 'ভিটামিন-এ' দুধে বেশি থাকে। তবে ভিটামিন-ডি ও ভিটামিন-সি কম থাকে। দুধের পাস্তুরিকরণ ও ফোটানোর কারণে দুধে ভিটামিন-সি নষ্ট হয়। শ্বেতকণিকা (W.B.C বা লিউকোসাইট) থাকে।

সারণি-৫.৩ : বিভিন্ন প্রাণীর দুধের শতকরা সংযুক্তি (w/v%)

প্রাণী	পানি	চর্বি (fat)	প্রোটিন	ল্যাকটোজ	খনিজ উপাদান	ভিটামিন	খাদ্য ক্যালরি k.cal/100 g
১। মানুষ : (Human)	87.1	4.5	0.9	7.1	0.2	A, D, B, C	72
২। গাভী : (Cow)	87.8	3.9	3.2	4.8	0.7	A, D, B, C	69–70
৩। ছাগল : (Goat)	87.0	4.2	3.3	4.8	0.7	A, D, B, C	73
৪। মহিষ : (Buffalo)	82.7	7.4	3.6	5.5	0.8	A, D, B C	110
৫। ভেড়া : (Sheep)	82.0	7.2	4.6	4.8	0.9	A, D, B, C	105–109
৬। উট : (Camel)	87.6	5.3	3.0	3.3	0.8	A, D, B, C	76

জেনে রাখো : দুধের প্রধান খনিজ উপাদানসমূহ হলো : Ca^{2+}(0.12%), K^{+}(0.13%), Na^{+}(0.05%), Mg^{2+} (0.02%), P(0.09%), Cl^{-}(0.11%)। প্রতি গ্রাম চর্বি, প্রোটিন ও শর্করার খাদ্যমান যথাক্রমে 9 ক্যালরি, 4 ক্যালরি, 4 ক্যালরি। দেহের ক্যালরির চাহিদা = দেহের ওজন (কি. গ্রাম) × 30 ক্যালরি। খাদ্য গ্রহণের অনুমোদিত অনুপাত হলো- চর্বি ঃ প্রোটিন ঃ শর্করা =1 g ঃ 1.36 g ঃ 5.4 g

MCQ-5.7 : সাসপেনশনের বেলায় কণাগুলোর ব্যাস হতে হয় কোনটি?
(ক) 0.1 – 2.0 nm
(খ) 10 – 400 nm
(গ) 400 – 500 nm
(ঘ) 550 – 1000 nm

৫.৮ দুধ থেকে মাখন পৃথকীকরণ

Separation of Butter from Milk

MAT (17-18)

তোমরা জেনেছো, গরুর দুধ হলো একটি কলয়েড। এতে 3.9% ফ্যাট বা চর্বি ও 3.2% প্রোটিন কণা থাকে। এ চর্বি বা ফ্যাটকে দুধ থেকে পৃথক করলে ক্রিম পাওয়া যায়। কাঁচা দুধের মধ্যস্থ সাসপেনশনে থাকা চর্বির ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণাসমূহের কোয়াগুলেশন বা জমাটবদ্ধকরণ প্রক্রিয়ায় ক্রিম তৈরি করা হয়। ক্রিমকে পরিশোধনে মাখন পাওয়া যায়। গরুর দুধকে মন্থন (churn) করে চর্বি পৃথক করা যায়। এজন্য পূর্বে হস্তচালিত ঘুটনি ব্যবহৃত হলেও বর্তমানে বিদ্যুৎচালিত ক্রিম মেশিন ব্যবহৃত হয়। এ মেশিনে চর্বি পৃথকীকরণ দ্রুত হয়; ক্রিম ও মাখন উৎপাদন বৃদ্ধি পায়। **দুধ থেকে মাখন তৈরি নিম্নোক্ত ধাপে করা হয়।**

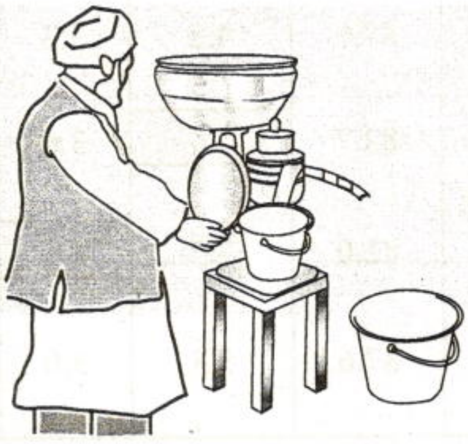
উপাদান : (১) গরুর স্বাভাবিক বা কাঁচা দুধ, (২) লবণ।

প্রক্রিয়া : (১) দুধের শীতলীকরণ বা রেফ্রিজেরেশন : কাঁচা দুধকে পরিষ্কার পাত্রে নিয়ে কমপক্ষে একদিন রেফ্রিজেরেটরে রেখে ঠাণ্ডা করা হয়। তখন দুধের ওপর অংশে ক্রিম বা দুধের সর বা ছানা ভেসে ওঠে। হাতা বা dipper এর সাহায্যে ক্রিমগুলো আলাদা করে রাখা হয়।

(২) দুধের মন্থন বা কোয়াগুলেশন : এ দুধকে হস্তচালিত ক্রিম মেশিন চিত্র-৫.২০(ক) অথবা বিদ্যুৎচালিত ক্রিম মেশিন চিত্র-৫.২০(খ) অথবা ব্লেন্ডার মেশিন দ্বারা আলোড়িত করে সাসপেনশনে থাকা সমস্ত চর্বি কণাকে কোয়াগুলেশন বা জমাটবদ্ধকরণ প্রক্রিয়ার ঢেলায় রূপ দেয়া হয়। মেশিনের ধাক্কা খেয়ে কিছু ঢেলা নিচে যায় এবং অধিকাংশ ঢেলা পানির ওপরে ভাসমান অবস্থায় থাকে। ভাসমান ঢেলাগুলোকে হাতা দ্বারা আলাদা করে নেয়া হয়। জলীয় অংশ বা ঘোল পৃথক হয়ে বের হয়ে পড়ে। সমস্ত ক্রিমের ঢেলাগুলোকে একটি গামলায় নিয়ে গোলাকার ঢেলা তৈরি করে বার বার পানি দিয়ে ধুয়ে ফেলা হয়। এ প্রক্রিয়াটি হলো দুধের মন্থন।

দুধকে ক্রিম মেসিন দিয়ে সেন্ট্রিফিউগল (centrifugal) বা কেন্দ্রবিমুখী চক্রাকারে **আলোড়িত করে দুধের সমস্ত চর্বি কণাকে ক্রিমরূপে দুধের জলীয় অংশ বা ঘোল থেকে পৃথক করার প্রক্রিয়াকে দুধের মন্থন বলে।** ঘোলের মধ্যে ল্যাক্ট এলবুমিন ও ল্যাকটোগ্লোবুলিন অর্থাৎ হোয়ে-প্রোটিন থাকে।

চিত্র-৫.২০(ক) : হস্তচালিত ক্রিম মেশিনে দুধ থেকে ক্রিম পৃথকীকরণ।



চিত্র-৫.২০(খ) : বিদ্যুৎচালিত ক্রিম মেশিনে দুধ থেকে ক্রিম পৃথকীকরণ।

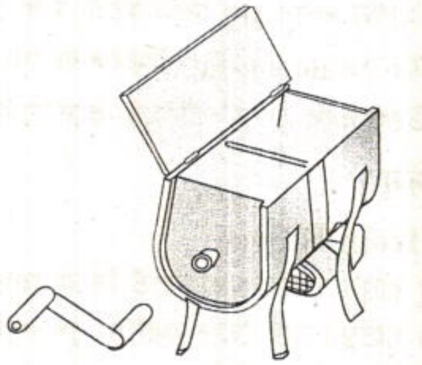
(৩) **ক্রিমের প্রসেসিং ও পাস্তুরায়ন :** একটি স্টিলের পাত্রে ঐ ক্রিম নিয়ে 60°–70°C এর মধ্যে 30 মিনিট উত্তপ্ত করা হয়। এর চেয়ে তাপমাত্রা বেশি হলে উৎপন্ন মাখনের স্বাদ নষ্ট হয়। উত্তপ্ত করার সময় ক্রিমকে অনবরত একটি কাঠি দিয়ে নাড়তে হয় যেন ক্রিমের নিচের ও ওপরের অংশ সমভাবে উত্তপ্ত হয়। এর ফলে ক্রিমের অতিরিক্ত পানি ও বাতাস দূর হয় এবং ক্রিম পাস্তুরিত অর্থাৎ ব্যাকটেরিয়া মুক্ত হয়।

(৪) **ক্রিমের এজিং :** দুধের পাস্তুরিত ক্রিমকে 10–12 ঘণ্টা যাবৎ ফ্রিজে 5°–10°C তাপমাত্রার মধ্যে রাখা হয়। তখন ক্রিমের চর্বি আকস্মিকভাবে ছোটো ছোটো দানা বা বাটার কণা বা বাটার-চর্বি কেলাস গঠন করে। এ প্রক্রিয়াকে **ক্রিমের এজিং** (Aging) বলে।

(৫) **মাখন মন্থন (Butter churn) :** এজিং করা ক্রিমকে উপযুক্ত তাপমাত্রা যেমন 9°–11°C-এ রেখে যান্ত্রিক পদ্ধতিতে আলোড়িত করে বাটার-চর্বি কেলাসগুলোকে সম্পূর্ণভাবে একত্রিত করার প্রক্রিয়াকে **বাটার চার্নিং** বা **মাখন মন্থন** বলে। এ প্রক্রিয়ায় ক্রিমের কিছু পানি ও বাতাস দূর হয়।

মাখন মন্থন প্রক্রিয়ার বর্ণনা : বাটার চার্নিং মেশিনের 40 – 50% অংশ এজিং করা ক্রিম দ্বারা পূর্ণ করা হয়। মেশিনের ভেতরের ক্রিমকে কেন্দ্রমুখী আলোড়নের জন্য মেশিনকে প্রথম 5 মিনিট প্রতি মিনিটে 25 – 35 বার হারে ঘোরানো হয়। এরূপ ঘূর্ণনের ফলে চর্বিকণার চারদিকে থাকা লিপোপ্রোটিনের আবরণটি ভেঙ্গে যায়। এ আবরণটি চর্বি কণাগুলোকে পরস্পর থেকে দূরে রাখে। এ আবরণটি ভাঙ্গনের ফলে **চর্বিকণাগুলো সংবদ্ধ হয়ে বড়ো আকারের বাটার কণা** (butter grains) সৃষ্টি করে। এ সময় বাতাসের ফেনা ও বাষ্পের বুদবুদ তৈরি হয়। মেশিন বন্ধ করে উৎপন্ন গ্যাস ও বাষ্প বের করা হয়। [চিত্র-৫.২১ : (অল্প পরিমাণ ক্রিমের জন্য) চিত্র-৫.২১(ক): (মাঝারি পরিমাণ ক্রিমের জন্য)] এরপর একই হারে 20 – 25 মিনিট মেশিন ঘোরানো হয়। বাটার মন্থনে ক্রিম থেকে বের হওয়া ঘোল বা বাটার-মিল্ককে মেশিন কাত করে ঢেলে নেয়া হয়।

চিত্র-৫.২১ : হস্তচালিত বাটার চার্নিং মেশিন।
[অল্প পরিমাণ ক্রিমের জন্য]



চিত্র-৫.২১(ক) : হস্তচালিত বাটার চার্নিং মেশিন
[মাঝামাঝি পরিমাণ ক্রিমের জন্য]

MCQ-5.8 : তরল দুধ সংরক্ষণে কোন্ পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়?
(ক) হিমায়ন
(খ) কৌটাজাতকরণ
(গ) পাস্তুরিকরণ
(ঘ) ভিনেগার যুক্তকরণ

(৬) যে পরিমাণ বাটার-মিল্ক বের হয়েছে, সে পরিমাণ বরফ শীতল পানি মেশিনে যোগ করে 5 মিনিট যাবৎ প্রতি মিনিটে 10 – 15 বার হারে মেশিন ঘোরানো হয়। এরূপে মিল্কমুক্ত বাটার বা মাখন পাওয়া যায়। কিন্তু উৎপন্ন মাখনে কিছু পানি থেকে যায়।

(৭) **মাখনে লবণ প্রয়োগ :** মাখন মন্থনের পর মাখনের ভরের 1 – 2% পরিমাণে খাদ্য লবণ ঐ মাখনে যোগ করে 10 – 15 মিনিট একই হারে বাটার চার্নিং মেশিনের প্যাডেল ঘোরানো হয়। মাখনে লবণ মিশানোর কারণ হলো লবণ **মাখনের পানি শোষণ করে নেয়। লবণ মিশালে মাখনের স্বাদ এবং মাখনের স্থায়িত্ব বাড়ে। লবণ (NaCl) মাখনের প্রিজারভেটিভরূপে কাজ করে।** এরপর উৎপাদিত মাখন মেশিন থেকে বের করে নেয়া হয়।

(৮) উৎপাদিত মাখনকে চাপড়িয়ে বিভিন্ন আকৃতির করা হয়। পরে প্লাস্টিক ফয়েল, অ্যালুমিনিয়াম ফয়েল বা গ্রিজ প্রুফ কাগজে তৈরি মোড়ক করে বাজারজাত করা হয়।

(৯) **রেফ্রিজেরেশন :** মোড়কে আবদ্ধ মাখনকে সুবিধামতো পাত্রে চেপে 10°C এর নিচে ফ্রিজে সংরক্ষণ করা হয়।

মাখনের খাদ্যমান : আন্তর্জাতিক মান অনুসারে উন্নত মাখনে কমপক্ষে 80% দুগ্ধচর্বি থাকা উচিত। এছাড়া 16 – 17% পানি এবং মিশ্রিত লবণসহ 2% অন্যান্য কঠিন পদার্থ থাকে। মাখনের অন্যান্য উপাদানের মধ্যে 0.6 – 0.8% প্রোটিন ও 0.4 – 0.5% কার্বোহাইড্রেট বা শর্করা থাকে। মাখন 'ভিটামিন-এ' এর উৎকৃষ্ট উৎস। প্রতি শতগ্রাম মাখনে 3000 – 4000 I.U পরিমাণ ভিটামিন-'এ' থাকে। শতগ্রাম মাখনের খাদ্যমান 730 kcal.

৫.৯ মাখন পানি মুক্তকরণ
Dewatering of Butter

মাখনের সংযুক্তি : বাণিজ্যিক বাটার বা মাখনে 80 – 82% দুগ্ধ চর্বি, 16 – 17% পানি ও 0.8% দুগ্ধ প্রোটিনসহ 1 – 2% খাদ্য লবণ (NaCl) প্রিজারভেটিভরূপে মিশ্রিত থাকে। মাখনের স্বাদের জন্য এ পানি থাকা প্রয়োজন।

প্রকৃতপক্ষে পানির অসংখ্য অতি ক্ষুদ্র গুচ্ছ অণু মাখনের চর্বির মাঝে ছড়িয়ে থাকে। অর্থাৎ রাসায়নিকভাবে মাখন হলো কঠিন বিস্তারণ মাধ্যম চর্বিতে বিস্তারিত অসংখ্য গুচ্ছ পানি অণু $(H_2O)_n$ এর একটি ইমালশন। এ কারণে ঐ পরিমাণ পানি থাকা সত্ত্বেও মাখনকে শুষ্ক মনে হয়। যখন মাখনের মধ্যে পানির পরিমাণ 17% এর বেশি থাকে; তখন ঐ অধিক পানিতে দুগ্ধ প্রোটিন ও ল্যাক্‌টোজ মাখনকে পচনশীল করে; মাখন থেকে গন্ধ বের হয়। তাই মাখনের স্থায়িত্ব বৃদ্ধির জন্য অতিরিক্ত পানি মাখন থেকে বের করা দরকার হয়। সুতরাং **'মাখনকে পানিমুক্তকরণ'**-এর অর্থ হলো মাখনে পানির পরিমাণ 16 – 17% এর মধ্যে রাখা; এবং এর অধিক পানি থেকে মাখনকে মুক্ত করা।

মাখনকে পানি মুক্তকরণ পদ্ধতি :

মাখন-পানি মুক্তকরণের সহজ পদ্ধতিটি হলো— (১) পরিষ্কার পানিতে মাখনের পুনঃপুনঃ ধৌতকরণ ও (২) চাপ প্রয়োগে দলাকরণ বা ঢেলাকরণ। এ পদ্ধতিতে মাখনের দলাকে পাতলা কাপড়ে জড়ায়ে বড়ো বাটিতে নেয়া পরিষ্কার পানিতে নেড়ে নেড়ে এবং ঐ মাখন দলাতে বার বার চাপ দিয়ে মাখনের ভেতরে থাকা প্রোটিন ও ল্যাক্‌টোজ যুক্ত পানিকে বের করা হয়। তখন ঐ মাখন ধোয়া পানি ঘোলা হয়ে থাকে। এভাবে মাখনের ঢেলাকে কয়েকবার পানিতে ধৌতকরণ ও চাপ দিয়ে দলাকরণ করা হয়। পরিশেষে মাখন-ধোয়া পানি পরিষ্কার থাকলে বা ঘোলা না হলে তবে ঐ মাখন প্রোটিন ও ল্যাক্‌টোজ যুক্ত পানি মুক্ত হয়েছে বোঝায়। এক পর্যায়ে মাখন দলায় চাপ দিলে মাখন দলা থেকে আর পানি বের হয় না এবং মাখনটি বেশ নরম বা কোমল হয়। এ অবস্থায় মাখনটিতে 'water-in-fat' ইমালশনরূপে 16 – 17% পানি রয়েছে ধরা হয়।

অপরদিকে মাখনকে অধিক তাপে উত্তপ্ত করে সম্পূর্ণ পানিমুক্ত করে ঘি উৎপন্ন করা হয়।

৫.১০ মাখন থেকে ঘি উৎপাদন
Production of Ghee from Butter

ভারতীয় উপমহাদেশে রন্ধন শিল্পে রান্নার তেলের পরিবর্তে ঘি ব্যবহৃত হয়। তাপীয় পদ্ধতিতে মাখন থেকে পানিকে সম্পূর্ণরূপে দূর করে ঘি তৈরি করা হয়। গৃহস্থের ঘরে তৈরি করা ঘি সুগন্ধযুক্ত; নিম্নতাপমাত্রায় ঘি জমাট বেঁধে কঠিন অবস্থায় থাকে।

ঘি প্রস্তুতির উপাদান :

(১) লবণমুক্ত সাদা বাটার ... 1kg
(২) Bay leaves অথবা তেজপাতা ... 2 টি
(৩) রান্নার লবণ ... অল্প (১ চিমটে)
(৪) পরিষ্কার কাপড়
(৫) স্টিলের পুরুতলাযুক্ত কড়াই (পাত্র)
(৬) বড়ো চামচ, থার্মোমিটার (150°C বা 200°C)
(৭) বার্নার বা চুল্লি।

MCQ-5.9: দুধ থেকে ছানা তৈরিতে কোন্ প্রক্রিয়া ঘটে?
(ক) আর্দ্র বিশ্লেষণ (খ) ফারমেন্টেশন
(গ) কোয়াগুলেশন (ঘ) অক্সিডেশন

MCQ-5.10 : দুধের প্রধান প্রোটিন কোন্‌টি? [য. বো. ২০১৫]
(ক) ক্যারোটিন (খ) লিপিড
(গ) ক্যাজিন (ঘ) ল্যাক্টালবুমিন

ঘি প্রস্তুত পদ্ধতি :

১। পুরু তলাযুক্ত ধাতবপাত্র মধ্যম শিখায় ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। উত্তপ্ত পাত্রে বাটার ও দুটি Bay leaves অথবা তেজ পাতা দেয়া হয়। বাটার ধীরে ধীরে গলতে থাকে। 64°C-এ সম্পূর্ণ গলে যায়।

২। প্রায় 94°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত তরল বাটারে ফেনা জমলে তা চামচ দিয়ে তুলে ফেলে দেয়া হয়। এরূপে 110°C তাপমাত্রা পর্যন্ত ফেনা জমা ও তুলে ফেলা কাজ চলতে থাকে, ফেনা ওঠা শেষ না হওয়া পর্যন্ত।

৩। এরপর সুগন্ধ সৃষ্টিকারী তেজপাতাগুলো তুলে নেয়া হয় প্রায় 120°C তাপমাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করলে তখন ঘি-এর দানা পাত্রের তলায় জমা হয়; কোনো ফেনা থাকে না। তরলটি পট্‌পট্‌ শব্দসহকারে ফুটতে থাকে। এ অবস্থায় ঘি সম্পূর্ণ পানিমুক্ত হয়েছে বোঝায়। তখন তরলটিকে ঠাণ্ডা করে পরিষ্কার কাপড়ে ছেকে নেয়ার পর প্রাপ্ত তরল ঘি হালকা সোনালি বর্ণের হয়।

৪। এরপর ঐ ঘি-এর মধ্যে এক চিমটে লবণ যোগ করে মিশানো হয়। এর ফলে কঠিন অবস্থায় ঘি-এর মধ্যে সূক্ষ্ম দানা সৃষ্টি হয়। এরূপে প্রস্তুত ঘি স্বাভাবিক অবস্থায় 4–6 মাস সংরক্ষণ করা সম্ভব এবং রেফ্রিজেরেটরে আরো দীর্ঘকাল সঠিকভাবে সংরক্ষণ করা যায়।

মাখন বা বাটার ও ঘি তৈরির প্রবাহ চিত্র :

গাভীর কাঁচা দুধ 3.9% চর্বি, 88% পানি	দুধ মন্থন →	ক্রিম বা মালাই 35–40% চর্বি, 34% পানি	মাখন মন্থন →	মাখন বা বাটার 80–82 চর্বি, 16–17% পানি	তাপ 120°C →	ঘি 99.5% চর্বি

শিক্ষার্থীর ব্যবহারিক বাড়ির কাজ : (Student's Practical Home Work)

৫.১১ কাজের নাম : মাখন থেকে ঘি এর উৎপাদন

MCQ-5.11 : কোন্ প্রাণীর দুগ্ধে ক্যালরি শক্তি বেশি থাকে? [ঢা. বো. ২০১৫]
(ক) গাভী (খ) মহিষ
(গ) ছাগল (ঘ) ভেড়া

প্রয়োজনীয় উপকরণ : লবণ ছাড়া মাখন- 250 গ্রাম

প্রয়োজনীয় সরঞ্জাম : (১) স্টিলের পাত্র- ১ লিটার আয়তনের
(২) ঢাকনিসহ বয়েম- ১টি,
(৩) সূক্ষ্ম সুতার পরিষ্কার কাপড়- ১টি টুকরা
(৪) তেজপাতা- ২টি, (৫) বড়ো চামচ- ১টি, (৬) চুলা, (৭) থার্মোমিটার (200°C)।

কার্যপদ্ধতি : (১) স্টিলের পাত্রটিতে 250 গ্রাম পরিমাণ মাখন নাও।

(২) মাখনসহ পাত্রটিকে চুলার ওপর রেখে ধীরে ধীরে তাপ দাও। 64°C-এ মাখন সম্পূর্ণ গলে যায়।

(৩) প্রায় 94°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করো। তরল মাখনে ফেনা জমলে তা চামচ দিয়ে তুলে ফেলে দাও। ফেনা ওঠা শেষ না হওয়া পর্যন্ত তাপ দাও। কিছুক্ষণ পর 120°C তাপমাত্রায় তা ফুটতে থাকবে। তরলটির বর্ণ সোনালী হবে, কিছু কঠিন দানা পাত্রের তলায় জমবে।

(৪) তেজ পাতাটি তুলে নাও। তেজপাতা ঘি-এ সুগন্ধি বাড়ায়। পাত্রটি ঠাণ্ডা করো। তলায় পদার্থের কণা দেখা যাবে।

(৫) কাচের বয়েম-এর মুখে পাতলা কাপড় বসিয়ে, মাঝখানে চেপে নিচু করে দাও। এরপর তরল ঘি কাপড়ের ওপর ধীরে ধীরে ঢাল। বিশুদ্ধ তরল ঘি ফিল্টার হয়ে বয়েমে জমা হবে। পাত্রের তলায় জমে থাকা কঠিন পদার্থ ফেলে দাও।

(৬) তোমার উৎপন্ন করা ঘি তোমার শিক্ষককে দেখাও। ঐ ঘি এক চিমটে লবণ দিয়ে ঠাণ্ডা স্থানে বা ফ্রিজে সংরক্ষণ করো।

শিক্ষার্থীর কাজ-৫.৭ : দুধ ও ঘি উৎপাদনভিত্তিক :

প্রশ্ন-৫.১৯ : (ক) দুধের ক্যাজিন বলতে কী বুঝ?
(খ) বাটার চার্নিং বা মাখন মন্থন বলতে কী বুঝ?
(গ) মাখনে লবণ মিশানোর কারণ ব্যাখ্যা করো।
(ঘ) মাখনকে পানি মুক্ত করা প্রয়োজন কেন? [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]
(ঙ) গরুর দুধ থেকে মাখন তৈরি প্রক্রিয়াটি বর্ণনা করো। [দি. বো. ২০১৯]
(চ) গরুর দুধ থেকে ঘি প্রস্তুত প্রণালি প্রবাহচিত্রসহ বর্ণনা করো। [কু. বো. ২০১৯]

জেনে নাও

***দুধের pH মান নিয়ন্ত্রণ :** মাখন তৈরির বেলায়, দুধের pH মান (6.6 – 6.9) নিয়ন্ত্রণ করা দরকার। দুধ সংগ্রহের পর দীর্ঘসময় (৮ – ১২ ঘণ্টা) খোলা অবস্থায় রেখে দিলে **দুধের ল্যাকটোজ ল্যাক্টো-কক্কাস ব্যাকটেরিয়া দ্বারা জারিত হয়ে ল্যাকটিক এসিডে পরিণত হয়। তখন দুধের pH মান 6.5 এর কম হলে দুধের চর্বি ও প্রোটিন কণা জমাটবদ্ধ হয়ে থাকে এবং এ দুধ থেকে মাখন উৎপাদন অসম্ভব হয়ে পড়ে।** তাই,

MAT(২৪-২৫)

(১) দুধ সংগ্রহের পর দ্রুত ঠাণ্ডা করে 10°C এর নিচে রাখা উচিত।

(২) দুধের pH মান pH মিটার দিয়ে জেনে **যদি pH মান 6.5 এর কম হয়, তখন অল্প পরিমাণে $NaHCO_3$ অথবা Na_2CO_3 দ্রবণ যোগ করে দুধের pH মানকে 6.6 – 6.9 এর মধ্যে রাখতে হয়।**

*** দুধের বাণিজ্যিকীকরণে অনুসৃত পদ্ধতি :** দুধের বাণিজ্যিকীকরণের বেলায় দুধকে ২৪ ঘণ্টার অধিক সময় ধরে ব্যাকটেরিয়া দ্বারা দুধের গাঁজন বন্ধ করে দুধকে souring থেকে রক্ষা করতে হয়। এজন্য দুটি পদ্ধতি যেমন, (১) দুধের পাস্তুরায়ন ও (২) দুধের স্টেরিলিজেশন (sterilisation) অনুসরণ করা হয়।

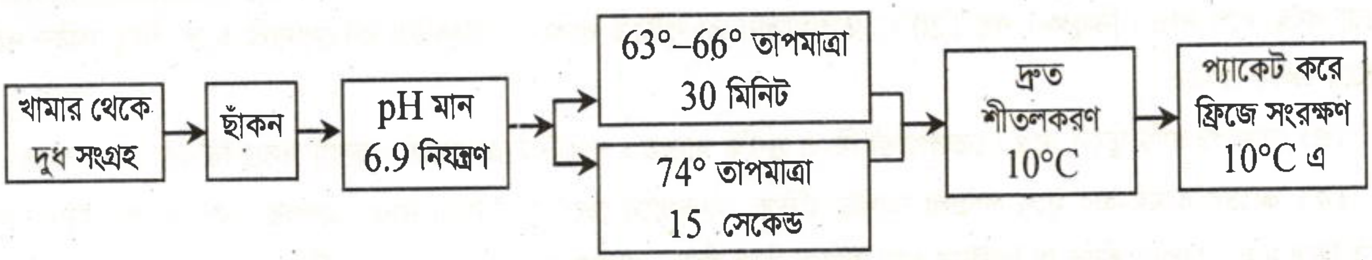
(১) পাস্তুরায়ন : দুধের গুণাগুণ অপরিবর্তিত রেখে স্বল্প সময়ের জন্য দুধকে উত্তপ্ত করে দুধের মধ্যস্থ কেবল ফসফেটেস (phosphatase) এনজাইমকে বিনষ্ট এবং দুধে থাকা সম্ভাব্য বিভিন্ন রোগজীবাণু (যেমন আমাশয়, কলেরা, টাইফয়েড, প্যারা-টাইফয়েড, যক্ষ্মা ইত্যাদির জীবাণুকে) নিষ্ক্রিয় করার প্রক্রিয়াকে **পাস্তুরায়ন** (Pasteurisation) বলে।

পাস্তুরায়ন দু পদ্ধতিতে করা হয় : ১. Holder Process ও ২. High Temp. Short time process (HTST).

১. **Holder পদ্ধতি :** এ পদ্ধতিতে দুধকে 63° – 66°C তাপমাত্রায় অনধিক 30 মিনিট উত্তপ্ত করে দ্রুত 10°C এ শীতল করা হয়।

২. **HTST পদ্ধতি :** HTST পদ্ধতিতে দুধকে দ্রুত 74°C তাপমাত্রায় 15 সেকেন্ড উত্তপ্ত করে দ্রুত 10°C এ শীতল করা হয়।

এরূপে পাস্তুরিত দুধে ঈস্ট, মোল্ড, ফসফেটেস্ এনজাইম বিনষ্ট হয় এবং ব্যাকটেরিয়া ও সম্ভাব্য রোগজীবাণু নিষ্ক্রিয় হয়। বাংলাদেশে মিল্কভিটা, আড়ং ও প্রাণ কোম্পানির পাস্তুরিত দুধ এ পদ্ধতিতে প্যাকেট করে ফ্রিজে সংরক্ষণ এবং পরে বাজারজাত করা হয়। যেমন,



(২) দুধের স্টেরিলিজেশন : এ প্রক্রিয়ায় দুধকে ছাঁকন ও বোতলে আবদ্ধ করে 100°C তাপমাত্রায় 25 মিনিট ওয়াটার বাথ অথবা অধিক চাপযুক্ত স্টিম দ্বারা উত্তপ্ত করা হয়। এতে দুধের সকল এনজাইম, ব্যাকটেরিয়া, রোগজীবাণু সম্পূর্ণ ধ্বংস হয়। দুধের ভিটামিন নষ্ট হয়, দুধের গুণাগুণ হ্রাস পায়। শিশুদের জন্য এ দুধ উপযোগী নয়। তবে খামার থেকে দূরবর্তী এলাকার জন্য তাজা দুধের অভাব পূরণে স্টেরিলাইজড দুধ যোগান দেয়া হয়।

[**Ref :** A Treatise on Hygiene & Public Health : By Birendra Nath Ghose, Calcutta Scientific Publication Co.]

৫.১২ টয়লেট্রিজ ও পারফিউমারিতে সুগন্ধি যোগ করার রসায়ন

Adding Perfume in Toiletries-Perfumeries & Chemistry

তোমরা নবম-দশম শ্রেণির রসায়নে জেনেছো যে, ইথানল প্রধানত পারফিউম, কসমেটিক্স ও ওষুধ শিল্পে দ্রাবক হিসেবে ব্যবহৃত হয়। পঞ্চম অধ্যায়ে রাসায়নিক বন্ধনে জেনেছো যে, পানি হলো পোলার সমযোজী তরল ; পানি অণুর দুটি

H-পরমাণুতে আংশিক ধনাত্মক চার্জ ($\delta+$) ও অক্সিজেন পরমাণুতে সমতুল্য আংশিক ঋণাত্মক চার্জ ($\delta-$) থাকে বলে পানিকে পোলার সমযোজী যৌগ বলা হয়। পানিতে আয়নিক যৌগসমূহ (কঠিন) ও অধিকাংশ পোলার সমযোজী যৌগ দ্রবীভূত হয়। এজন্য পানিকে সার্বিক দ্রাবকও বলা হয়। পানির মতো ইথানলও পোলার তরল। কারণ পানিও ইথানল অণুতে তড়িৎ-ঋণাত্মক O-পরমাণু H-পরমাণুর সাথে সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ আছে। অক্সিজেন পরমাণুর সাথে সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ অপর কোনো পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মানের পার্থক্য 0.5 থেকে 1.7 বা 1.9 এর মধ্যে হলে সেই সমযোজী যৌগ পোলার হয়। কিন্তু হাইড্রোকার্বন শ্রেণিভুক্ত কেরোসিন, পেট্রোল, বেনজিন সমযোজী অপোলার তরল। এসব হাইড্রোকার্বন যৌগ পানিতে অদ্রবণীয়। কারণ দুটি তরল পরস্পর দ্রবণীয় হবে কী হবে না,তা বোঝার জন্য **রসায়নবিদ এক নীতি উপস্থাপন করেছেন।**

সমযোজী যৌগের দ্রবণীয়তার নীতিটি হলো; 'Like dissolves like' অর্থাৎ সমধর্মী পদার্থ সমধর্মী পদার্থে দ্রবীভূত হয়। তখন মিশ্রিত অবস্থায় দ্রব-অণু (A) ও দ্রাবক অণুর (B) মধ্যে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলের মান এবং বিশুদ্ধ অবস্থায় দ্রব-অণুসমূহের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল ও দ্রাবক অণুসমূহের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলের মান এ তিনটি বলের মান সমান অথবা কাছাকাছি হয়। অর্থাৎ (A......B) = (A.....A) = (B......B)। আবার আন্তঃআণবিক বলের মান অপরিবর্তিত থাকায় উভয় তরল মিশ্রণের ফলে আয়তনের বৃদ্ধি বা হ্রাস এবং মিশ্রণের তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটে না।

এ নীতি অনুসারে টয়লেট্রিজ ও পারফিউমারিতে সুগন্ধি যৌগ মিশ্রিত করা হয়। এসব সুগন্ধি হলো মূলত উদ্ভিদজাত অ্যারোমা (aroma) বা সুগন্ধযুক্ত পোলার বা অপোলার জৈব অ্যারোমেটিক যৌগ। এসব সুগন্ধ যৌগসমূহকে বিশেষ গাছের ছাল বা বাকল, শিকড়, পাতা, ফুল ও ফল ইত্যাদি থেকে নিষ্কাশন করা হয়।

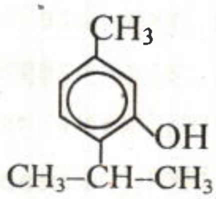
পারফিউমারি তৈরিতে ব্যবহৃত পোলার সুগন্ধির দ্রাবক হিসেবে ইথানল-পানির মিশ্রণ ব্যবহৃত হয়। তখন পারফিউমারিতে মিশ্রিত 2–3% সুগন্ধিকে দ্রবীভূত করতে দ্রাবকরূপে '7–8% ইথানল ও 1% পানির মিশ্রণ' ব্যবহৃত হয়। যেমন মেনথল সুগন্ধ বস্তু বলে 'পারফিউম' প্রভৃতিতে মিশ্রিত করা হয়। এ মেনথল হলো একটি চাক্রিক অ্যালকোহল। মেনথল সুগন্ধ বস্তু ছাড়াও গলা ও শ্বাসনালির পরিষ্কারকরূপে কাজ করে।

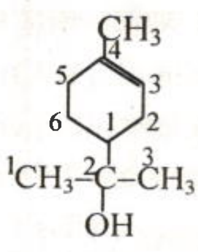
অধিকাংশ প্রাকৃতিক উদ্ভিদের সুগন্ধ রাসায়নিক যৌগ হলো এস্টার অর্থাৎ জৈব কার্বক্সিলিক এসিডও অ্যালকোহল থেকে উৎপন্ন যৌগ। এসব এস্টার অণুতে তড়িৎ-ঋণাত্মক O-পরমাণু থাকায় ঐ সব যৌগ পোলার ইথানল ও পানিতে দ্রবণীয় হয়। এসব পোলার সুগন্ধ যৌগ টয়লেট্রিজ ও পারফিউমারিতে যোগ করা হলে এবং ঐ সব টয়লেট্রিজ পারফিউমারি ব্যবহারকারীর কাপড়ে কোনো দাগ সৃষ্টি করবে না। ব্যবহার শেষে কাপড় চোপড় পানিতে ধুয়ে নিলে ঐ সব সুগন্ধ যৌগও ধুয়ে চলে যায়। **সুতরাং দ্রব্যতা রসায়নের মূলনীতি 'Like dissolves like' পারফিউম ও কসমেটিক তৈরিতে অনুসৃত ও সুপ্রতিষ্ঠিত।**

প্রসাধন সামগ্রীতে ব্যবহৃত সুগন্ধি রাসায়নিক যৌগের মধ্যে অধিকাংশই হলো উদ্ভিদের নির্যাস থেকে প্রাপ্ত। এদের কয়েকটির উদাহরণ হলো :

$C_6H_5-CH_2-CH_2-OH$
ফিনাইল ইথাইল অ্যালকোহল

$C_9H_{15}-CH_2-OH$
জেরানিওল (geraniol)


মেনথল


α-টারপিনল
[পাইন তৈলের মূল উপাদান]

$CH_3-(CH_2)_{14}-CH_2OH$
সিটাইল অ্যালকোহল (Cetyl alcohol)

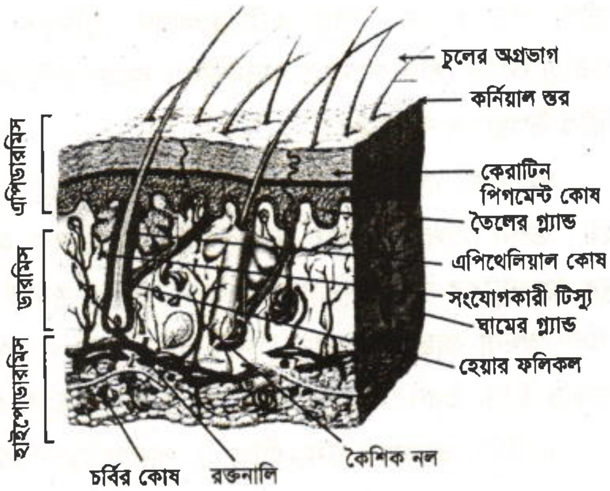
$CH_3(CH_2)_{14}-CO.O-(CH_2)_{29}-CH_3$
মাইরিসাইল পালমিটেট (এস্টার), মৌমাছি-মোম (Myricyl palmitate, Bee-wax)

[দ্রষ্টব্য : α-Terpineol এর IUPAC নাম হলো 2-(4–Methyl cyclo hex-3-en-1-yl) propan-2-ol]

৫.১৩ টয়লেট্রিজ ও পারফিউমারি
Toiletries & Perfumeries

মুখের অভ্যন্তর ও বাহ্যিক দেহ-ত্বককে পরিষ্কার করার জন্য ব্যবহৃত রাসায়নিক সামগ্রীকে টয়লেট্রিজ বলে। অপরদিকে পারফিউমারি হলো জীবাণুনাশক সুগন্ধযুক্ত তরল, জেলিসদৃশ অথবা সূক্ষ্ম গুঁড়ার সামগ্রী যা ত্বকের দুর্গন্ধ দূরীকরণে ও রক্ষণাবেক্ষণে ব্যবহৃত হয়।

এখন প্রথমে দেহ-ত্বকের গঠন (skin anatomy) এবং পরে দেহ-ত্বকের ওপর টয়লেট্রিজ ও পারফিউমারি সামগ্রী কীভাবে কাজ করে তা জানবো।



চিত্র-৫.২২ : দেহ-ত্বকের একটি অংশ

দেহ-ত্বকের গঠন : দেহ-ত্বক মানব শরীরের সবচেয়ে বড়ো অঙ্গ বা organ; এটি প্রায় 20 sq. feet আয়তন নিয়ে পুরো শরীরকে ঢেকে রাখে। এ ত্বকে থাকে— (১) স্নায়ু-প্রান্ত (nerve endings), (২) ঘামের গ্ল্যান্ড (sweat glands), (৩) তৈলের গ্ল্যান্ড (sebaceous glands), (৪) হেয়ার ফলিকলস্ (hair follicles) ও (৫) রক্তনালি (blood vessels)।

ত্বক মূলত তিনটি অংশে বিভক্ত— (i) বহিঃত্বক (epidermis), (ii) মধ্যত্বক (dermis) ও (iii) অন্তঃত্বক (hypodermis)। আবার বহিঃত্বক বা এপিডারমিসের পাঁচটি স্তর বা layers থাকে; যেমন ওপর থেকে ক্রমান্বয়ে— (1) Stratum corneum, (2) S. Lucidum, (3) S. granulusum, (4) S. spinosum, (5) S. basale.

বাইরের Corneum layer বা কর্নিয়াল স্তরটি মৃতকোষ (corneocytes) ও কেরাটিন (keratin) নামক তন্তুময় প্রোটিন দ্বারা গঠিত। কেরাটিন এপিথেলিয়াল কোষকে ক্ষতিকর প্রভাব থেকে রক্ষা করে এবং keratin থেকেই চুল, নখ ও পশুর শিং গঠিত হয়। এ keratin এ প্রায় 10% পানি বা আর্দ্রতা থাকে। যখন এর আর্দ্রতা 10% থেকে কমে যায়; তখন ত্বক শুষ্ক হতে থাকে। এ অবস্থায় তৈলের গ্ল্যান্ড বা sebaceous glands থেকে sebum নামক তৈলাক্ত পদার্থ নিঃসরিত হয়; যা ত্বকের হারানো আর্দ্রতা পূরণ করে ত্বককে সতেজ রাখে। বয়স বৃদ্ধির ফলে sebaceous glands ত্বকের আর্দ্রতা বজায় রাখতে না পারায়, স্বাভাবিকভাবেই ত্বক শুষ্ক হতে থাকে। ত্বক কুঁচকে যায়, অমসৃণ হয়। এছাড়া সূর্যের তাপে ও শুষ্ক বায়ু দ্বারা ত্বক সহজে শুষ্ক ও খস্‌খসে হয়। তখন **ত্বকের শুষ্কতা দূর করার জন্য ব্যবহার করতে হয় বিভিন্ন ক্রিম ও লোশনজাতীয় পারফিউমারি**।

ক্রিম ও লোশনের বৈশিষ্ট্য : প্রত্যেক ক্রিম ও লোশনে থাকে সাধারণ উপাদানরূপে— (১) উদ্ভিজ্জ তৈল অথবা পেট্রোলিয়াম জেলি (বা ভ্যাসেলিন)—যা ত্বকের ওপর পাতলা আবরণ সৃষ্টি করে; ফলে ত্বক থেকে পানি বের হতে বাধা পায়, ত্বকের আর্দ্রতা বজায় থাকে। (২) মূলত **ক্রিমে তৈলের % পরিমাণ বেশি** ও পানির পরিমাণ কম থাকে অর্থাৎ ক্রিম হলো water in oil (W/O) ইমালশন। আবার **লোশনে তৈলের পরিমাণ কম**, কিন্তু বিশুদ্ধ পানির % পরিমাণ বেশি থাকে। অর্থাৎ লোশন হলো oil in water (O/W) ইমালশন। **ফলে শুষ্ক ত্বকের সজীবতা ও আর্দ্রতা বৃদ্ধিতে ক্রিম বেশি কাজ করে।** (৩) ক্রিম মূলত একটি পিচ্ছিলকারক **মিশ্রণ** (lubricant)। ক্রিমে তৈলের পরিমাণ বেশি থাকায় ক্রিম thicker (অধিক ঘন) ও greaser (অধিক পিচ্ছিল) হয়। (৪) শীতকালে ও শুষ্ক আবহাওয়ায় ত্বক পরিচর্যায় ক্রিম অধিক উপযোগী; কিন্তু লোশন বেশি উপযোগী হয় গ্রীষ্মকালে, যখন বাতাসে আর্দ্রতা বেশি থাকে। (৫) ক্রিমে তৈল ও পানি উপাদান ছাড়া অন্য উপাদানরূপে **ত্বক কোমলকারক** বা emollient রূপে প্রাকৃতিক তৈল-চর্বি যেমন Lanolin বা Wool-wax (ভেড়ার উল

থেকে ংগৃহীত), অলিভ অয়েল ব্যবহৃত হয়। ক্রিমকে গাঢ় করার জন্য মোম বা wax মিশানো হয়। এছাড়া যোগ করা হয় গ্লিসারি ও সুগন্ধি (এসেনসিয়াল অয়েল) ইত্যাদি।

উ ল্লখ্য ভ্যানিশিং ক্রিম (স্নো) হলো একটি লোশন অর্থাৎ oil in water (O/W) emulsion; কিন্তু কোল্ড ক্রিম হলো 'wate in oil' (W/O) emulsion.

ব র্মানে টয়লেট্রিজ বলতে টয়লেট সাবান, শ্যাম্পু ও টুথপেস্টকে বোঝায়। পারফিউমারি বলতে গোলাপজল, হেয়ার অয়েল, টেলকম পাউডার, স্নো, কোল্ড ক্রিম, লিপস্টিক, আফটার সেভ, মেহেদি ইত্যাদি অন্তর্ভুক্ত করা হয়েছে। এসব ব্যবহার্য সামগ্রী প্রস্তুত পদ্ধতি আমরা আলোচনা করবো।

৫.১৩.১ পারফিউমারি গোলাপজল প্রস্তুতি

Rose Water Preparation

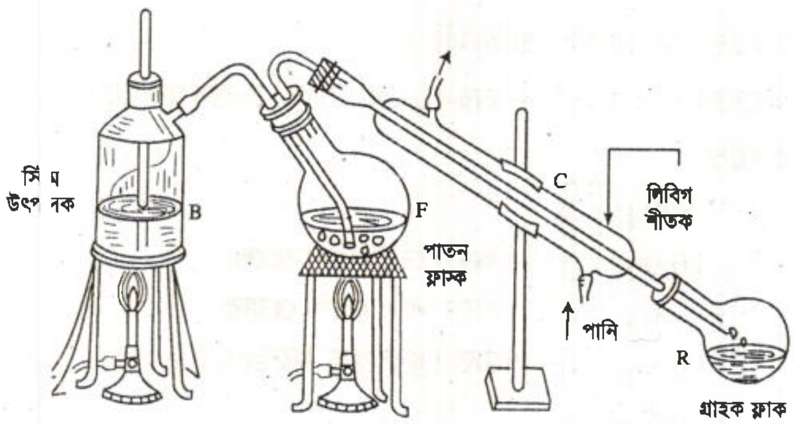
গে লাপ ফুলের পাপড়ি ও পানির মিশ্রণকে স্টিম পাতিত করে সংগৃহীত পাতিত তরলকে গোলাপ জল বলে। এটি একটি হাইড্রো ল (hydrosol)।

ব্য হার : গোলাপজল ফুড এডিটিভরূপে খাদ্যবস্তুতে মিশিয়ে খাবারকে সুগন্ধময় করা হয়। কসমেটিক ও ওষুধ প্রস্তুতিতে গোলাপ জল সুগন্ধ বস্তুরূপে ব্যবহৃত হয়। এছাড়া ধর্মীয় আচার অনুষ্ঠানে সুগন্ধময় পবিত্র শান্তিময় পরিবেশ সৃষ্টিতে গোলাপজল ছিটিয়ে দেয়া হয়। চিনির সিরাপে গোলাপজল যোগ করে রোজ সিরাপ প্রস্তুত করা হয়।

উ দানসমূহ : (১) ফিনাইল ইথাইল অ্যালকোহল, (২) অ্যালকেন সদস্য; পেন্টাডেকেন ($C_{15}H_{32}$), হেপ্টাডেকেন ($C_{17}H_{36}$), অক্টাডেকেন ($C_{18}H_{38}$), ইকোসেন ($C_{20}H_{42}$), ডোকোসেন ($C_{22}H_{46}$), পেন্টাকোসেন ($C_{25}H_{52}$) ইত্যাদি যৌগ প্র ধানত গোলাপ তেলে পাওয়া যায়। তবে গোলাপজলের মনোমুগ্ধকর সুগন্ধের কারণ হলো **ফিনাইল ইথাইল অ্যালকে হল ($C_6H_5CH_2CH_2OH$) ও (40–50%) জেরানিওল ($C_9H_{15}CH_2OH$) নামক টারপিন** (terpenes)।

প্রস্তু তি : নিচের চিত্র মতে, গোলাপ ফুলের বৃতি ও পাপড়ির স্টিম পাতন করে গোলাপজল উৎপাদন করা হয়।

গো লতলী ফ্লাস্কে (F) অল্প পানিসহ গোলাপ ফুলের বৃতি ও পাপড়ি নেয়া হয়। ফ্লাস্কের মুখে রাবার কর্কের সাহায্যে স্টিম উৎপাদক (B) এর সাথে স্টিমের আগম নল সংযোগ করা হয়। অপরদিকে উদ্বায়ী বাষ্পের নির্গম নলের সাথে লিবিগ শীতক যোগ করা হয় (চিত্র-৫.২৩)।



চিত্র-৫.২৩ : স্টিম বা বাষ্প পাতন পদ্ধতিতে গোলাপ জল প্রস্তুতি।

> **MCQ-5.12 : মাখনকে পানি মুক্ত করা হয় কীভাবে?** [সি. বো. ২০১৫]
> (ক) পানি শোষণ করে
> (খ) মাখনকে চাপে দলিত করে
> (গ) মাখনে P_2O_5 যোগ করে
> (ঘ) মাখনে CaO যোগ করে

শীত কের (C) শেষ প্রান্তে গ্রাহক পাত্র থাকে। গোলতলী ফ্লাস্কটিকে স্টিম উৎপাদক পাত্রের দিকে একটু হেলান অবস্থায় রেখে স্টি ম চালনা করা হয়, যেন স্ফুটনকালে লাফ দিয়ে নির্গম-নল পর্যন্ত তরলটি পৌঁছতে না পারে। স্টিম উৎপাদক (B) ও পাতন ফ্লা স্কে (F) এমনভাবে তাপ দেয়া হয় যেন পাতন ফ্লাস্কে প্রবিষ্ট ও তা থেকে নির্গত বাষ্পের পরিমাণ প্রায় সমান থাকে। গ্রাহক ফ্লা স্কে (R) পাতিত তরলরূপে গোলাপজল জমা হয়।

জেনে নাও : (১) পাতিত তরলে দুটি স্তর থাকলে তখন ঐ তরলকে পৃথকীকরণ ফানেলে নিয়ে হালকা স্তর ও ভারী স্তর দুটিকে পৃথক করা হয়। (২) অনুরূপভাবে, পাইন গাছ (pinus sylvestris) এর সূঁচালো পাতা, ছোটো শাখা ও ফল ইত্যাদি বাষ্প-পাতন করে পাইন তৈল পৃথক করা হয়। পাইন তৈলে প্রধানত α-টারপিনল (মনোটারপিন অ্যালকোহল) থাকে। α-Terpineol যুক্ত পাইন তৈল (pine oil) সুগন্ধিরূপে ব্যবহৃত হয়। এছাড়া household cleaning agents এর antiseptic উপাদানরূপে এবং perfumes, cosmetics & flavours এর common ingredient রূপে ব্যবহৃত হয়।

৫.১৩.২ হেয়ার অয়েল প্রস্তুতি
Hair Oil Preparation

বাজারের হেয়ার অয়েলকে ব্যবহৃত মূল উপাদান তেলভিত্তিক নিম্নোক্ত গ্রুপে পাঠের সুবিধার্থে আলোচনা করা হলো :

(ক) ডাবুর আমলা হেয়ার অয়েল ও (খ) হার্বাল হেয়ার অয়েল।

ডাবুর আমলা হেয়ার অয়েলে মূল উপাদান হলো নারকেল তেল। অপরদিকে হার্বাল হেয়ার অয়েলে তিন প্রকার ভেজিটেবল অয়েল যেমন সূর্যমুখী তেল, বাদাম তেল ও তিল তেল থাকে।

ডাবুর আমলা হেয়ার অয়েলের ক্ষেত্রে প্রথমে 'আমলা বেরি' ফলকে নারকেল তেলে সিদ্ধ করে নির্যাস বের করা হয়। আমলা চুলকে মজবুত করে এবং চুলের কালো রং বিবর্ণ হতে বাধা দেয়। এছাড়া 'False daisy' ও 'Indian spikenard' এর নির্যাস চুলের বৃদ্ধি ও চুলকে মজবুত করে।

এছাড়া উভয় গ্রুপের হেয়ার অয়েলে মূল উপাদান নারকেল তেল অথবা সূর্যমুখী তেল, বাদাম তেল ও তিল তেলের মিশ্রণের সাথে অতিরিক্ত নিম্নোক্ত উপাদান মিশ্রিত থাকে :

(১) **চুলের কোমলতাদায়ক (Emollients) :** ডাবুর আমলায় পেট্রোলিয়াম অয়েল ও কেনোলা অয়েল ব্যবহৃত হয়।

(২) **ইমালশিফাইয়ার (Emulsifier) :** এরা তেল ও পানির মিশ্রণ দুটিকে বিন্যস্ত রাখে। তেলকে ঘন করে যেমন, ওলিক এসিড (কেনোলা তেলের উপাদান) MAT(18-19)

(৩) **অ্যান্টিঅক্সিড্যান্ট (Antioxidant) :** এটি অত্যধিক সূর্যালোকে তেলের বিযোজন রোধকরূপে কাজ করে। যেমন t-বিউটাইল হাইড্রোকুইনোন।

(৪) **অতিরিক্ত উপাদানসমূহ :** সুগন্ধ বস্তুরূপে মেনথল, মিন্ট অয়েল, রোজমেরি।

(৫) **রং (dye) :** অনুমোদিত অ্যাজো রংরূপে ইয়েলো নম্বর-10, গ্রিন নম্বর-6, রেড নম্বর-17 ব্যবহার হয়।

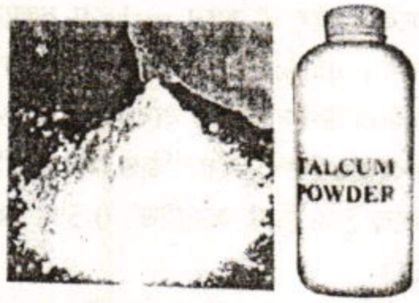
হেয়ার অয়েল প্রস্তুতির একটি নমুনা ফর্মুলা দেয়া হলো :

(১) নারিকেল তেল	:	500 g	এ অনুপাতে উপাদানগুলো মিশিয়ে কম বেশি হেয়ার অয়েল প্রস্তুত করা যাবে।
(২) কেনোলা অয়েল	:	10.0 g	
(৩) t-বিউটাইল অ্যালকোহল	:	1.0 g	
(৪) মিন্ট অয়েল (সুগন্ধি)	:	0.5 g	
(৫) রং বা ডাই	:	0.2 g	

প্রস্তুত প্রণালি : একটি 1 লিটার আয়তনের পাত্রে উপরোক্ত উপাদানগুলো নিয়ে নাড়ন কাঠি নেড়ে ভালোভাবে মিশানো হয়। এরূপে প্রস্তুত করা হেয়ার অয়েলকে বিভিন্ন আয়তনের শিশিতে ভর্তি করা হয়। শিশির মুখ বন্ধ করে, লেবেল লাগিয়ে বাজারজাত করা হয়।

৫.১৩.১ টেলকম পাউডার প্রস্তুতি
Talcum Powder Preparation

প্রসাধন সামগ্রীর মধ্যে টেলকম পাউডার অন্যতম। শরীরের আর্দ্রতা ও ঘর্মরোধের জন্য টেলকম পাউডার ব্যবহার করা হয়। উন্নতমানের টেলকম পাউডার পিচ্ছিল ও উজ্জ্বল সাদা বর্ণের।



চিত্র-৫.২৪ : ট্যালকম পাউডার

টেলকম পাউডারের উপাদানসমূহ :

(১) টেলকম পাউডারের প্রধান বা, মূল উপাদান হলো টেলক্। 'টেলক'-এর রাসায়নিক নাম হাইড্রেটেড ম্যাগনেসিয়াম সিলিকেট; এর সংকেত $3MgO.4SiO_2.H_2O$ বা, $H_2Mg_3(SiO_3)_4$ বা, $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$।

(২) **মূল পিচ্ছিলকারক** টেলক্-এর সাথে অতিরিক্ত পিচ্ছিলতার জন্য ব্যবহার করা হয় জিঙ্ক স্টিয়ারেট, ম্যাগনেসিয়াম সিলিকেট ও অন্যান্য সিলিকেট। **জিঙ্ক স্টিয়ারেট হলো কোমল অ্যান্টিসেপ্টিক।** অ্যান্টিসেপটিক হিসেবে বোরিক এসিডও ব্যবহার করা হয়। স্টিয়ারেটের পরিমাণ 4–10% এর মধ্যে হয়ে থাকে। (৩) পাউডারকে ফাঁপানোর জন্য ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটও ব্যবহার করা হয়। এগুলো টেলকম পাউডারের সুগন্ধি ধরে রাখে। (৪) এছাড়া পাউডারের সাথে সুগন্ধিরূপে মেনথল ও ক্যাম্ফর সামান্য পরিমাণে যোগ করা হয়।

টেলকম পাউডার প্রস্তুতির একটি সাধারণ ফর্মুলা নিচে দেয়া হলো :

উপাদানসমূহ	% পরিমাণ	উপাদানের কার্যকারিতা
*১. টেলক্ বা, আর্দ্র ম্যাগনেসিয়াম সিলিকেট (মূল উপাদান)	92 ভাগ	ত্বক পিচ্ছিলকারক ও ঘর্মরোধক
২. জিঙ্ক বা, ম্যাগনেসিয়াম স্টিয়ারেট (অ্যান্টিসেপ্টিক)	3 ভাগ	ত্বকে ঘামাচি ও rash প্রতিরোধক
৩. ম্যাগনেসিয়াম বা, ক্যালসিয়াম কার্বনেট (আয়তন-বৃদ্ধিকারক)	4.5 ভাগ	পাউডারকে ঝড় ঝড়ে করে বা ফুলিয়ে তোলে
৪. মেনথল (সুগন্ধ বস্তু)	0.5 ভাগ	সুগন্ধবস্তু মনে প্রশান্তি আনে

টেলকম পাউডার প্রস্তুত পদ্ধতি :

(১) নির্দিষ্ট অনুপাতে টেলক্ ও জিঙ্ক স্টিয়ারেট মিশিয়ে গুঁড়া করার মেসিনে সূক্ষ্ম গুঁড়া করা হয়।

(২) ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটকে সূক্ষ্মভাবে গুঁড়া করার পর এর মধ্যে স্প্রে করে 0.5% সুগন্ধ বস্তু মেনথল মিশানো হয় এবং কিছুক্ষণ রেখে দেয়া হয়।

(৩) এরপর উভয় পাউডার মিশ্রণকে ভালোভাবে মিশানোর পর সূক্ষ্ম চালনি (200 জালিওয়ালা বা 200 mesh এর মাধ্যমে) বা পরিষ্কার পাতলা কাপড়ের মাধ্যমে চালনে সূক্ষ্ম পাউডার মিশ্রণ পাওয়া যায়। এটিই হয়ে গেল টেলকম পাউডার। এটিকে প্লাস্টিকের বোতলে ভরে লেবেলসহকারে বাজারজাত করা হয়।

ব্যবহারে সতর্কতা : টেলকম পাউডার সূক্ষ্ম কঠিন বস্তু। অ্যাসবেস্টস গুঁড়ার মতো টেলক গুঁড়া প্রশ্বাসের মাধ্যমে ফুসফুসে বেশি প্রবেশ করলে ফুসফুসে প্রদাহ সৃষ্টির সাথে কফ সৃষ্টি ও শ্বাস-প্রশ্বাসে বিঘ্ন ঘটে।

বেবী পাউডার প্রস্তুতি (Baby Powder Preparation)

(ক) বড়োদের ব্যবহৃত টেলকম্ পাউডার এবং শিশুদের ব্যবহৃত পাউডার এক নয়। কারণ শিশুদের ত্বক অতি কোমল এবং অধিক সংবেদনশীল। তাই **শিশুদের বেবী পাউডার ও সাধারণ টেলকম পাউডারের উপাদানে কিছু তারতম্য বা পার্থক্য আছে।**

RMDAC

MAT(17–18)

বেবী পাউডারে বাধ্যতামূলক একটি অ্যান্টিসেপটিক এবং খুব হাল্কা সুগন্ধ দ্রব্য মিশানো হয়। বেবি পাউডারে অ্যান্টিসেপটিকরূপে বোরিক এসিড পাউডার ব্যবহৃত হয়। Diaper ব্যবহারে বেবীর প্রস্রাবের স্থান ও মলদ্বার প্রায় ভিজা থাকে। ফলে ঐ স্থানে rash বা লাল্‌চে প্রদাহ ভাব হয়। এ rash নিবারণে অ্যান্টিসেপ্‌টিক বোরিক এসিড পাউডার ভূমিকা রাখে। এছাড়া জিঙ্ক স্টিয়ারেট অথবা ম্যাগনেসিয়াম স্টিয়ারেট ব্যবহৃত হয়; এটি পাউডারের পানি শোষণ ক্ষমতা বাড়ায়। তাই এ উপাদান দুটি ব্যবহৃত হয় 3% থেকে 5% এর মধ্যে। এর ফলে বেবী পাউডার অত্যন্ত মসৃণ, পিচ্ছিল ও গায়ে এঁটে থাকার গুণসম্পন্ন হয়। জিঙ্ক স্টিয়ারেটের বদলে লিথিয়াম স্টিয়ারেট অথবা অলিভ অয়েলও ব্যবহৃত হয়। বেবী পাউডারে 2% থেকে 5% জিঙ্ক অক্সাইড, 0.5% থেকে 1.5% স্টিরাইল অ্যালকোহল মিশ্রিত করলে ঐ পাউডার সুন্দর কমনীয় গুণসম্পন্ন হয়।

(খ) বেবী পাউডার প্রস্তুতির একটি ফর্মুলা নিচে দেয়া হলো :

উপাদানসমূহ	% পরিমাণ	উপাদানের কার্যকারিতা
* (১) টেলক্ (মূল উপাদান, পিচ্ছিলকারক ও ঘর্মরোধক)	83.5 ভাগ	(১) ত্বককে পিচ্ছিল ও ঘর্ম রোধ করে
(২) ম্যাগনেসিয়াম স্টিয়ারেট (অ্যান্টিসেপ্‌টিক)	5.0 ভাগ	(২) ঘামাচি ও ত্বকে rash রোধ করে
* (৩) বোরিক এসিড পাউডার (অ্যান্টিসেপ্‌টিক)	2.5 ভাগ	(৩) diaper rash দূর করে
(৪) ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট (পাউডার হালকা রাখে)	5.0 ভাগ	(৪) পাউডার ঝড় ঝড়ে বা ফুলিয়ে তোলে
(৫) জিঙ্ক অক্সাইড (ত্বকের কোমলতাবর্ধক)	3.0 ভাগ	(৫) ত্বকে আরাম দেয়, ত্বক শুষ্ক রাখে
(৬) স্টিরাইল অ্যালকোহল (ত্বকের কোমলতাবর্ধক)	1.0 ভাগ	(৬) ত্বক পরিষ্কার ও সুগন্ধ করে

প্রস্তুত পদ্ধতি : টেল্‌কম পাউডার প্রস্তুতির অনুরূপ।

৫.১৩.৪ স্নো বা, ভ্যানিশিং ক্রিম প্রস্তুতি

Snow or, Vanishing Cream Preparation

স্নো বা, ভ্যানিশিং ক্রিম হলো একটি প্রলেপনজাতীয় আর্দ্র-ক্রিম যা ত্বকের তেলতেলে ভাব দূর করে ত্বককে আকর্ষণীয় ও লাবণ্যময় করে থাকে। এটি ত্বকে সহজে মিশে অদৃশ্য হয়ে পড়ে এবং ত্বকের ওপর আঠালো প্রলেপ সৃষ্টি করে, তাই এটিকে ভ্যানিশিং ক্রিমও বলে। গরমের দিনে ভ্যানিশিং ক্রিম ব্যবহার করলে আরামপ্রদ হয়। এটি তৈলাক্ত ত্বকের বেশ উপযোগী,। ত্বকের ওপর স্নো বা ভ্যানিশিং ক্রিম অনেকক্ষণ স্থায়ী হয়; এটি ত্বককে নরম ও কোমল রাখে। **ভ্যানিশিং ক্রিম হলো রাসায়নিকভাবে** তেল-পানি বা oil in water (O/W) ইমালশন অর্থাৎ একটি লোশন। নিচে স্নো বা ভ্যানিশিং ক্রিম তৈরির একটি সহজ ফর্মুলা ও প্রস্তুত পদ্ধতি দেয়া হলো :

স্নো বা ভ্যানিশিং ক্রিম তৈরির সহজ ফর্মুলা :

[ক]	১। গ্লিসারিন মনোস্টিয়ারেট	...	8 ভাগ
	২। পলি ইথাইলিন গ্লাইকল	...	12 ভাগ
	৩। সয়াবিন অয়েল	...	8 ভাগ
	৪। স্টিরাইল অ্যালকোহল	...	2 ভাগ
	৫। আইসোপ্রোপাইল লিনোলেট	...	1 ভাগ
[খ]	৬। সোডিয়াম লরাইল সালফেট	...	1 ভাগ
	৭। গ্লিসারিন	...	8 ভাগ
	৮। পাতিত পানি	...	60 ভাগ
[গ]	৯। সুগন্ধি	...	10 ফোঁটা

MCQ-5.13 : টেলকম পাউডার প্রস্তুতির মূল উপাদান কোনটি? [কু. বো. ২০১৫]

(ক) $3MgO.4SiO_2.H_2O$
(খ) $Na_2B_4O_7.10H_2O$
(গ) $C_3H_8O_3$
(ঘ) $CaCO_3.MgCO_3$

স্নো বা, ভ্যানিশিং ক্রিম প্রস্তুত পদ্ধতি :

১। একটি পাত্রে (ক) গ্রুপের উপাদানসমূহ ও অপর একটি পাত্রে (খ) গ্রুপের উপাদানসমূহ নিয়ে এদেরকে 80°– 85°C তাপমাত্রায় গলানো হয়। ফলে ভ্যানিশিং ক্রিমের প্রয়োজনীয় যথাক্রমে 'তৈল দশা' বা, oily phase (ক) এবং 'জলীয় দশা' বা, aqueous phase (খ) তৈরি করা হলো।

২ এখন (ক) গ্রুপের গলিত তরলের মধ্যে (খ) গ্রুপের তরলকে ধীরে ধীরে ঢেলে হাতের ইলেকট্রিক্যাল মিক্সিং মেশিন দ্বারা একদিকে উত্তমরূপে অনবরত নাড়তে হয়। মিশ্রণটি ক্রমে গাঢ় হয়ে ওঠে। এরূপে উভয় তরলের ঘনিষ্ঠ মিশ্রণে 'তেল-পানি' বা, oil in water (O/W) ইমালশন (emulsion) তৈরি হয়।

৩ এরপর আলাদা পাত্রে ঐ মিশ্রণকে ঢেলে ও ঠাণ্ডা করে 35°C তাপমাত্রায় সুগন্ধি মেশানো হয়। এরূপে প্রস্তুত স্নো কাচের কৌটায় ভরে প্যাকিং করে বাজারজাত করা হয়।

৫.১৩.৩(ক) স্টিয়ারিক এসিড থেকে ভ্যানিশিং ক্রিম প্রস্তুতি [Oil in Water (O/W) Emulsion]
Preparation of Vanishing Cream from Stearic acid

বাজারে ভ্যানিশিং ক্রিম তৈরি করার বিভিন্ন ফর্মুলা ও প্রস্তুত পদ্ধতি আছে। কঠিন স্টিয়ারিক এসিড ($C_{17}H_{35}COOH$) থেকেও ভ্যানিশিং ক্রিম প্রস্তুত করা হয়। এক্ষেত্রে অধিক পরিমাণ সাদা বর্ণের দানাদার স্টিয়ারিক এসিড (মোট মিশ্রণের 20%) এর সাথে প্রথমে অল্প পরিমাণে গ্লিসারিন (মিশ্রণের 2.5%) এবং পরে অল্প পরিমাণে সবল ক্ষার কস্টিক পটাস (KOH) [মিশ্রণের 1.5%] মিশ্রিত করে প্রতি ক্ষেত্রে মিশ্রণটি উত্তপ্ত করা হয়। এর ফলে যথাক্রমে **আংশিক এস্টারিকরণ** ও **আংশিক স্যাপোনিফিকেশন** বা সাবানায়ন প্রক্রিয়ায় **'তৈল-স্তর'** ও **'জলীয়-স্তর'** তৈরি হয়। এ উভয় অমিশ্রণীয় স্তরকে যান্ত্রিক প্রক্রিয়ায় প্রবল আলোড়নের দ্বারা 'তেল-পানি' ইমালশনে পরিণত করা হয়; যা **ভ্যানিশিং ক্রিম** নামে সুপরিচিত।

(১) সংশ্লিষ্ট এস্টারিকরণে 'তৈল-স্তর' গঠন : স্টিয়ারিক এসিড ও গ্লিসারিনের মধ্যে বিক্রিয়া :

$$C_{17}H_{35}COOH\,(s) + C_3H_5(OH)_3\,(l) \xrightarrow{\Delta} \text{গ্লিসারিন মনোস্টিয়ারেট} + H_2O\,(l)$$

স্টিয়ারিক এসিড   গ্লিসারিন

(২) সংশ্লিষ্ট স্যাপোনিফিকেশনে 'জলীয়-স্তর' গঠন : স্টিয়ারিক এসিড ও KOH এর মধ্যে বিক্রিয়া :

$$C_{17}H_{35}COOH\,(s) + KOH\,(aq) \xrightarrow{\Delta} C_{17}H_{35}COOK\,(aq) + H_2O\,(l)$$

স্টিয়ারিক এসিড   পটাসিয়াম স্টিয়ারেট (সাবান)

ভ্যানিশিং ক্রিম প্রস্তুতির প্রয়োজনীয় উপাদান ও শতকরা পরিমাণ :

১. স্টিয়ারিক এসিড [$CH_3(CH_2)_{16}COOH$] (আঃ ভর = 284) ... 20% (মিশ্রণের ভরের) = 200 g

২. গ্লিসারিন [$CH_2OHCHOHCH_2OH$] (আঃ ভর = 92) ... 2.5% (মিশ্রণের ভরের) = 25 g

অথবা, সিটাইল অ্যালকোহল [$CH_3(CH_2)_{14}CH_2OH$] (আঃ ভর = 242)

অথবা, কারবিটল বা, (ইথোক্সি-ইথোক্সি) ইথানল [$C_6H_{14}O_3$] (আঃ ভর = 134)

৩ কস্টিক পটাস [KOH] (আঃ ভর = 56) ... 1.5% (মিশ্রণের ভরের) = 15 g

৪. পানি (পাতিত) ... 75.5% (মিশ্রণের ভরের) = 755 g

৫. মিথাইল প্যারাবেন (প্রিজারভেটিভ) ... 0.05% (মিশ্রণের ভরের) = 0.5 g

৬ সুগন্ধি ... 0.5% (মিশ্রণের ভরের) = 5.0 g

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি :

(১) বিকার (1000 mL) 2টি, (২) মেজারিং সিলিন্ডার (1000 mL) 1টি, (৩) রাফ ব্যালেন্স, (৪) গ্লাস রড, (৫) ওয়াটার বাথ, (৬) বার্নার, (৭) থার্মোমিটার (150°C)।

ভ্যানিশিং ক্রিম প্রস্তুত প্রণালি :

(১) একটি বিকারে স্টিয়ারিক এসিড (200 g) ও গ্লিসারিন (25 g) নিয়ে ওয়াটার বাথে [চিত্র-১.২২] উত্তপ্ত করা হয়। তখন থার্মোমিটারটিকে বিকারের মধ্যে ঝুলিয়ে রাখা হয়। স্টিয়ারিক এসিডের গলনাঙ্ক হলো 70°C। এস্টারিকরণের জন্য মিশ্রণটিকে 80°—85°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। এরূপে উৎপন্ন তরল মিশ্রণটি হলো ভ্যানিশিং ক্রিমের জন্য প্রস্তুতকৃত **'তৈল-স্তর' বা** oily phase [A].

(২) এরপর রাফ ব্যালেন্সে কস্টিক পটাস (KOH) এর 15 g দানা ওজন করে দ্বিতীয় 1000 mL বিকারে নিয়ে এর মধ্যে মেজারিং সিলিন্ডারে মেপে 755 mL বিশুদ্ধ পানি যোগ করে ওয়াটার বাথে 80°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। এ ক্ষার দ্রবণটি পরে স্টিয়ারিক এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে পটাসিয়াম সাবানের জলীয় দ্রবণ তৈরি হয়; যা ভ্যানিশিং ক্রিমের জন্য হলো **'জলীয়-স্তর' বা** aqueous phase [B].

(৩) এখন 'তৈল স্তরের' তরল মিশ্রণ [A] এর মধ্যে ক্ষার (KOH) দ্রবণটি যোগ করার পর উত্তপ্ত মিশ্রণটিকে গ্লাস রড দিয়ে অনবরত নাড়ানো হয় যতক্ষণ না এটি ক্রিমের মতো ঘন হয়। তাপমাত্রা ধীরে ধীরে হ্রাস পেয়ে 40°—35°C হলে তখন প্রিজারভেটিভ মিথাইল প্যারাবেন (0.5 g) ও সুগন্ধি মেশানো হয়। তখন মিশ্রণটি সাদা ক্রিমের মতো গাঢ় হয়।

(৪) এরপর ভ্যানিশিং ক্রিমটিকে কাচের কৌটায় ভর্তি করা হয়।

৫.১৩.৫ কোল্ড ক্রিম প্রস্তুতি
Cold Cream Preparation

কোল্ড ক্রিম শীতকালে ও শুষ্ক আবহাওয়ায় ব্যবহৃত হয়। কোল্ড ক্রিম হলো রাসায়নিকভাবে 'পানি-তেল' ইমালশন [water in oil (W/O) emulsion]। এটি ত্বকে ব্যবহার করলে ত্বক থেকে তাপ শোষণ করে ইমালশনের পানি ড্রপলেটস (droplets) ও সুগন্ধি বস্তু বাষ্পীভূত হতে থাকে। তখন ত্বকের তাপমাত্রা কমে ও শীতলতা অনুভূত হয়। এজন্য এ ক্রিমকে Cold Cream বলে। এ ক্রিম ত্বকের পানি-শূন্যতা রোধ করে। এ ক্রিম ত্বকের ওপর দীর্ঘক্ষণ স্থায়ী হয় এবং ত্বককে শীতের প্রভাব থেকে মুক্ত এবং কোমল ও মসৃণ রাখে। কোল্ড ক্রিমের মূল উপাদান হলো– তেল, মোম, বোরাক্স ($Na_2B_4O_7.10H_2O$) ও পানি। এছাড়া এতে গ্লিসারিন ও সুগন্ধি দেয়া হয়।

'Cold-Cream is an emulsion of **'Water in oil'** (W/O), usually in bees waxes and various fragrances' – says Wexler. Wexler also says that Cold Cream contains 4 ingredients like— (1) water, (2) oil, (3) emulsifier and a (4) thickening agent; then more ingredients such as preservative and fragrances.

'The name 'Cold Cream' derives from the cooling feeling that the cream leaves on skin, after water and fragrances evaporate.'

কোল্ড ক্রিম তৈরির দুটি পৃথক ফর্মুলা দেয়া হলো :

কোল্ড ক্রিম প্রস্তুতির ১ম ফর্মুলা :

[ক] ১। মিনারেল অয়েল (লুব্রিকেটিং এজেন্ট) ... 55 গ্রাম
(বা তরল প্যারাফিন)
২। হোয়াইট বি-ওয়াক্স (গাঢ়কারী এজেন্ট) ... 15 গ্রাম
৩। গ্লিসারিন (প্রলেপন এজেন্ট) ... 4 গ্রাম
[খ] ৪। বোরাক্স (অ্যান্টিসেপ্টিক, প্রিজারভেটিভ)... 2 গ্রাম
৫। পাতিত পানি ... 24 গ্রাম

চিত্র-৫.২৫ : কোল্ড ক্রিম

[গ] ৬। সুগন্ধি রোজমেরি (এসেনসিয়াল অয়েল) ... 0.4 গ্রাম

কোল্ড ক্রিম প্রস্তুতির ২য় ফর্মুলা :

[ক] ১। বাদাম তেল (almond oil) ... 55 গ্রাম
২। হোয়াইট বি-ওয়াক্স ... 15 গ্রাম

[খ] ৩। বোরাক্স (প্রিজারভেটিভ) ... 2 গ্রাম
৪। রোজ ওয়াটার (পাতিত পানির বিকল্প) ... 24 গ্রাম

[গ] ৫। মিন্ট অয়েল (সুগন্ধি তৈল) ... 0.4 গ্রাম

> **MCQ-5.14: বেবী পাউডারে কোনটি অ্যান্টিসেপ্টিকরূপে কাজ করে?** [সি. বো. ২০১৫]
> (ক) ZnO (খ) টেল্ক
> (গ) $MgCO_3$ (ঘ) বোরিক পাউডার

[* বোরাক্স ($Na_2B_4O_7.10H_2O$) উপাদানটি Bees Wax এর fatty acid এর সাথে বিক্রিয়ায় emulsion তৈরি করে ক্রিমকে stable করে থাকে।]

প্রস্তুত পদ্ধতি :

১। [ক] এর উপাদান ও [খ] এর উপাদানগুলোকে দুটি পাত্রে আলাদাভাবে 80°–90°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে গলাতে হয়। এর ফলে কোল্ড ক্রিমের প্রয়োজনীয় 'তৈল-দশা' বা, oily phase [ক] এবং 'জলীয়-দশা' বা, aqueous phase [খ] তৈরি করা হলো। উভয় তরলের ঘনিষ্ঠ মিশ্রণে 'পানি-তেল' বা, water in oil (W/O) ইমালশন তৈরি করা হবে।

২। এখন তরল [ক] এর মধ্যে [খ] তরলকে ধীরে ধীরে ঢেলে একদিকে হাতের ইলেকট্রিকেল মিক্সিং মেসিন দ্বারা ভালোভাবে নাড়তে হবে। এরূপে সমসত্ত্ব মিশ্রণ তৈরি হয়।

৩। এরপর মিশ্রণটিকে আলাদা পাত্রে ঢেলে ঠাণ্ডা করে 35°C তাপমাত্রায় সুগন্ধি তেল মিশাতে হয়।

৪। সবশেষে পচন নিবারক (preservative) হিসেবে 0.02% প্রোপাইল প্যারাহাইড্রক্সি বেনজয়েট এবং 0.15% মিথাইল প্যারাহাইড্রক্সি বেনজয়েট মেশানো যায়।

৫। এরপর-কাচের কৌটায় অথবা প্লাস্টিকের টিউবে পুরে মুখ বন্ধ অবস্থায় ব্যবহার বা বাজারজাত করা হয়।

অধিক জেনে নাও :

*** ভ্যানিশিং ক্রিম ও কোল্ড ক্রিমের মধ্যে বৈশিষ্ট্যপূর্ণ পার্থক্যসমূহ :**

ভ্যানিশিং ক্রিম (বা স্নো)	কোল্ড ক্রিম
১. **সংযুক্তি :** স্টিয়ারিক এসিড ও গ্লিসারিন সৃষ্ট গ্লিসারিন মনোস্টিয়ারেট 'তৈল-স্তর' এবং (60–75%) পানিতে পটাসিয়াম সাবান (KOH ও Stearic acid হতে সৃষ্ট) বা সোডিয়াম লরাইল সালফেট সাবান ও অ্যালকোহলের মিশ্রণটি হলো 'জলীয়-স্তর'।	১. **সংযুক্তি :** মিনারেল অয়েল বা তরল প্যারাফিন, মৌমাছির সাদা মোম (White Bees Wax) ও গ্লিসারিন সমন্বিত 'তৈল-স্তর' এবং (17–25%) পানিতে বোরাক্স ($Na_2B_4O_7$) এর দ্রবণ হলো 'জলীয় স্তর'; বোরাক্স Bees Wax এর fatty acid এর সাথে বিক্রিয়ায় emulsion তৈরি করে ক্রিমকে স্থায়ী করে।
২. **ইমালশনের প্রকৃতি :** ভ্যানিশিং ক্রিম হলো **'তেল-পানি' (O/W) ইমালশন**। এক্ষেত্রে তৈলের পরিমাণ কম; পানির পরিমাণ বেশি অর্থাৎ তৈলের বিন্দুসমূহ (droplets) পানির মাধ্যমে বিস্তারিত থাকে।	২. **ইমালশনের প্রকৃতি :** কোল্ড ক্রিম হলো **'পানি-তেল' (W/O) ইমালশন**। এক্ষেত্রে পানির পরিমাণ কম; তৈলের পরিমাণ বেশি অর্থাৎ পানির বিন্দুসমূহ (droplets) তৈলের মাধ্যমে বিস্তারিত থাকে।

RMDAC

ভ্যানিশিং ক্রিম (বা স্নো)	কোল্ড ক্রিম
৩. **ব্যবহার :** গ্রীষ্মকালে ও বায়ুতে আর্দ্রতা বা জলীয়-বাষ্প যখন বেশি থাকে; তখন ভ্যানিশিং ক্রিম ব্যবহার আরামদায়ক। তখন ত্বকের তেলতেলে ভাব কমিয়ে ত্বককে সতেজ ও আকর্ষণীয় করে তোলে।	৩. **ব্যবহার :** শীতকালে ও শুষ্ক আবহাওয়ায় অর্থাৎ বাতাসে জলীয়বাষ্প যখন কম থাকে; তখন কোল্ড ক্রিম ব্যবহৃত হয়। কোল্ড ক্রিম ত্বকের ওপর মোমের পাতলা আস্তরণ সৃষ্টি করে ত্বকের পানি বের হতে বাধা দেয়; ত্বককে নরম ও মসৃণ রেখে ত্বক-ফাঁটা রোধ করে।
৪. **বিশেষত্ব :** Moisturizer হিসেবে গ্লিসারিন আর্দ্র-বায়ু থেকে জলীয়-বাষ্প H-বন্ধন দ্বারা আবদ্ধ করে ত্বকের আর্দ্রতা বজায় রাখে। এটিই গ্লিসারিনের মূল বৈশিষ্ট্য। [glycerine is a marvellous Emollient acting as humectant, lubricant and occludent.]	৪. **বিশেষত্ব :** মোম ও বোরাক্স কোল্ড ক্রিমে ব্যবহৃত হওয়ায় ত্বকের ওপর মোমের আস্তরণ ত্বকের পানি বের হতে বাধা দেয়; বোরাক্স মোমের ফ্যাটি এসিডসহ বিক্রিয়ায় Na-সাবান তৈরি করে সৃষ্ট ইমালশনকে স্থায়িত্ব দেয়। গ্লিসারিন যথাসম্ভব moisturizer রূপে কাজ করে ত্বককে কোমল ও মসৃণ রাখে।

৫.১৩.৬ লিপস্টিক প্রস্তুতি
Lipstick Preparation

আধুনিক কসমেটিক লিপস্টিক 1883 খ্রিষ্টাব্দে নেদারল্যান্ডের Amsterdam এ অনুষ্ঠিত 'World Exhibition'-এ প্রদর্শিত হয় এবং 1884 খ্রিষ্টাব্দে ফ্রান্সে বাণিজ্যিকভাবে লিপস্টিক উৎপাদন শুরু হয়। তখন লিপস্টিকের উপাদানরূপে Bees Wax, Castor oil ও Deer tallow ব্যবহৃত হতো। বর্তমানে লিপস্টিকে Bees Wax, Castor oil-এর সাথে moisturizer রূপে অ্যালকোহল, পিগমেন্টরূপে TiO_2, iron oxides বিভিন্ন ধাতব অক্সাইড, রঞ্জক বা ডাই (dye) রূপে কসমেটিক কালার্স ও সুগন্ধি ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়।

উল্লেখ্য লিপস্টিকের মূল উপাদান মোম (Wax) ও তৈল (oil) এর সংযুক্তির সঠিক অনুপাতের ওপর লিপস্টিকের গুণাগুণ নির্ভর করে। মোম লিপস্টিকের দৃঢ়তা বা কাঠামো দেয়; এবং তৈল যেমন কাস্টর অয়েল লিপস্টিকে চাকচিক্য বা ঔজ্জ্বল্য আনে। কাস্টর অয়েলের সান্দ্রতা বা আঠালো ধর্ম (viscosity) অন্যান্য তৈলের চেয়ে বেশি হওয়ায় এটি লিপস্টিকের অন্য উপাদানগুলোকে আকৃষ্ট রাখে। এরূপে সুগন্ধ মিশ্রিত অয়েল ও ওয়াক্স বা মোম-এর মধ্যে ডাই বা রঞ্জক ও পিগমেন্ট মিশিয়ে মহিলাদের লিপস্টিক প্রস্তুত করা হয়। টিউবে লিপস্টিক ভর্তি থাকে। টিউবটি কভার ও বেস—এ দুটি অংশে বিভক্ত থাকে। আবার বেসটি এককেন্দ্রিক দুটি টিউবে ট্যুস্টিং অথবা স্লাইডিং পদ্ধতিতে অন্তস্থ থাকে।

লিপস্টিকের প্রধান উপাদানসমূহ ও শতকরা পরিমাণ :

মূল উপাদান	উপাদানের নাম	শতকরা পরিমাণ
* (১) ওয়াক্স ও চর্বি :	বি-ওয়াক্স, কেনডেলিলা ওয়াক্স (বা কেমাউবা ওয়াক্স) :	40%
(২) অয়েল :	কাস্টর অয়েল, লিনোলিন অয়েল, ভেজিটেবল অয়েল, মিনারেল বা পেট্রোলিয়াম অয়েল :	34%
(৩) অ্যালকোহল :	ইথানল, গ্লিসারল (ময়শ্চারাইজার) : MAT(17-18)	20%
(৪) পিগমেন্ট ও রঞ্জক (রং) :	পিগমেন্ট রেড-40, কারমিন :	5%
(৫) সুগন্ধ বস্তু :	1% এর কম, ডাইপ্রোপালিন অ্যালকোহল, ডাইপ্রোপালিন গ্লাইকল :	1%

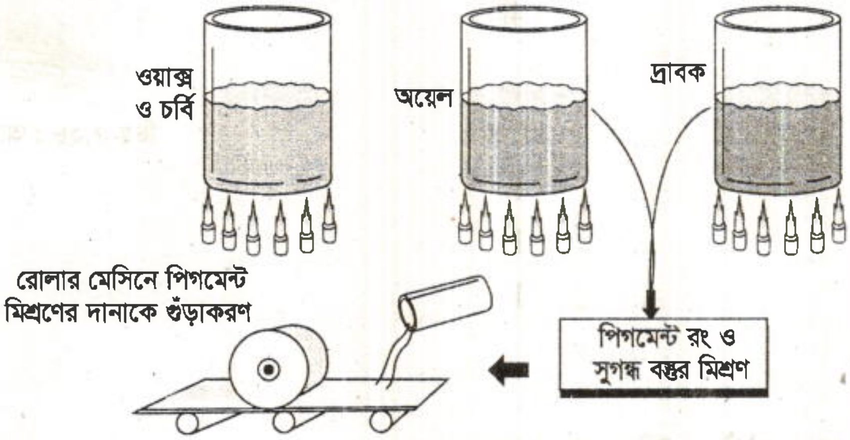
প্রস্তুত পদ্ধতি : লিপস্টিক উৎপাদন পদ্ধতি তিন অংশে বিভক্ত। যেমন;

(ক) উপাদানগুলোকে বিগলিত করে মিশ্রণ প্রস্তুতি;

(খ) লিপস্টিক মিশ্রণকে টিউবে ভর্তিকরণ;

(গ) প্যাকেজিং ও বাজারজাতকরণ :

১। প্রথমে চিত্র মতে, স্টিল বা চীনামাটির তিনটি পাত্র নেয়া হলো। ১ম পাত্রে ওয়াক্স বা মোম ও চর্বি মিশ্রণ–4 k g তাপ দিয়ে গলানো হয়। ২য় পাত্রে তেল বা অয়েল 3.4 k g ও ৩য় পাত্রে দ্রাবক অ্যালকোহল 2 L পরিমাণ নিয়ে গরম করা হলো।



চিত্র-৫.২৬ : লিপস্টিকের মিশ্রণ প্রস্তুতি।

MCQ-5.15 : লিপস্টিকের মূল উপাদান কোনটি? [চ. বো. ২০১৫]

(ক) মোম

(খ) খনিজ তৈল

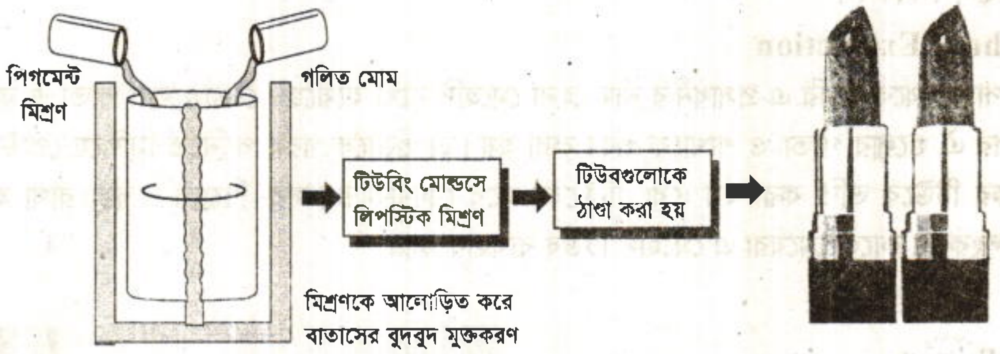
(গ) রঞ্জক

(ঘ) ভেসেলিন

২। প্রয়োজনমতো পিগমেন্ট-রং (500 g) ও প্রায় 1.0 g সুগন্ধ বস্তু ডাইপ্রোপালিন অ্যালকোহল মিশ্রণে গরম তেল ও দ্রাবক অ্যালকোহল মিশিয়ে পেস্ট তৈরি করা হয়। এ পিগমেন্ট মিশ্রণে থাকা দানাগুলোকে রোলার মেসিনে সূক্ষ্ম গুঁড়া করা হয়। পরে গরম মোম ও চর্বির মিশ্রণকে পিগমেন্ট মিশ্রণে যোগ করা হয়।

৩। এরপর লিপস্টিক মিশ্রণকে আলোড়িত করে বাতাসের বুদ্‌বুদ্‌ মুক্ত করা হয়। এখন মোল্ডস বা ছাঁচে ঠাণ্ডা করা হয়। শেষে টিউবগুলোকে ছাঁচ থেকে আলাদা করা হয়।

৪। সবশেষে লিপস্টিক লেবেলিং ও প্যাকেজিং করে বাজারজাত করা হয়।



চিত্র-৫.২৭ : লিপস্টিক মিশ্রণের প্রসেসিং।

৫.১৩.৭ আফটার শেভ প্রস্তুতি
After Shave Preparation

শেভ করার পর 'আফটার শেভ' লোশন, জেল, অথবা দ্রবণরূপে ব্যবহৃত হয়। আফটার শেভ প্রস্তুতির মূল উপাদান হলো তিনটি। যেমন,

* ১। অ্যান্টিসেপটিক (Antiseptics) : ডি-ন্যাচার্ড অ্যালকোহল-40

২। ময়শ্চারাইজার (Moisturizer) : গ্লিসারিন, (বা অ্যালোভেরা/অলিভ অয়েল)

৩। সুগন্ধ বস্তু (Fragrance) : স্যান্ডেলউড তেল, লবঙ্গ, দারুচিনি, কমলালেবুর খোসা।

আফটার শেভ প্রস্তুতির ফর্মুলা :

আফটার শেভের উপাদানসমূহ ও শতকরা পরিমাণ :

১। ডি-ন্যাচার্ড অ্যালকোহল–40 (অ্যান্টিসেপটিক) ... 250 mL = 85%

২। অলিভ অয়েল (ময়শ্চারাইজার) ... 20 mL = 7%

৩। কমলালেবুর খোসার টুকরা (সুগন্ধ বস্তু) ... $\frac{1}{2}$ কাপ = 8%

৪। দারুচিনি (সুগন্ধ বস্তু) ... 1 picce

৫। লবঙ্গ (সুগন্ধ বস্তু) ... 4টি

চিত্র-৫.২৮ : আফটার শেভ।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি :

১। ঢাকনিসহ গ্লাস জার ... 1L

২। গামলা ... 1

৩। ফানেল ... 1

৪। সূক্ষ্ম ছিদ্রযুক্ত চালনি ... 1

৫। আফটার শেভ বোতল ...

আফটার-সেভ প্রস্তুত পদ্ধতি :

(১) উপাদানসমূহ গ্লাস জারে নিয়ে মুখে ঢাকনি আটকিয়ে দেয়া হয়।

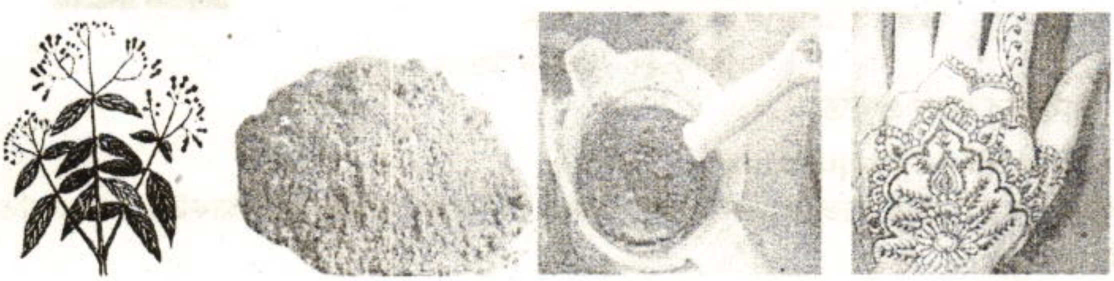
(২) জারের ভেতরের উপাদানসমূহকে ঝাঁকিয়ে নেয়া হয়। প্রতিদিন একইভাবে মিশ্রণটি একবার করে ঝাঁকিয়ে নেয়া হয়। প্রতিদিন একইভাবে মিশ্রণটি একবার করে ঝাঁকিয়ে এক সপ্তাহ যাবৎ রেখে দেয়া হয় যেন সুগন্ধ **এসেনশিয়াল** অয়েল অ্যালকোহলে ব্যাপিত হতে পারে।

(৩) সূক্ষ্ম ছিদ্রের চালনি দিয়ে কঠিন বস্তুসমূহ ছেঁকে আফটার শেভ তরলটিকে গামলায় রাখা হয়। পুরানো আফটার শেভ বোতল ভালো করে ধুয়ে নিয়ে এর মুখে ফানেল বসিয়ে প্রস্তুতকৃত আফটার শেভ ভর্তি করা হয়।

৫.১৩.৮ মেহেদি নিষ্কাশন

Mehndi Extraction

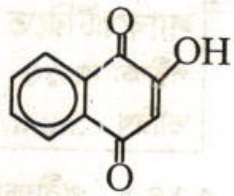
হেনাগুল্মের পাতা থেকে তৈরি এ প্রসাধনীর নাম হেনা মেহেদি রাখা হয়েছে। হেনাগুল্মের পাতা ও কচি শাখা থেকে রেড ডাই নিষ্কাশনের পর ঐ গুল্মের পাতা ও শাখাকে গুঁড়া করা হয়। এ গুঁড়াকে গরম পানিতে মিশিয়ে পেস্ট তৈরি করা হয়। এ পেস্টকে প্লাস্টিকের টিউবে ভর্তি করা হয় এবং টিউবের মুখে কোণাকৃতির সরু ছিদ্রের ব্যবস্থা রাখা হয়। হাতে ও পায়ে বিভিন্ন নকশার অলংকরণ কাজে মেয়েরা এ মেহেদি টিউব ব্যবহার করে।



চিত্র-৫.২৯ : মেহেদি

MAT(16-17)

মেহেদি পাতার নির্যাসে প্রধান উপাদান **অম্লধর্মী লাসোন (Lawsone) নামক 2– হাইড্রক্সি- 1, 4 - ন্যাপথাকুইনোন জৈবযৌগ থাকে।** এটি চুল ও চাপড়ার বহিঃস্তরের প্রোটিনের অ্যামিনো গ্রুপের সাথে যুক্ত হয়ে গাঢ় বাদামি সুন্দর রং সৃষ্টি করে। লাসোন গরম পানিতে এবং অম্লীয় দ্রবণে সহজে দ্রবণীয়। তাই গরম পানিতে মেহেদি পেস্ট তৈরি করে শেষে অম্লীয় করার জন্য সায়ট্রিক এসিড বা এডিপিক এসিড যোগ করা হয়। হাতে ব্যবহারের জন্য **মেহেদি পেস্টের pH মান 5.5 হলে এটির কার্যকারিতা বৃদ্ধি পায়।**



'লাসোন' এর গঠন

মেহেদির ব্যবহার : বিভিন্ন অনুষ্ঠানে মেয়েরা হাতে ও পায়ে বিভিন্ন নক্‌শার অলংকরণ কাজে মেহেদি রং ব্যবহার করে থাকে। এছাড়া হেনাগুল্মের পাতা ও কচি শাখার গুঁড়া থেকে তৈরি করা ডাই বিবর্ণ চুলকে রঙিন করার জন্য ব্যবহৃত হয়। এর সাথে ইন্ডিগো, আমলা অথবা কেসিয়া ওবটাভা মিশ্রিত করে বিভিন্ন বর্ণ ও উজ্জ্বলতা সৃষ্টি করা হয়। হেনা পাউডারে নীল বা ইন্ডিগো মিশালে বাদামি বা ব্রাউন রং; আমলা মিশালে সোনালি হলুদ, উজ্জ্বলতা বৃদ্ধিসহ কুঞ্চিত হয় এবং কেসিয়া ওবটাভা মিশালে চুল মসৃণ ও চকচকে হয়।

মেহেদির মিশ্র পাউডারের সাধারণ উপাদান হলো নিম্নরূপ :

১। হেনা পাউডার	......	20 g
২। লেমন জুস বা টক ফলের রস (অথবা সায়ট্রিক এসিড)	......	$\frac{1}{4}$
৩। প্রাকৃতিক উদ্ভিজ্জ রং যেমন নীল, আমলা বা কেসিয়া ওবটাভা	......	সামান্য
৪। এসেনশিয়েল অয়েল যেমন জিনজার, সিনামন বা দারুচিনি, লেভেন্ডার	......	$1\frac{1}{2}$ কাপ
৫। ময়শ্চারাইজার যেমন অলিভ অয়েল, ডিম।	......	1 চামচ

হেনা পেস্ট প্রস্তুত প্রণালি :

১। প্রথমে 1 কাপ পানিতে নীল বা আমলা গুঁড়া নিয়ে ভালোভাবে ফুটিয়ে রেখে দাও।

২। একটি প্লাস্টিকের গামলায় হেনা পাউডার ও লেবুর রসকে (অথবা সায়ট্রিক এসিড) ভালোভাবে নেড়ে মিশাও।

৩। হেনা পাউডার ও লেবুর রসের মিশ্রণে ডিম ভেঙ্গে দিয়ে মিশিয়ে ঘন পেস্ট তৈরি না হওয়া পর্যন্ত নাড়তে থাকো।

৪। এ মিশ্রণে নীল বা আমলার মিশ্রণ ও প্রয়োজনমতো এসেনশিয়েল অয়েল যেমন দারুচিনি অয়েল যোগ করো।

৫। এবার গামলাভর্তি মিশ্রণটিকে ঢাকনি দিয়ে কয়েক ঘণ্টা রেখে দাও। ঘন পেস্টের মতো হলে ফ্রিজে ঠাণ্ডা অবস্থায় রেখে দাও।

৬। প্রয়োজনমতো টিউব ভর্তি করে বাজারজাত করতে পারো।

চুলে মেহেদি লাগানোর প্রক্রিয়া :

ছোটো বাটিতে হেনা পেস্ট অল্প পরিমাণে নিয়ে এর মধ্যে লেবুর রস (অথবা সায়ট্রিক এসিড) মিশানো হয়। ব্রাশ দিয়ে চুলে লাগিয়ে চুলকে কাপড় দিয়ে ঢেকে কিছু সময় শুকাতে দাও। শেষে শ্যাম্পু দিয়ে ধুয়ে নিতে হয়। মেহেদির রঙে চুল রঙিন হয়ে ওঠে।

ব্যবহারিক (Practical)

ল্যাবরেটরিতে শিক্ষার্থীর কাজ : দুটি টয়লেট্রিজ উৎপাদন

পরীক্ষা নং-১৬ **পরীক্ষার সময় : ১ পিরিয়ড**

তারিখ : ....

৫.১৪.১ পরীক্ষার নাম : কোল্ডক্রিম/স্নো প্রস্তুতি

Cold Cream/Snow preparation

(ক) উদ্দেশ্য : সাধারণ প্রসাধন সামগ্রী তৈরি করার অভিজ্ঞতা অর্জন।

(খ) কোল্ডক্রিম-এর উপাদান ও প্রয়োজনীয় বস্তু : কোল্ডক্রিম তৈরির ফর্মুলা :

(A)	(১) বাদাম তৈল (almond oil)	(লুব্রিকেটিং এজেন্ট)	... 55 g	এ অনুপাতে দ্বিগুণ, তিনগুণ করে নিয়ে বেশি পরিমাণে তৈরি করা যাবে।
	(২) হোয়াইট বি-ওয়াক্স	(মৌচাক মোম) (জমাট বাঁধার জন্য)	... 15 g	
(B)	(৩) বোরাক্স	(অ্যান্টিসেপটিক প্রিজারভেটিভ)	... 2 g	
	(৪) রোজ ওয়াটার	(সুগন্ধি)	... 24 g	
	(৫) গ্লিসারিন	(জলীয় বাষ্প শোষক)	... 4 g	
(C)	(৬) মিন্ট ওয়েল	(সুগন্ধি)	... 0.4 g	

> **MCQ-5.16 : কোল্ড ক্রিমে লুব্রিকেটিং এজেন্টরূপে ব্যবহৃত হয় কোনটি?** [সি. বো. ২০১৫]
> (ক) তরল প্যারাফিন (খ) গ্লিসারিন
> (গ) মোম (ঘ) প্রোপানল

(গ) প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : (১) বিকার ২টি, (২) মিক্সিং মেশিন, (৩) বুনসেন বার্নার বা স্পিরিট ল্যাম্প, (৪) প্লাস্টিকের টিউব বা কাচের কৌটা।

(ঘ) কার্যক্রম : ১। [A] গ্রুপের উপাদান (বাদাম তৈল ও ওয়াক্স) এবং [B] গ্রুপের উপাদান (বোরাক্স, রোজ ওয়াটার, গ্লিসারিন) গুলোকে দুটি বিকারে আলাদাভাবে 80°–90°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে গলাতে হবে।

২। এখন [A] এর তরলের মধ্যে [B] এর তরল ধীরে ধীরে ঢেলে মিক্সিং মেশিন দ্বারা নেড়ে সমসত্ত্ব মিশ্রণ তৈরি করা হয়।

৩। এখন মিক্সিং মেশিন থেকে মিশ্রণটিকে আলাদা পাত্রে ঢেলে ঠাণ্ডা করে 35°C এ সুগন্ধি তৈল মিশানো হয়। এটিই কোল্ডক্রিম।

৪। এরপর কাচের কৌটায় অথবা প্লাস্টিকের টিউবে পুরে মুখ বন্ধ করা হয়।

পরীক্ষা নং-১৭ **সময় : ১ পিরিয়ড**

তারিখ : ....

৫.১৪.২ পরীক্ষার নাম : আফটার সেভ লোশন প্রস্তুতি

After-shave Preparation

(ক) উপাদানসমূহ :

(১) রেক্টিফাইড স্পিরিট	... 60 mL	(৪) মেন্থল	... 0.1 g
(২) সরবিটল	... 5.0 g	(৫) পারফিউম অয়েল	... 1.0 g
(৩) বোরিক এসিড	... 2.0 g	(৬) পাতিত পানি	... 32 mL

(খ) প্রয়োজনীয় সরঞ্জাম : (১) বিকার (500 mL) ... ১টি, (২) গ্লাস রড, (৩) মেজারিং সিলিন্ডার, (৪) ব্যালেন্স।

(গ) কার্যক্রম : (১) পানি বাদে অন্যান্য উপাদান (১ – ৪ নং) সমূহ মেপে নাও এবং 500 mL বিকারের মধ্যে রাখো।

(২) গ্লাস রড দিয়ে বিকারের উপাদানগুলোকে ভালোভাবে নেড়ে মিশাও।

(৩) মেজারিং সিলিন্ডার দ্বারা 32 mL পানি মেপে বিকারের মিশ্রণে যোগ করে গ্লাস রড দিয়ে নেড়ে মিশাও।

(৪) অদ্রবণীয় বস্তু থাকলে প্রয়োজন হলে ফিল্টার করে নাও।

(৫) পরিষ্কার কাচের শিশিতে প্রাপ্ত দ্রবণ ভর্তি করে মুখ বন্ধ করো। এটি তোমার তৈরি করা আফটার শেভ।

পরীক্ষা নং-১৮ তারিখ :	সময় : ১ পিরিয়ড

৫.১৪.৩ পরীক্ষার নাম : গোলাপজল প্রস্তুতি
Rose-Water Preparation

[শিক্ষার্থী কলেজ ল্যাবরেটরিতে গোলাপজল প্রস্তুত করতে পারবে।]

(ক) উপাদানসমূহ : (১) গোলাপ ফুল - ২০টি, (২) পানি।

(খ) প্রয়োজনীয় সরঞ্জাম : (১) পাতন ফ্লাস্ক, (২) লিবিগ শীতক, (৩) স্টিম জেনারেটর, (৪) স্ট্যান্ড-ক্ল্যাম্প, (৫) পৃথকীকরণ ফানেল, (৬) বার্নার, ত্রিপদী, তারজালি, গ্লাস বোতল।

(গ) কার্যক্রম : (১) একটি 500 mL আয়তনের পাতন ফ্লাস্কে গোলাপের পাপড়িগুলো নিয়ে এর মধ্যে 250 mL পানি যোগ করো।

(২) পাতন ফ্লাস্কটিকে স্ট্যান্ডের সাথে আটকানোর পর লিবিগ শীতক গ্রাহক ফ্লাস্কে ও স্টিম জেনেরেটর-এর নির্গম নলের সাথে যুক্ত করো। [চিত্র-৫.১৭ দেখো]

(৩) এখন স্টিম জেনারেটরকে পানিপূর্ণ করে উত্তপ্ত করো। পাতন ফ্লাস্কে স্টিম আসা শুরু হলে পাতন ফ্লাস্কটিকেও উত্তপ্ত করে। পাতন ফ্লাস্কে স্টিম ঢোকা ও স্টিম বের হওয়া সমান পরিমাণে থাকে এ মত তাপ দেয়ার ব্যবস্থা করো।

(৪) গ্রাহক ফ্লাস্কে পাতিত পানির পরিমাণ প্রায় 100 mL জমা হলে বুনসেন বার্নার নিভিয়ে পাতন প্রক্রিয়া বন্ধ করো। গ্রাহক ফ্লাস্কে জমা হওয়া তরলটি সুগন্ধ হয়েছে কীনা ঘ্রাণ নাও। সুগন্ধযুক্ত এ পাতিত পানি হলো 'গোলাপজল'। এ গোলাপজলকে গ্লাস বোতলে পূর্ণ করো। তোমার শিক্ষককে এ প্রস্তুত করা গোলাপজল দেখাও।

শিক্ষার্থীর কাজ-৫.৮ : টয়লেট্রিজভিত্তিক :

প্রশ্ন ৫.২০ : (ক) টয়লেট্রিজ ও পারফিউমারি বলতে কী বোঝায়?

(খ) টেল্‌ক কী? [কু. বো. ২০১৬]

(গ) টেলকম পাউডার প্রস্তুতির উপাদানসমূহ এদের শতকরা পরিমাণসহ লেখ।

(ঘ) ভ্যানিশিং ক্রিম প্রস্তুতির উপাদানসমূহের নাম ও শতকরা পরিমাণ লেখ। [ব. বো. ২০১৫]

(ঙ) লিপস্টিক প্রস্তুতির উপাদানসমূহের নাম ও শতকরা পরিমাণ লেখ।

(চ) আফটার শেভ প্রস্তুতির উপাদানসমূহের নাম ও শতকরা পরিমাণ লেখ।

৫.১৫ গ্লাস ক্লিনার প্রস্তুতি
Preparation of Glass Cleaner

চিত্র-৫.৩০ : গ্লাস ক্লিনার

জানালার গ্লাসে ও বিভিন্ন সামগ্রীর গ্লাসে ময়লা, গ্রিজ ও গুঁড়া কার্বনের কালি জমা হয়ে থাকে। তাই এসবের পরিষ্কার করার কাজে গ্লাস ক্লিনার দরকার হয়। গ্লাসের সংযুক্তিতে বিভিন্ন সিলিকেট থাকে। তাই সবল ক্ষার যেমন কস্টিক সোডা (NaOH) ও কস্টিক পটাস (KOH) দ্রবণ গ্লাসের সংস্পর্শে গ্লাসের উপাদান সিলিকেটের সাথে বিক্রিয়া করে পানিতে দ্রবণীয় সোডিয়াম সিলিকেট বা পটাসিয়াম সিলিকেট উৎপন্ন করে। এর ফলে গ্লাসে দাগ সৃষ্টি হয়। তাই গ্লাস ক্লিনারের উপাদানরূপে ঐ সব ক্ষার দ্রবণ ব্যবহার করা সঠিক হবে না। এ কারণে গ্লাস ক্লিনারে গ্রিজের দ্রাবকরূপে অ্যামোনিয়া ক্ষার দ্রবণ ব্যবহার করা হয়।

নিচে গ্লাস ক্লিনার প্রস্তুতির একটি সাধারণ ফর্মুলা দেয়া হলো :

গ্লাস ক্লিনারের উপাদানসমূহ ও শতকরা পরিমাণ :

১। 28% অ্যামোনিয়া দ্রবণ	...	(গ্রিজের দ্রাবক)	0.05%
২। সোডিয়াম লরাইল সালফেট	...	(Surface-active)	0.10%
৩। iso-প্রোপাইল অ্যালকোহল	...	(বেশি উদ্বায়ী দ্রাবক)	4.00%
৪। ইথিলিন গ্লাইকল	...	(কম উদ্বায়ী দ্রাবক)	1.00%
৫। টেট্রাসোডিয়াম পাইরোফসফেট ($Na_4P_2O_7$)	...	(পানির খরতা নিবারক)	0.01%
৬। রং বা ডাই দ্রবণ	...	(রঙিন করার জন্য)	1.00%
৭। পারফিউম (সুগন্ধ বস্তু)	...	(সুগন্ধ পরিবেশ সৃষ্টি)	0.01%
৮। পানি	...	(ময়লা দ্রবীভূত ও ধুয়ে ফেলে)	অবশিষ্ট

MCQ-5.17 : মেহেদির রঙের কারণ কোনটি? [রা. বো. ২০১৫]
(ক) ল্যানোলিন
(খ) লাসোন
(গ) ওলিক এসিড
(ঘ) উইন্টার গ্রিন

প্রস্তুতি : সাধারণ ফর্মুলা মতে উপাদানগুলো একত্রে মিশ্রিত করে প্লাস্টিকের বোতলে ভর্তি করে মুখ বন্ধ করে বাজারজাত করা হয়।

৫.১৬ টয়লেট ক্লিনার প্রস্তুতি

Preparation of Toilet Cleaner

টয়লেট ক্লিনার প্রস্তুতির বেলায় তিনটি বিষয় চিন্তা করে উপাদান নির্দিষ্ট করা হয়। এ তিনটি বিষয় হলো Toilet bowl এর দাগ (stains), দুর্গন্ধ (bad odor) দূরীকরণ ও জীবাণু (germs) ধ্বংস করা। কস্টিক ব্যবহার করে টয়লেট ক্লিনার প্রস্তুতির একটি সাধারণ ফর্মুলা দেয়া হলো। যেমন—

টয়লেট ক্লিনারের উপাদানসমূহ ও এদের ভূমিকা :

১। কস্টিক সোডা (NaOH)	:	(চর্বি বা গ্রিজের দ্রাবক)	1.0 k g
২। সোডিয়াম লরাইল সালফেট ($C_{12}H_{25}SO_4Na$)	:	(Surfactant)	1.0 k g
৩। ক্যালসিয়াম হাইপো ক্লোরাইট [$Ca(OCl)_2$]	:	(ব্লিচিং এজেন্ট জীবাণুনাশক)	1.5 k g
৪। পানি	:	(মূল দ্রাবক)	5.0 Litre
৫। রং (এসিড ব্লু-9 ডাই)	:	(রঞ্জক)	200 g
৬। ফেনল	:	(দুর্গন্ধনাশক, জীবাণুনাশক)	100 g

চিত্র-৫.৩১ : টয়লেট ক্লিনার

প্রস্তুতি : দুটি পাত্রের একটিতে ক্যালসিয়াম হাইপোক্লোরাইট যথাসম্ভব কম পানিতে দ্রবীভূত করা হয়। দ্বিতীয় পাত্রের পানিতে কস্টিক সোডা ও অন্যান্য বস্তু যোগ করে মিশ্রিত করা হয়। এরপর দুটি মিশ্রণকে একত্রে মিশ্রিত করা হয়। মিশ্রণটি প্লাস্টিকের বোতলে ভর্তি করে মুখ বন্ধ করা হয়।

সতর্কতা : কস্টিক সোডা তীব্র ক্ষয়ক্ষারক; এটি চামড়ার ক্ষতি করে। কস্টিক সোডা ব্যবহারে হাতে গ্লাভস ও চোখে গগলস পরে নিতে হবে।

৫.১৭ গ্লাস ক্লিনার ও টয়লেট ক্লিনারের পরিষ্কারকরণ কৌশল

Clearing Mechanism of Glass & Toilet Cleaners

(ক) গ্লাস ক্লিনারের ময়লা পরিষ্কার করার কৌশল :

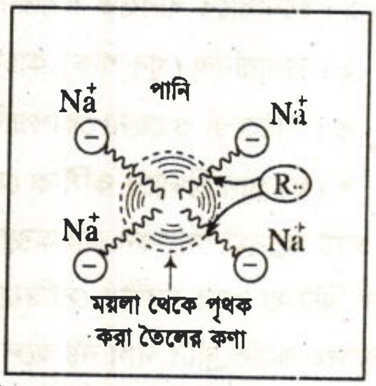
(১) গ্লাসে লেগে থাকা ময়লার মধ্যে থাকে গ্রিজ বা চর্বি ও ধুলাবালি। গ্রিজ বা তৈলাক্ত পদার্থকে দ্রবীভূত করার জন্য গ্লাস ক্লিনারে থাকে অ্যামোনিয়া।

(২) এছাড়া দ্বিতীয় উপাদান সোডিয়াম লরাইল সালফেট হলো অ্যানায়নিক ডিটারজেন্ট। এটি Wetting agent রূপে পানির Surface tension-কে হ্রাস করে। এর ফলে মূল পরিষ্কারক পদার্থ NH_4OH ময়লাকে দূর করতে পারে। ডিটারজেন্টের অ্যানায়নিক প্রান্ত (মাথা) হাইড্রোফিলিক হওয়ায় কাচের তলকে সিক্ত করতে সাহায্য করে। আবার ডিটারজেন্টের অপর প্রান্তে (লেজ) হাইড্রোফোবিক (পানিতে অদ্রবণীয়); কিন্তু লিপোফিলিক (তৈল চর্বিতে দ্রবণীয়) হওয়ায় এটি তৈলাক্ত ময়লার সাথে আবদ্ধ হয়ে কাচতল থেকে ময়লাকে তুলে ফেলে।

(৩) পানি হলো তৃতীয় উপাদান যা গ্লাস বা কাচের গায়ের এসব ময়লা ও ধুলাবালিকে ধুয়ে ফেলে।

(৪) চতুর্থ উপাদান iso-প্রোপাইল অ্যালকোহল কাচের গায়ে লেগে থাকা পানিকে টেনে নেয়।

(৫) আবার অ্যালকোহলটির উদ্বায়িতা হ্রাসে সহায়ক ও জীবাণুনাশকরূপে ইথিলিন গ্লাইকল ব্যবহার করা হয়।



চিত্র-৫.৩২ : ধৌতকার্যে ডিটারজেন্টের ক্রিয়াকৌশল।

সোডিয়াম লরাইল সালফেট $[CH_3(CH_2)_{10}-CH_2-O-\overline{SO}_3Na^+]$
(ডিটারজেন্ট)
পানিতে অদ্রবণীয় নন্‌পোলার অংশ (লেজ) — পানিতে দ্রবণীয় পোলার অংশ (মাথা)

সংক্ষেপে ডিটারজেন্টের লেজ ও মাথাকে এভাবে দেখানো হয়

এক্ষেত্রে
$R- = CH_3(CH_2)_{10}-CH_2-$ মূলক

(খ) টয়লেট ক্লিনারের ময়লা পরিষ্কার করার কৌশল :

(১) টয়লেট ক্লিনারের কস্টিক সোডা ও ডিটারজেন্ট সোডিয়াম লরাইল সালফেট তেল চর্বি ও ময়লা পরিষ্কারকরূপে কাজ করে।

সবল ক্ষার কস্টিক সোডা (NaOH) টয়লেটের ময়লার তেল ও চর্বির সাথে বিক্রিয়া করে গ্লিসারিন ও দ্রবণীয় সোডিয়াম সাবান উৎপন্ন করে। এর ফলে টয়লেটটি চর্বি ও তেলজাতীয় পদার্থ মুক্ত হয়।

$$\begin{array}{l} CH_2-O.OC-R \\ | \\ CH-O.OC-R \\ | \\ CH_2-O.OC-R \end{array} + 3NaOH \longrightarrow \begin{array}{l} CH_2-OH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{array} + 3R-CO.ONa$$

ব্যবহৃত ডিটারজেন্ট সোডিয়াম লরাইল সালফেট এবং চর্বি থেকে উৎপন্ন সাবান উভয়ের অণুতে পোলার অংশ ও নন-পোলার এ দুটি অংশ থাকে। ডিটারজেন্ট ও সাবানের পোলার অংশটি পানিতে দ্রবণীয়; এটিকে ডিটারজেন্ট ও সাবানের মাথা বলে। অপর নন্‌-পোলার অংশটি হাইড্রোকার্বনের লম্বা শিকল। এটি পানিতে অদ্রবণীয়, কিন্তু তেল ও চর্বিতে দ্রবণীয়। এটিকে ডিটারজেন্ট ও সাবানের লেজ বলে। যেমন—

সোডিয়াম লরাইল সালফেট: $CH_3(CH_2)_{10}CH_2-O-\overline{SO}_3Na^+$
(ডিটারজেন্ট)
পানিতে অদ্রবণীয় নন্‌পোলার অংশ (লেজ) — পানিতে দ্রবণীয় পোলার অংশ (মাথা)

সোডিয়াম স্টিয়ারেট : $CH_3(CH_2)15CH_2-CO\overline{O}Na+$
(সাবান)
নন্‌পোলার অংশ (লেজ) — পোলার অংশ (মাথা)

চিত্র-৫.৩২(ক) : ধৌতকার্যে ডিটারজেন্ট ও সাবানের ক্রিয়াকৌশল।

ডিটারজেন্ট ও সাবানের নন্‌পোলার লেজ অংশ তৈল ও চর্বিতে দ্রবণীয় হওয়ায় এটি তৈলাক্ত ময়লার সাথে আবদ্ধ হয়ে টয়লেটের তলদেশ থেকে ময়লাকে সহজেই তুলে ফেলে এবং পানিতে ধুয়ে ফেলে।

(২) টয়লেটের দুর্গন্ধ ও দাগ দূর করতে ব্লিচিং এজেন্টরূপে ভূমিকা রাখে ক্যালসিয়াম হাইপোক্লোরাইট।

(৩) জীবাণুনাশকরূপে কাজ করে ফেনল, এটি জীবাণুকে মেরে ফেলে ও দুর্গন্ধ দূর করে।

৫.১৭.১ টয়লেট ক্লিনারে কস্টিক সোডা ও গ্লাস ক্লিনারে অ্যামোনিয়ার ব্যবহার
Use of Caustic Soda in Toilet Cleaner & Ammonia in Glass Cleaner

* **(ক) টয়লেট ক্লিনারে কস্টিক সোডা NaOH ব্যবহার করা হলেও গ্লাস ক্লিনারে NaOH ব্যবহার করা যায় না।** এর কারণ টয়লেট তৈরির ও গ্লাস তৈরির উপাদান এবং প্রক্রিয়ার মধ্যে পাওয়া যায়। যেমন,

১। জানালাতে ব্যবহৃত সাধারণ কাচে থাকে ⟶ $Na_2O, CaO, 5SiO_2$

২। রাসায়নিক (খুব শক্ত) কাচযন্ত্রের পটাস কাচে থাকে ⟶ $K_2O, CaO.5SiO_2$

৩। পাইরেক্স ও জেনা কোম্পানির বোরো কাচে থাকে ⟶ $Na_2O, ZnO.BaO.B_2O_3.\ xSiO_2$

* **(খ) গ্লাস ক্লিনারে কস্টিক সোডা (NaOH) ব্যবহার না করে অ্যামোনিয়া দ্রবণ ব্যবহৃত হয়।** এর কারণ হলো গ্লাস বা কাচে অম্লধর্মী সিলিকন ডাইঅক্সাইড (SiO_2) থাকে। সবল ক্ষার NaOH দ্রবণ কাচের সংস্পর্শে SiO_2 এর সাথে ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করে দ্রবণীয় সোডিয়াম সিলিকেট তৈরি করে। ফলে কাচের গায়ে মসৃণতা নষ্ট হয়। এছাড়া ব্যুরেট, পিপেট ইত্যাদির ক্যালিব্রেটিং দাগ নষ্ট হলে ঐ সব যন্ত্র ব্যবহার অযোগ্য হয়।

$$2NaOH\,(aq) + SiO_2\,(s) \longrightarrow Na_2SiO_3\,(aq) + H_2O\,(l)$$

. কিন্তু গ্লাস ক্লিনারে ব্যবহৃত অ্যামোনিয়া দ্রবণ কাচের সিলিকার সাথে বিক্রিয়া করে না। তাই অ্যামোনিয়া কাচের কোনো ক্ষতি করে না।

** **(গ) NaOH টয়লেট সামগ্রীর ক্ষতি করে না— এর ব্যাখ্যা হলো নিম্নরূপ :**

টয়লেট হলো পোর্সেলিন সামগ্রী। পোর্সেলিন তৈরি হয় চায়না ক্লে ($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$), সিলিকা বালি (SiO_2) ও পটাস ফেল্ডস্পার ($K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$) মিশ্রণকে 1400°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে। এরূপে উৎপন্ন সূক্ষ্ম ছিদ্রযুক্ত পোর্সেলিনকে 1600°C তাপমাত্রার ঊর্ধ্বে NaCl ও স্টিমসহ উত্তপ্ত করলে স্টিমের উপস্থিতিতে NaCl বিযোজিত হয়ে Na_2O ও HCl গ্যাস উৎপন্ন করে। উৎপন্ন Na_2O ঐ পোর্সেলিনের অতিরিক্ত সিলিকাসহ বিক্রিয়া করে সোডিয়াম সিলিকেট তৈরি করে এবং উৎপন্ন এ Na_2SiO_3 বিগলিত হয়ে পোর্সেলিনের গায়ের সূক্ষ্ম ছিদ্রগুলোকে বন্ধ করে মসৃণ গ্লেজ (glaze) সৃষ্টি করে। এর ফলে উৎপন্ন পোর্সেলিন সিরামিক পানিরোধী হয়। সুতরাং পোর্সেলিনের ওপর NaOH ক্ষার দ্রবণের কোনো ক্রিয়া চলে না।

$$2NaCl\,(s) + H_2O\,(g) \xrightarrow{1600°C} Na_2O\,(s) + 2HCl\,(g)$$

$$Na_2O\,(s) + SiO_2\,(s) \xrightarrow{1600°C} Na_2SiO_3\,(l)$$

শিক্ষার্থীর কাজ-৫.৯ : গ্লাস ক্লিনার ও টয়লেট ক্লিনারভিত্তিক :

প্রশ্ন-৫.২১ : (ক) গ্লাস ক্লিনারের উপাদানসমূহ ও এদের শতকরা পরিমাণ লেখ।

(খ) টয়লেট ক্লিনারের উপাদানসমূহ ও এদের ভূমিকা লেখ।

(গ) গ্লাস ক্লিনারে কস্টিক সোডা ব্যবহার না করে অ্যামোনিয়া কেন ব্যবহৃত হয়? [ব. বো. ২০১৫]

প্রশ্ন-৫.২২ : (ক) গ্লাস ক্লিনারের ময়লা পরিষ্কার করার কৌশল ব্যাখ্যা করো।

(খ) টয়লেট ক্লিনারের ময়লা পরিষ্কার কৌশল ব্যাখ্যা করো।

(গ) NaOH টয়লেট সামগ্রীর ক্ষতি করে না কেন তা ব্যাখ্যা করো।

ব্যবহারিক (Practical)

ল্যাবরেটরিতে শিক্ষার্থীর কাজ : চারজন শিক্ষার্থী গ্রুপ করে নিম্নোক্ত উপায়ে মল্ট ভিনেগার পদ্ধতিতে ভিনেগার প্রস্তুতির কাজ সম্পাদন করে।

পরীক্ষা নং-১৯

পরীক্ষার সময় : ১ পিরিয়ড

তারিখ ....

৫.১৮ পরীক্ষার নাম : ভিনেগার প্রস্তুতি : ইথানোয়িক এসিড থেকে

Vinegar from Ethanoic acid

(ক) উদ্দেশ্য : সাধারণ প্রিজারভেটিভ তৈরি করার অভিজ্ঞতা অর্জন।

(খ) পরিচিতি : ইথানোয়িক এসিড বা অ্যাসিটিক এসিডের 6–10% জলীয় দ্রবণকে ভিনেগার বলা হয়। এতে কিছু সুগন্ধি বস্তু মিশানো হয়। ভিনেগার ফলের আচার সংরক্ষণে, স্যুপের স্বাদ বৃদ্ধি করতে, মাছ মাংস রান্না কাজে, সালাত তৈরি ও ফ্রিজ পরিষ্কার করতে ব্যবহৃত হয়। সরাসরি অ্যাসিটিক এসিড থেকে তৈরি করা ভিনেগার বর্ণহীন হওয়া সত্ত্বেও একে সাদা ভিনেগার বা **ওয়াইট ভিনেগার** (White Vinegar) বলা হয়।

(গ) প্রয়োজনীয় রাসায়নিক বস্তু : (১) ইথানোয়িক এসিড বা অ্যাসিটিক এসিড;
(২) পাতিত পানি;
(৩) ফ্লেভার বা সুগন্ধ বস্তু : গোলাপজল।

(ঘ) প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : (১) বিকার (500 mL) .... 2টি;
(২) মেজারিং সিলিন্ডার (100 mL) 1টি;
মেজারিং সিলিন্ডার (20 mL/10 mL) 1টি;
(৩) গ্লাস রড ... 1টি।

MCQ-5.18 : টয়লেট ক্লিনারের প্রধান উপাদান কোনটি? [ব. বো. ২০১৫]
(ক) NaOH (খ) NH_4OH
(গ) $Ca(OCl)Cl$ (ঘ) KOH

(ঙ) কার্যক্রম :

(১) একটি 500 mL বিকারে মেজারিং সিলিন্ডারে করে 200 mL পাতিত পানি নেয়া হলো।

(২) এরপর মেজারিং সিলিন্ডারে করে প্রায় 15 mL বিশুদ্ধ ইথানোয়িক এসিড ঐ পানিতে যোগ করে গ্লাস রড দ্বারা নেড়ে মিশানো হয়।

(৩) শেষে ঐ মিশ্রণে 2 mL গোলাপজল মিশানো হয়। এরূপে **ওয়াইট ভিনেগার** প্রস্তুত করা যায়। অপরদিকে মল্ট ভিনেগার পদ্ধতিতে প্রস্তুত মল্ট ভিনেগার হালকা থেকে গাঢ় বাদামি বর্ণের হয়।

প্রজেক্ট : শিক্ষার্থীর দলবদ্ধ কাজ

MCQ-5.19 : গ্লাস ক্লিনারের মূল উপাদান কোনটি? [দি. বো. ২০১৫]
(ক) কস্টিক সোডা (খ) ডিটারজেন্ট
(গ) NH_4OH দ্রবণ (ঘ) NaOCl

৫.১৯ মল্ট ভিনেগার পদ্ধতিতে ভিনেগার প্রস্তুতি

Malt-Vinegar preparation

(ক) মূলনীতি : আখ অথবা খেজুরের রসে 16 – 20% সুক্রোজ চিনি ($C_{12}H_{22}O_{11}$) থাকে। সুক্রোজের লঘু জলীয় দ্রবণে মল্ট এক্সট্রাক্ট ও ঈস্ট গুঁড়া যোগ করা হয়। ঈস্ট থেকে নিঃসৃত ইনভারটেস্ ও জাইমেস এনজাইমের প্রভাবে সুক্রোজের ফারমেন্টেশন ঘটে; এতে প্রথমে ইথানল ও পরে অ্যাসিটো-ব্যাকটর নামক ব্যাকটেরিয়ার প্রভাবে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা ইথানল জারিত হয়ে ইথানোয়িক এসিডের লঘু জলীয় দ্রবণ উৎপন্ন হয়। এরূপে অঙ্কুরিত বার্লি দানার গুঁড়া বা মল্ট গুঁড়া থেকে সৃষ্ট অ্যাসিটো-ব্যাকটর নামক ব্যাকটেরিয়ার প্রভাবে 10% ইথানলের বায়ুর O_2 দ্বারা জারণে উৎপন্ন ইথানোয়িক এসিডের 6 – 10% লঘু জলীয় দ্রবণকে **মল্ট ভিনেগার** বলে।

RMDAC

(খ) প্রয়োজনীয় বস্তু :

(১) মল্ট এক্সট্রাক্ট (Malt Extract) : 300 mL. (এটি চোলাই মদ তৈরির দোকানে পাওয়া যায়)

(২) ঈস্ট গুঁড়া : বাজারে পাওয়া যায়। পাউরুটি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(৩) আখের রস/খেজুরের রস।

(৪) অ্যামোনিয়াম সালফেট $(NH_4)_2SO_4$ লবণ ও অ্যামোনিয়াম ফসফেট $(NH_4)_3PO_4$ লবণ।

(গ) প্রয়োজনীয় পাত্র : (১) 10 লিটার প্লাস্টিকের বালতি ঢাকনিযুক্ত; (২) স্টিলের পাত্র; (৩) 5 লিটার মাটির পাত্র; (৪) হাইড্রোমিটার।

পদ্ধতি : ১ম স্তর : [অ্যালকোহল উৎপাদন করে] :

১। একটি 10 লিটার প্লাস্টিকের বালতি সোডার পানি দিয়ে ধুয়ে নাও। এর মধ্যে 2.5 লিটার ঠাণ্ডা খাবার পানি নাও।

২। একটি স্টিলের পাত্রে 3 লিটার খেজুরের রস বা আঁখের রস 20 মিনিট উত্তপ্ত করে ফুটিয়ে নাও। এতে অবাঞ্ছিত অণুবীজ মরে যায়। এটিকে 35°C তাপমাত্রায় ঠাণ্ডা করে এর মধ্যে Malt Extract সহ 2 চা চামচ $(NH_4)_2SO_4$ এবং 2 চা চামচ $(NH_4)_3PO_4$ লবণ যোগ করো; নেড়ে মিশাও।

৩। মিশ্রণটিকে 10 লিটার প্লাস্টিকের বালতিতে নেয়া 2.5 লিটার ঠাণ্ডা পানিতে ঢেলে নাও। আরো ফুটানো ও ঠাণ্ডা করা পানি যোগ করে অর্ধপূর্ণ অর্থাৎ 5 লিটার আয়তনের মিশ্রণ তৈরি করো। তাপমাত্রা 37°C এ বজায় রাখো।

৪। ঐ মিশ্রণে 5 g ঈস্ট গুঁড়া ছড়িয়ে ছিটিয়ে দাও। এর আগে মিশানো $(NH_4)_2SO_4$ এবং $(NH_4)_3PO_4$ লবণ দুটি ঈস্টের বৃদ্ধিতে সহায়তা করে। বালতির মুখে ঢাকনি হালকা করে রাখো যেন উৎপন্ন CO_2 গ্যাস বের হয়ে যেতে পারে। ঈস্ট থেকে ইনভারটেস্ ও জাইমেস্ এন্‌জাইম নিঃসৃত হয়।

৫। এখন 20°–24°C তাপমাত্রায় পাত্রটিকে 6 – 10 দিন রেখে দাও। তখন নিঃসৃত এন্‌জাইমের প্রভাবে চিনির ফারমেন্টেশন ঘটতে থাকবে; ইনভারটেসের প্রভাবে সুক্রোজ চিনি আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে সমমোলার গ্লুকোজ ও ফ্রুক্টোজ-এর মিশ্রণ বা ইনভার্ট চিনি তৈরি হয়। জাইমেস এনজাইমের প্রভাবে ইনভার্ট চিনি বিয়োজিত হয়ে ইথানল উৎপন্ন হয় এবং বুদবুদসহ CO_2 গ্যাস বের হতে থাকে।

$$\underset{\text{চিনি (সুক্রোজ)}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow[37°C]{\text{ইনভারটেস}} \underset{\text{(গ্লুকোজ + ফ্রুক্টোজ = ইনভার্ট চিনি)}}{C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6}$$

$$\underset{\text{ইনভার্ট চিনি}}{2C_6H_{12}O_6} \xrightarrow[20°–24°C]{\text{জাইমেস}} \underset{\text{ইথানল}}{4CH_3–CH_2–OH} + 4CO_2$$

DAT (21-22)

৬। এরপর Hydrometer দিয়ে পরীক্ষা করলে 1.008 ঘনত্ব নির্দেশক মিটার রিডিং দেবে। Hydrometer এর অভাবে মিশ্রণ থেকে এক চামচ নিয়ে জিহ্বে দিয়ে দেখো মিষ্টি স্বাদ দূর হয়েছে কীনা। এ অবস্থায় উৎপন্ন মল্ট-মিশ্রণে বুদবুদ দেখা যায় না। তখন মল্ট-মিশ্রণটি প্রক্রিয়ার দ্বিতীয় স্তরের উপযোগী হয়েছে। এ মল্ট-মিশ্রণে প্রায় 10% ইথানল উৎপন্ন হয়ে থাকে।

২য় স্তর : অ্যাসিটো-ব্যাক্টর রূপান্তর (Aceto-bactor conversion) : অ্যাসিটিক এসিড উৎপন্ন হয় :

৭। উৎপন্ন মল্ট-মিশ্রণ থেকে প্রায় 300 mL পরিমাণ নিয়ে একটি বড়ো আকারের খোলা মাটির পাত্রে রাখো। [এতে মল্টের ছাতাপড়া স্তর বেড়ে ওঠে। একে ভিনেগার মাদার বা মাইকো ডার্মা-অ্যাসিটি বা অ্যাসিটো-ব্যাক্টর বলে।] এ পাত্রটিকে ঠাণ্ডা ও অন্ধকার রুমে ৭ দিন রেখে দাও। গাঢ় মল্টের ছাতা সৃষ্টি হবে; এটিই হলো 'finished mother vinegar'। এখন পাতলা মসলিন কাপড়ে করে ওপরের malt আলাদা করে নিয়ে পূর্বের মূল মল্ট-মিশ্রণের মধ্যে যোগ করো। মসলিন কাপড়ে জড়ায়ে মূল 10 লিটার

চিত্র-৫.৩৩ : মাটির পাত্রে মল্ট ভিনেগার-এর ২য় স্তর।

বালতির ওপর কমপক্ষে 2–3 মাস রেখে দাও। এ সময়ের মধ্যে মল্ট মিশ্রণের সব ইথানল অ্যাসিটো-ব্যাকটরের প্রভাবে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে লঘু অ্যাসিটিক এসিডে পরিণত হয়। এরূপে স্বাস্থ্যকর চমৎকার Malt vinegar তৈরি হলো।

$$\underset{\text{ইথানল}}{CH_3CH_2OH\ (10\%)} + O_2 \xrightarrow[\text{ব্যাকটর}]{\text{অ্যাসিটো}} \underset{\text{অ্যাসিটিক এসিড (6\%)}}{CH_3COOH} + H_2O$$

৩য় স্তর : পাস্তুরিকরণ (Pasteurization)

৮। এ অবস্থায় Malt vinegar ঘোলাটে থাকে এবং aceto-bactor জীবিত থাকে। এ অবস্থায় দীর্ঘদিন থাকলে মিশ্রণটি 'mother malt' হয়ে ওঠবে। তাই এ ভিনেগারকে 75°–80°C তাপমাত্রায় 20 মিনিট উত্তপ্ত করে সব aceto-bactor নষ্ট করা হয়। শেষে তৃপ্তিকর ও স্থায়ী **হালকা বাদামি বর্ণের ভিনেগার** পাওয়া যায়।

বিকল্প পদ্ধতি :

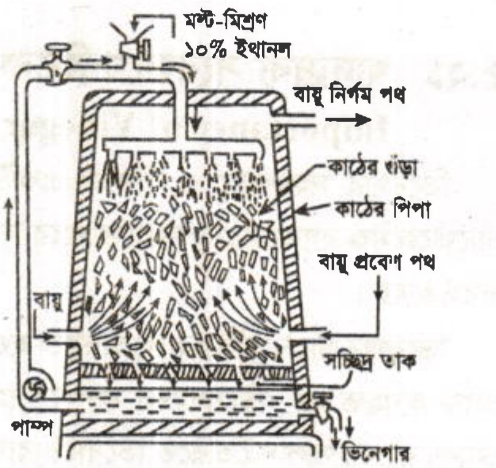
মল্ট মিশ্রণ (10% ইথানল) থেকে মল্ট ভিনেগার প্রস্তুতি :

কাঠের পিপা পদ্ধতি : মল্ট মিশ্রণটিতে 10% ইথানল থাকে। এ মল্ট মিশ্রণের জলীয় দ্রবণকে 'মাইকোডার্মা-অ্যাসিটি' বা 'অ্যাসিটো-ব্যাকটর' নামক ব্যাকটেরিয়ার উপস্থিতিতে উত্তপ্ত বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত করে মল্ট ভিনেগার প্রস্তুত করা যায়। এতে 6–10% অ্যাসিটিক এসিড উৎপন্ন হয়।

$$\underset{\text{ইথানল (10\%)}}{CH_3–CH_2—OH\ (aq)} + O_2\ (g) \xrightarrow[\text{অ্যাসিটি, 35°C}]{\text{মাইকোডার্মা}} \underset{\text{(10\%) অ্যাসিটিক এসিড ভিনেগার}}{CH_3—COOH\ (aq)} + H_2O\ (l)$$

প্রস্তুতির বর্ণনা : এ পদ্ধতিতে ব্যবহৃত কাঠের পিপার ওপর ও নিচের দিকে দুটি ছিদ্রযুক্ত তাক থাকে। ঐ তাক দুটির মাঝখানে নরম বীচ কাঠের গুঁড়া ভর্তি করে 'মাইকোডার্মা-অ্যাসিটি' নামক ব্যাকটেরিয়া যুক্ত লঘু অ্যাসিটিক এসিড দ্বারা ঐ কাঠের গুঁড়াকে ভিজিয়ে রাখা হয়।

পরে ঐ ব্যাকটেরিয়া বৃদ্ধির সহায়ক অ্যামোনিয়াম ফসফেট ও সালফেট লবণ মিশ্রিত 10% ইথানলের জলীয় দ্রবণ পিপার ওপর দিক থেকে কাঠের গুঁড়ার মধ্যে সূক্ষ্ম ধারায় স্প্রে করা হয় এবং 35°C উত্তপ্ত বায়ুকে নিচের দিক থেকে কাঠের গুঁড়ার মধ্যে চালনা করা হয়। তখন ব্যাকটেরিয়ার প্রভাবে ইথানল বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে 6–10% অ্যাসিটিক এসিডের জলীয় দ্রবণ উৎপন্ন হয় এবং পিপার তলদেশের নির্গম পথ দিয়ে তা সংগ্রহ করা হয়। এটিই হলো মল্ট ভিনেগার।



চিত্র-৫.৩৪ : কাঠের পিপা পদ্ধতিতে মল্ট ভিনেগার প্রস্তুতি

> **জেনে নাও : মল্ট ও অ্যাসিটো-ব্যাকটর কী?** বার্লির দানাকে পানিতে 15°C-এ অন্ধকারে খোলা অবস্থায় রেখে দিলে বার্লির দানা অঙ্কুরিত হয়। এ অঙ্কুরিত বার্লির দানাকে শুকিয়ে গুঁড়া করা হয়। একে **মল্ট গুঁড়া** বলে। মল্ট গুঁড়াকে অ্যালকোহলের সংস্পর্শে রাখলে অ্যাসিটো-ব্যাকটর বা মাইকোডার্মা-অ্যাসিটি নামক ব্যাকটেরিয়া জন্মে ও বৃদ্ধি পায়; যা ইথানলকে বায়ুর O_2 দ্বারা জারিত হতে সাহায্য করে।

৫.২০ ভিনেগারের খাদ্যদ্রব্য সংরক্ষণ কৌশল

Food Preservative Mechanism of Vinegar

ভিনেগার : অ্যাসিটিক এসিড CH_3COOH এর 6 – 10% জলীয় দ্রবণ হলো **ভিনেগার**। এর pH মান (2.2–2.73) থাকে। তাই ভিনেগারের গড় pH 2.5 অম্লীয় মাধ্যমে ব্যাকটেরিয়া জন্মাতে পারে না। অ্যাসিটিক এসিডের জীবাণু ধ্বংসকরণ

প্রক্রিয়া এ অম্লীয় পরিবেশের ওপর নির্ভর করে। তাই প্রিজারভেটিভরূপে মাত্র 3% অ্যাসিটিক এসিড ও 4% অ্যাসিটিক এসিডের লবণের মিশ্রণে মাইক্রো অর্গানিজম মরে যায় অথবা এদের বৃদ্ধি বাধা প্রাপ্ত হয়।

প্রিজারভেটিভরূপে ভিনেগারের ক্রিয়াকৌশল : সকল খাদ্যদ্রব্যকে ব্যাকটেরিয়া নিজেদের খাবার হিসাবে গ্রহণ করে এবং বংশবিস্তার ঘটায়। এর ফলে আমাদের খাদ্যের পচন শুরু হয়। সব ধরনের প্রিজারভেটিভস্ এর কৌশল হলো ক্ষতিকর ব্যাকটেরিয়ার আক্রমণ হতে খাদ্যদ্রব্যকে রক্ষা করা। এক্ষেত্রে সামান্য মৃদু এসিড যেমন ভিনেগার বা অম্লীয় লবণ ব্যবহার করে খাদ্যের pH যত কম রাখা যায় ততই ওই ক্ষতিকর ব্যাকটেরিয়ার বংশবিস্তার হ্রাস করানো যায়। অর্থাৎ সামান্য H^+ এর উপস্থিতিতে ক্ষতিকর ব্যাকটেরিয়া বেঁচে থাকতে পারে না। তাই খাদ্যদ্রব্য সংরক্ষণে প্রিজারভেটিভরূপে ভিনেগারের গুরুত্ব রয়েছে। যেমন, ভিনেগার যা প্রধানত অ্যাসিটিক এসিড; এটি নিম্নভাবে ক্রিয়া করে—

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

$$\text{জীবন্ত ক্ষতিকর ব্যাকটেরিয়া} + H^+ \longrightarrow \text{মৃত/নিষ্ক্রিয় ব্যাকটেরিয়া}$$

ভিনেগারের ব্যবহার : খাদ্যবস্তুকে ব্রাইন বা গাঢ় লবণের পানিতে ডুবিয়ে নিলে খাদ্য থেকে পানি দূর হয়। এরপর ঐ খাদ্যবস্তুকে ভিনেগারে সিক্ত করে নেয়া হয়। এরূপ সমগ্র প্রক্রিয়াকে পিকলিং (Pickling) বলে। সবৃজি যেমন শসা ও মাছ, মাংস ভিনেগারে পিকলিং করে সংরক্ষণ করা যায়। প্রোটিনের এনজামিক অম্লীয় আর্দ্রবিশ্লেষণ ঘটে pH (1.5—3.5) পরিসরে। তাই মাংস রান্নায় ভিনেগার ব্যবহারে মাংসের প্রোটিন ফাইবারে H-বন্ধন সহজে ভেঙ্গে যায় এবং মাংস নরম হয়।

লবণ দ্বারা খাদ্য সংরক্ষণের কৌশল : খাদ্যদ্রব্যকে ব্যাকটেরিয়া মুক্ত রাখাই সকল প্রকার প্রিজারভেটিভস্ এর মূলনীতি। খাদ্যলবণ পানিগ্রাহী পদার্থ; অর্থাৎ লবণ দিয়ে মাছ/মাংস সংরক্ষণ করলে অভিস্রবণ প্রক্রিয়ায় খাদ্যদ্রব্য থেকে পানি লবণে স্থানান্তরিত হয়ে যায়, ফলে ব্যাকটেরিয়ার বেঁচে থাকার মাধ্যমের অনুপস্থিতিতে ব্যাকটেরিয়া খাদ্যদ্রব্যকে নষ্ট করতে পারে না।

৫.২১ খাদ্যদ্রব্য সংরক্ষণে ভিনেগারের গুরুত্ব
Importance of Vinegar as Preservative

ভিনেগার সহজলভ্য ও নির্দোষ একটি প্রিজারভেটিভ। ভিনেগারের গড় pH মান 2.5 হওয়ায় এ অম্লীয় পরিবেশে প্যাথোজেনিক ব্যাকটেরিয়া জন্মাতে পারে না বা এদের বৃদ্ধিতে বাধা পায়। তাই মাছ, মাংস, শাক-সবজি সংরক্ষণে ভিনেগার ব্যবহৃত হয়।

ভিনেগার স্বাদে তৃপ্তিকর অম্লস্বাদযুক্ত হওয়ায় বিভিন্ন ফলের আচার সংরক্ষণে, স্যুপের স্বাদ বৃদ্ধি করতে, মাছ মাংস রান্নার কাজে ব্যবহৃত হয়। ভিনেগারের সংস্পর্শে প্রোটিন অণুতে বিযোজন সহজে ঘটে; তাই মাছ-মাংস রান্নায় ভিনেগার সুফলদায়ক ভূমিকা রাখে। সালাদ তৈরিতে ভিনেগার ব্যবহার করা হয়।

এসিড মাধ্যমে **পিকলিং বা আচার** তৈরিতে ভিনেগারের গুরুত্ব সবচেয়ে বেশি। পেঁয়াজ, রসুন, কাঁচামরিচ, শীতের বিভিন্ন সবজি, মাংস প্রভৃতি ভিনেগারে ডুবিয়ে সংরক্ষণ করা যায়। ভিনেগারসহ খাদ্যবস্তুকে তাপ দিয়ে ফুটিয়ে নিলে বিভিন্ন অণুবীজ বা ব্যাকটেরিয়া মরে যায়। এ অবস্থায় খাদ্য সংরক্ষণ অনেক বেশি কার্যকর ও দীর্ঘকাল থাকা সম্ভব হয়।

চাটনির মতো রেসিমোস নামক বিভিন্ন মিশ্র সবজি থেকে মুখরোচক খাদ্য তৈরি করা যায়। যেমন ফুলকপি, মুলা, শালগম, গাজর, বরবটি, শসা, কাঁচাপেপে, কামরাঙা ইত্যাদি সবজিকে টুকরা করে চিনি, লবণ ও ভিনেগারসহ ফুটিয়ে নিলে রেসিমোস তৈরি হয়। এ মিশ্র সবজিকে বায়ুরোধী করে কাচের বয়েমে ভর্তি করে রাখা হয়। পরবর্তী মৌসুমে তা খাওয়া যায়।

শিক্ষার্থীর কাজ-৫.১০ : ভিনেগারভিত্তিক :

প্রশ্ন-৫.২৩ : (ক) ভিনেগারের খাদ্য সংরক্ষণ কৌশল ব্যাখ্যা করো।
(খ) খাদ্যদ্রব্য সংরক্ষণে প্রিজারভেটিভরূপে ভিনেগারের গুরুত্ব লেখ।

সা ণি-৫.১ : কতিপয় সাধারণ এনজাইমের উৎস ও ক্রিয়ার বস্তু :

এ জাইমের নাম	এনজাইমের প্রধান উৎস	সাবস্ট্রেট (বা যাকে এনজাইম আক্রমণ করে)	উৎপাদ্য যৌগ
(ক) ব র্বহাইড্রেস্ :			
১। সেলুলেস্	১। ছত্রাক, ব্যাক্টেরিয়া, শামুক	১। সেলুলোজ → গ্লুকোজ ও অন্যান্য মনোস্যাকারাইড	
২। অ্যামাইলেস্	২। অঙ্কুরিত বীজ, স্যালিভারি গ্রন্থি, অগ্ন্যাশয়	২। স্টার্চ, ডেক্সট্রিন → মল্টোজ (গ্লুকোজ + গ্লুকোজ)	
*৩। ইনভার্টেস্ (সুক্রেস্)	*৩। ঈস্ট, ক্ষুদ্রান্ত্রীয় রস	৩। সুক্রোজ → গ্লুকোজ + ফ্রুক্টোজ	
৪। ল্যাক্টেস্	৪। ক্ষুদ্রান্ত্রের ঝিল্লি	৪। ল্যাক্টোজ → গ্লুকোজ + গ্যালাক্টোজ	
*৫। ম্যাল্টেস্	*৫। ঈস্ট, মল্ট, ক্ষুদ্রান্ত্রীয় রস	৫। মল্টোজ → গ্লুকোজ + গ্লুকোজ	
*৬। জাইমেস্	*৬। ঈস্ট	৬। (গ্লুকোজ + ফ্রুক্টোজ) → $C_2H_5OH + CO_2$	
৭। ইনুলিনেস্	৭। ছত্রাক, ব্যাকটেরিয়া, শামুক	৭। ইনুলিন → ফ্রুক্টোজ + ফ্রুক্টোজ $[C_{6n}H_{10n+2}O_{5n+1}]$	
(খ) প্রে টিয়েস (P oteases) :			
১। েপ্সিন	১। পাকস্থলীর পরিপাক রস	১। প্রোটিন → ক্ষুদ্রতর পেপটাইড	
২। ট্রি পসিন	২। অগ্ন্যাশয় গ্রন্থি	২। প্রোটিন → অ্যামাইনো এসিডস	
(গ) লি পস্ Lipases) :			
১। লি পেস্	১। অগ্ন্যাশয় (pancreas), উদ্ভিদ কোষ	১। তৈল ও চর্বি (fat) → ফ্যাটি এসিড + গ্লিসারিন	
২। এ স্টারেস্	২। যকৃত (liver), উদ্ভিদ কোষ	২। 1°অ্যালকোহল এস্টার → ফ্যাটি এসিড + অ্যালকোহল	
৩। ে লস্টেরেস	৩। রক্ত, অন্যান্য দেহকোষ	৩। কোলস্টেরল এস্টার → ফ্যাটি এসিড + কোলস্টেরল	
৪। ে সিথিনেস্	৪। বৃক্ক (kidney), মগজ, অন্ত্রের ঝিল্লি	৪। লেসিথিন → ডাইস্যাকারাইড + কোলিন + ফসফেট	
(ঘ) অ ান্য এনজাইম :	১। নিউক্লিয়েস (nucleases)	১। DNA, RNA → নিউক্লিয়োটাইডস্	
	২। DNA পলিমারেস্	২। ডিঅক্সিনিউক্লিয়োটাইড ট্রাইফসফেট → DNA	
	৩। RNA পলিমারেস্	৩। রাইবোনিউক্লিয়োটাইড ট্রাইফসফেট → RNA	

অধ্যায়ের সার-সংক্ষেপ (Recapitulations)

- **টক্সিন (Toxin) :** ক্ষতিকর জীবাণু থেকে নিঃসৃত ফুড পয়জনিং-এর বিষাক্ত উপাদানকে টক্সিন বলে।
- **প্রিজারভেটিভস (Preservatives) :** যেসব রাসায়নিক পদার্থ নির্দিষ্ট মাত্রায় ব্যবহারের ফলে খাদ্যবস্তুতে ছত্রাক ও ব্যাকটেরিয়া জন্মাতে পারে না, খাদ্যবস্তু রক্ষিত থাকে, এদেরকে ফুড প্রিজারভেটিভস বা প্রিজারভেটিভস বলে। যেমন, বেনজয়িক এসিড, সোডিয়াম বেনজোয়েট।
- **বটুলিজম (Botulism) :** খাদ্যবস্তুর ক্যানিং ঠিকমত করা না হলে ঐ খাদ্যবস্তুতে ব্যাকটেরিয়া জন্মে এবং এদের থেকে নিঃসৃত বিষাক্ত উৎসেচক বা টক্সিন খাদ্যবস্তুকে পয়জনিং করে, এ অবস্থাকে বটুলিজম বলে।
- **স্পোর (Spore) :** ব্যাকটেরিয়া কোষগুলো প্রতিকূল পরিবেশে (নিম্ন pH ও উচ্চতাপমাত্রায়) দেহের চারদিকে প্রতিরক্ষা আবরণ সৃষ্টি করে সুপ্ত থাকে, এ অবস্থায় থাকা জীবাণুকে ঐ জীবাণুর স্পোর বলে।

RMDAC

- **জ্যাম-জেলি (Jam, Jelly) :** ফলের খোসা ছাড়ানোর পর ছোটো ছোটো বিচিযুক্ত ফলকে কুচি কুচি করে বা ক্রাসিং করে প্রয়োজনীয় প্রিজারভেটিভসহ সংরক্ষণ করলে জ্যাম তৈরি হয়। আবার ফলের রস অথবা ফলকে সিদ্ধ করে ছেঁকে বিচিমুক্ত তরলকে প্রয়োজনমতো প্রিজারভেটিভসহ সংরক্ষণ করলে জেলি তৈরি হয়।
- **সিরাম (Serum) :** রক্তের জলীয় অংশ। শ্বেতকণিকা, লোহিত কণিকা ও প্লেটলেট পৃথক করার পর অবশিষ্ট জলীয় অংশকে রক্তের সিরাম বলে।
- **কলয়েড (Colloid) :** অসমসত্ত্বীয় মিশ্রণে অদ্রবণীয় পদার্থের কণাগুলোর আকার প্রায় 2–500 nm (10^{-9}–10^{-6} nm) হলে এবং সর্বত্র সমভাবে বিরাজ করলে এরূপ মিশ্রণকে কলয়েড বলে, যেমন দুধ।
- **সাসপেনশন (Suspension) :** অসমসত্ত্বীয় মিশ্রণে অদ্রবণীয় পদার্থের কণাগুলোর আকার 500 nm-এর চেয়ে বড়ো হলে অস্থায়ী কলয়েড সৃষ্টি হয়, এরূপ মিশ্রণকে সাসপেনশন বলে; যেমন– রক্ত।
- **কোয়াগুলেশন (Coagulation) :** কলয়েড বা সাসপেনশন অবস্থায় থাকা অদ্রবণীয় কঠিন পদার্থের কণাগুলোকে আলোড়ক মেসিন দ্বারা কেন্দ্রমুখী বল প্রয়োগে অথবা রাসায়নিকভাবে **আন্তঃকণা বল** যেমন আয়ন- ডাইপোল বলকে নষ্ট করে পিণ্ডীভূত করার প্রক্রিয়াকে কোয়াগুলেশন বলে।
- **লিপিড (Lipid) :** ট্রাইগ্লিসারাইডস বায়োঅণু যেমন, অয়েল ও চর্বিসমূহ।
- **ফসফোলিপিড (Phospholipid) :** প্রাণিকোষের মেমব্রেনের প্রধান উপাদান; যেমন, লেসিথিন। এর প্রতি অণুতে একটি গ্লিসারিন অণুর সাথে দুটি ফ্যাটি এসিড অণু ও একটি ফসফেট মূলক যুক্ত থাকে।
- **অ্যামাইনো এসিড (Amino acid) :** বায়োঅণু প্রোটিনের একক হলো অ্যামাইনো এসিড। বিশটি প্রধান অ্যামাইনো এসিড থেকে প্রাণিকোষে প্রোটিন সংশ্লেষিত হয়। এদের সাধারণ সংকেত হলো $R-CH(NH_2)COOH$; এক্ষেত্রে R-এর মান ভিন্ন হয়।
- **অসমসিস (Osmosis) :** অর্ধভেদ্যপর্দা (semipermeable membrane) দ্বারা আলাদা রাখা দুটি ভিন্ন ঘনমাত্রার দ্রবণের বেলায়, লঘু দ্রবণ থেকে দ্রাবক গাঢ় দ্রবণে প্রবেশ করার প্রক্রিয়াকে অসমসিস বলে। এ প্রক্রিয়ায় উভয় দ্রবণের ঘনমাত্রা সমান হয়।
- **হাইড্রোসল (Hydrosol) :** পানির মাধ্যমে তৈলের যেমন উদ্ভিদের বাকল বা ফুলের পাপড়ির মধ্যস্থ এস্টার মিশ্রিত থেকে কলয়েড তৈরি হলে, তাকে হাইড্রোসল বলা হয়। যেমন, গোলাপজল।
- **হাইড্রোফিলিক (Hydrophilic) :** যেসব পোলার বা অ্যানায়নিক যৌগ পানি অণুকে আকর্ষণ করে পানিতে দ্রবণীয় হয় এদেরকে হাইড্রোফিলিক বলে। যেমন, পানিতে সাবান ও ডিটারজেন্টের অ্যানায়ন।
- **হাইড্রোফোবিক (Hydrophobic) :** অপোলার হাইড্রোকার্বন বা যৌগাংশ যা পানিতে আকৃষ্ট হয় না, এদেরকে হাইড্রোফোবিক বলে। যেমন, সাবান বা ডিটারজেন্টের হাইড্রোকার্বনের দীর্ঘ শিকল।
- **লিপোফিলিক (Lipophilic) :** 'লিপো' শব্দের অর্থ হলো চর্বি। অপোলার দীর্ঘকার্বন শিকল চর্বি বা তেলে দ্রবণীয়, এ অংশকে লিপোফিলিক অংশ বলে।
- **অ্যাসিটো-ব্যাক্টর (Aceto-bactor) :** অক্ষতিকারী ব্যাকটেরিয়াসমূহের অন্যতম হলো অ্যাসিটো-ব্যাক্টর। এটি সুক্রোজ ও গ্লুকোজের ফারমেন্টেশনের প্রয়োজনীয় এনজাইম নিঃসৃত করে।
- **পাস্তুরিকরণ (Pasturization) :** খাদ্যবস্তুকে জীবাণুমুক্ত করার জন্য যেসব প্রক্রিয়া রয়েছে, যেমন, 70°–80°C তাপমাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করা ইত্যাদিকে খাদ্য পাস্তুরিকরণ বলা হয়।

MCQ-এর উত্তরমালা :

5.1 (ঘ), 5.2 (ক), 5.3 (ঘ), 5.4 (ঘ), 5.5 (খ), 5.6 (ক), 5.7 (ঘ), 5.8 (গ), 5.9 (গ), 5.10 (গ), 5.11 (খ), 5.12 (খ), 5.13 (ক), 5.14 (ঘ), 5.15 (ক), 5.16 (ক), 5.17 (খ), 5.18 (ক), 5.19 (গ)।

অনুশীলনী-৫

ক-বিভাগ : জ্ঞানস্তরভিত্তিক প্রশ্নাবলি (একনজরে)

(১) খাদ্য নিরাপত্তা ও রসায়ন :

১। খাদ্য নিরাপত্তা কী? [ঢা. বো. ২০২৩; কু. বো. ২০২৩; দি. বো. ২০২৩, ২০১৭; ব. বো. ২০১৯; য. বো. ২০১৯]
২। খাদ্য গ্রহণের সামর্থ্য কী?
৩। TSP কী?
৪। DAP কী?
৫। ইনসেকটিসাইড কী?
৬। টক্সিন কী?
৭। ফুড-পয়জনিং কী?

(২) প্রিজারভেটিভস্ ও খাদ্য সংরক্ষণ কৌশল :

১। নিরাপদ খাদ্য কী? [কু. বো. ২০২২]
২। ফুড প্রিজারভেটিভস বা খাদ্য সংরক্ষক কী? [চ. বো. ২০২২; য. বো. ২০১৫; রা. বো. ২০১৯; মা. বো. ২০২২]
৩। প্রাকৃতিক খাদ্য সংরক্ষক কী? [সি. বো. ২০২৩; ব. বো. ২০২১]
৪। কিউরিং কী? [রা. বো. ২০১৬; ঢা. বো. ২০১৯]
৫। পিকলিং কী? [সি. বো. ২০২২; য. বো. ২০২২]
৬। অ্যান্টি-মাইক্রোবায়েল কী? [ব. বো. ২০২৩]
৭। সোডিয়াম বেনজোয়েট দ্রবণের pH কত?
৮। সরবেট লবণের দ্রবণের pH কত?
৯। সায়ট্রিক এসিড দ্রবণের pH কত?
১০ অ্যান্টি অক্সিডেন্ট কী? [চ. বো. ২০২৩; রা. বো. ২০২২; য. বো. ২০২২]
১১ BHA এর পুরোনাম ও গাঠনিক সংকেত কী?
১২ BHT এর পুরো নাম ও গাঠনিক সংকেত কী?
১৩ TBHQ এর পুরো নাম ও গাঠনিক সংকেত কী?
১৪ কিলেটিং এজেন্ট কী? [ব. বো. ২০২৩]
১৫ EDTA এর পুরো নাম কী?
১৬ বটুলিজম কী?
১৭। খাদ্যবস্তুর ব্লাঞ্চিং করা কী? [চ. বো. ২০১৫]
১৮ এগজস্টিং বা বায়ুশূন্যকরণ কী? [য. বো. ২০১৬, ২০১৫]
১৯ খাদ্যবস্তুর রিটর্টিং কী?
২০ পানি স্ফুটন বাথ পদ্ধতিতে তাপমাত্রা কত থাকে?
২১। চাপ কৌটাজাতকরণ পদ্ধতিতে রিটর্টিং তাপমাত্রা কত?
২২ ফুড লেকার কী? [ঢা. বো. ২০১৫]

(৩) কলয়েড, সাসপেনশন ও কোয়াগুলেশন

১। কলয়েড কাকে বলে? [চ. বো. ২০১৯; য. বো. ২০১৯; কু. বো. ২০১৬; ব. বো. ২০১৫; রা. বো. ২০১৭]

২। সাসপেনশন কাকে বলে? [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮; ঢা. বো. ২০১৭; য. বো. ২০১৬; সি. বো. ২০১৬; দি. বো. ২০১৬]

৩। কোয়াগুলেশন কাকে বলে? [চ. বো. ২০১৭; ঢা. বো. ২০১৬; দি. বো. ২০১৫]

৪। কোয়াগুলেন্ট কী?

৫। এরোসল কী?

৬। ইমালশন কী? [দি. বো. ২০১৯]

৭। 'সল' বলতে কী বুঝ?

৮। হাইড্রোসল কী?

৯। ব্রাউনীয় গতি কী?

১০। টিন্ডাল প্রভাব কী?

১১। পেপ্‌টাইজেশন কী?

১২। কলয়েড কণার দ্রাবকায়ন কী?

(৪) টয়লেট্রিজ ও পারফিউমারি

১। ট্যালক কী? [কু. বো. ২০১৬]

২। টেলকম পাউডারের মূল রাসায়নিক পদার্থের নাম কী? [য. বো. ২০১৭]

৩। টেলকম পাউডারে অ্যান্টিসেপটিকরূপে কী থাকে?

৪। বেবী পাউডারে অ্যান্টিসেপটিক হিসেবে কী থাকে?

৫। গোলাপজলের সুগন্ধের কারণ কী?

৬। লাসোন কী?

৭। গ্লাস ক্লিনারে কোন্ ক্ষার (বা মূল উপাদান) থাকে? [সি. বো. ২০১৫]

৮। টয়লেট ক্লিনারে কোন্ ক্ষার থাকে?

(৫) ভিনেগার

১। ভিনেগার কী? [ঢা. বো. ২০২২; রা. বো. ২০২৩; কু. বো. ২০২১; চ. বো. ২০২১; অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

২। মল্ট কী? [ঢা. বো. ২০২২]

৩। মল্ট ভিনেগার কী? [ঢা. বো. ২০২৩; চ. বো. ২০২৩; রা. বো. ২০২২; য. বো. ২০২১; ম. বো. ২০২১]

৪। অ্যাসিটো–ব্যাকটর কী?

৫। মাদার মল্ট কী?

খ-বিভাগ : অনুধাবনস্তরভিত্তিক প্রশ্নাবলি (একনজরে)

(১) খাদ্য নিরাপত্তা ও রসায়ন :

১। খাদ্য নিরাপত্তা বলতে কী বুঝ, তা ব্যাখ্যা করো।

২। খাদ্য নিরাপত্তায় রসায়নের ভূমিকা ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০১৭]

৩। খাদ্য সংরক্ষণে বাধাসমূহ ব্যাখ্যা করো।

৪। ফুড–পয়জনিং-এর কারণ ব্যাখ্যা করো।

(২) প্রিজ রভেটিভস ও খাদ্য সংরক্ষণ কৌশল :

১। খ দ্যবস্তু নষ্ট হওয়ার কারণসমূহ ব্যাখ্যা করো।

২। খাদ্যবস্তু সংরক্ষণে কেস-হার্ডেনিং এর ভূমিকা ব্যাখ্যা করো। [য. বো. ২০২২]

৩। (ক) খাদ্যবস্তু সংরক্ষণে লবণের ভূমিকা ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০২৩; চ. বো. ২০২৩; ব. বো. ২০২৩]

(খ) কিউরিং পদ্ধতিতে কীভাবে খাদ্য সংরক্ষণ করা যায়—ব্যাখ্যা করো। [য. বো. ২০২৩]

৪। চিনি একটি প্রাকৃতিক খাদ্য সংরক্ষক; ব্যাখ্যা করো। [চ. বো. ২০২২]

৫। আন্তর্জাতিকভাবে অনুমোদিত তিন শ্রেণির ফুড প্রিজারভেটিভসের বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা করো।

৬। রাসায়নিক প্রিজারভেটিভসের সাধারণ বৈশিষ্ট্যসমূহ ব্যাখ্যা করো।

৭। প্রিজারভেটিভস খাদ্যবস্তুকে সংরক্ষণ করে কীভাবে তা ব্যাখ্যা করো। [দি. বো. ২০২৩; রা. বো. ২০১৫]

৮। সোডিয়াম বেনজোয়েটের অ্যান্টিব্যাকটেরিয়াল কার্যকারিতা ব্যাখ্যা করো।

৯। সরবেট লবণের অ্যান্টিব্যাকটেরিয়াল কার্যকারিতা ব্যাখ্যা করো।

১০। (ক) প্রিজারভেটিভস্ হিসেবে সালফাইট লবণের কার্যকারিতা ব্যাখ্যা করো।

(খ) প্রিজারভেটিভস্ হিসেবে SO_2 এর কার্যকারিতা ব্যাখ্যা করো। [মা. বো. ২০২৩]

১১। (ক) অ্যান্টি-অক্সিডেন্ট কীরূপে খাদ্যের পচন রোধ করে, তা ব্যাখ্যা করো। [ব. বো. ২০২৩]

(খ) BHA কীরূপে খাদ্যবস্তুর জারণ বাধাগ্রস্ত করে; ব্যাখ্যা করো। [রা. বো. ২০২৩; সি. বো. ২০২৩]

১২। খাদ্য সংরক্ষণে কিলেটিং এজেন্টের ভূমিকা ব্যাখ্যা করো।

১৩। কৌটাজাতকরণের মূলনীতি কী?

১৪। পানি স্ফুটন বাথ পদ্ধতি ও প্রেসার ক্যানিং পদ্ধতির মধ্যে তুলনা করো।

১৫। রিটর্টিং-এর প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা করো।

১৬। ক্যানিং ক্ষেত্রে বটুলিজমের কারণ ব্যাখ্যা করো।

১৭। খাদ্য সংরক্ষণের ক্ষেত্রে খাদ্যকে বায়ু মুক্ত রাখতে হয়; ব্যাখ্যা করো। [কু. বো. ২০২২]

(৩) দুধ কলয়েড, সাসপেনশন ও কোয়াগুলেশন :

১। কলয়েড ও সাস্পেনশনের মধ্যে পার্থক্য কী?

২। কলয়েডের সুস্থিতির কারণ ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০১৭]

৩। কোয়াগুলেশন বলতে কী বোঝায়, তা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা করো। [য. বো. ২০১৫]

৪। সাসপেনশন ও কোয়াগুলেশনের মধ্যে পার্থক্য কী?

৫। দুধ একটি ইমালশন;—এ উক্তির ব্যাখ্যা করো। [রা. বো. ২০১৬; ব. বো. ২০১৯]

৬। রক্ত একটি সাসপেনশন;—উক্তির ব্যাখ্যা করো।

৭। মাখনকে পানিমুক্ত করা প্রয়োজন কেন? [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

(৪) টয়লেট্রিজ ও পারফিউমারি :

১। টেলকম পাউডার-এর মূল উপাদানগুলোর নাম ও শতকরা সংযুক্তি লেখ।

২। সাধারণ টেলকম পাউডার ও বেবী পাউডারের মধ্যে পার্থক্য কী?

৩। স্নো বা ভ্যানিশিং ক্রিমের মূল উপাদানগুলোর নাম ও শতকরা সংযুক্তি লেখ। [ব. বো. ২০১৫]

৪। শীতকালে কোল্ড ক্রিম ব্যবহার করা হয় কেন? [কু. বো. ২০১৬]

৫। ভ্যানিশিং ক্রিম ও কোল্ড ক্রিমের মধ্যে পার্থক্য কী?

৬। টয়লেট ক্লিনারের ময়লা পরিষ্কার করার কৌশল ব্যাখ্যা করো।

৭। টয়লেট ক্লিনারে কস্টিক সোডা এবং গ্লাস ক্লিনারে অ্যামোনিয়া দ্রবণ ব্যবহৃত হয়, এর কারণ ব্যাখ্যা করো।

৮। টয়লেট ক্লিনারে কস্টিক সোডা ব্যবহৃত হয়; এর কারণ সংশ্লিষ্ট সমীকরণসহ ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০১৯]

৯। গ্লাস ক্লিনারে লিকার অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়; এর কারণ ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০১৯; রা. বো. ২০১৬; ব. বো. ২০১৬; চ. বো. ২০১৯]

১০। গ্লাস ক্লিনারে কস্টিক সোডা ব্যবহৃত হয় না কেন? [ঢা. বো. ২০১৬; কু. বো. ২০১৯]

(৫) ভিনেগার :

১। ভিনেগারের খাদ্যদ্রব্য সংরক্ষণ কৌশল ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০২৩; চ. বো. ২০২৩; কু. বো. ২০২৩; রা. বো. ২০২৩; ম. বো. ২০২৩; মা. বো. ২০২৩]

বা, ভিনেগার কীরূপে ব্যাকটেরিয়ার আক্রমণ থেকে খাদ্যবস্তুকে রক্ষা করে? [দি. বো. ২০১৯]

২। খাদ্যদ্রব্য সংরক্ষণে ভিনেগারের কোনো ভূমিকা আছে কী-না বা, গুরুত্ব ব্যাখ্যা করো। [ঢা. বো. ২০২২; দি. বো. ২০২৩; য. বো. ২০২২; কু. বো. ২০২২]

গ-বিভাগ : বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

❑ সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন :

১। খাদ্যদ্রব্য পচনে অন্যতম সহায়ক কোনটি? [চ. বো. ২০১৫]
(ক) SO_2 (খ) N_2O (গ) NO_2 (ঘ) O_2

২। কোনটি প্রাকৃতিক খাদ্য সংরক্ষক? [ঢা. বো. ২০১৭; দি. বো. ২০১৫]
(ক) ফরমালিন (খ) সালফার ডাইঅক্সাইড (গ) সোডিয়াম নাইট্রেট (ঘ) সোডিয়াম ক্লোরাইড

৩। নিরাপদ কৃত্রিম খাদ্য সংরক্ষক হিসেবে পরিচিত কোনটি? [রা. বো. ২০১৫]
(ক) সোডিয়াম বেনজোয়েট (খ) সোডিয়াম নাইট্রাইট (গ) ক্যালসিয়াম প্রোপানয়েট (ঘ) ক্যালসিয়াম কার্বাইড

৪। কৃত্রিম খাদ্য প্রিজারভেটিভস কোনটি? [ব. বো. ২০১৬]
(ক) NaCl (খ) $C_{12}H_{22}O_{11}$ (গ) HCHO এর 40% দ্রবণ (ঘ) C_6H_5COOH

৫। নিচের কোনটি অ্যান্টিমাইক্রোবিয়াল প্রিজারভেটিভ নয়? [য. বো. ২০১৫]
(ক) সোডিয়াম বাইসালফাইট (খ) পটাসিয়াম বাইসালফাইট (গ) সোডিয়াম নাইট্রাইট (ঘ) ফরমালিন

৬। প্রিজারভেটিভরূপে ব্যবহৃত সাইট্রিক এসিডের pH মান কত থাকে?
(ক) pH 4.74 (খ) pH 4.50 (গ) pH 3.14 (ঘ) pH 3.01

৭। খাদ্য সংরক্ষণে ব্যবহৃত অ্যান্টিঅক্সিডেন্ট কোনটি? [ঢা. বো. ২০১৬; ব. বো. ২০১৫]
(ক) EDTA (খ) $C_6H_{12}O_6$ (গ) CH_3COOH (ঘ) BHT

৮। কৃত্রিম অ্যান্টিঅক্সিডেন্ট কোনটি? [ঢা. বো. ২০১৬]
(ক) ভিটামিন-C (খ) NaCl (গ) সুগার (ঘ) প্রোপাইল গ্যালেট

৯। BHA-এর পূর্ণরূপ কী? [দি. বো. ২০১৫]
(ক) Butylated hydroxy anisole (খ) Butalated hydroxy acetate
(গ) Butahydrated hydroxy anisol (ঘ) Butahydrated hydroxy amine

১০। তল ও চর্বিযুক্ত খাদ্যকে সংরক্ষণে কোনটি ব্যবহৃত হয়? [মাদ্রাসা বো. ২০১৭]
(ক) BHA (খ) BTA (গ) EDTA (ঘ) BAH

১১। বজি সংরক্ষণের জন্য নিচের কোনটিতে সবজিকে ডুবিয়ে রাখা হয়? [ব. বো. ২০১৭]
(ক) চিনির দ্রবণ (খ) লবণের দ্রবণ (গ) ফরমালিন (ঘ) তৈল

১২। াম কৌটাজাতকরণে কোন যৌগটি ব্যবহৃত হয়? [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮; ঢা. বো. ২০১৫]
(ক) ইথানল (খ) সায়ট্রিক এসিড (গ) ফরমালিন (ঘ) এসকরবিক এসিড

১৩। িম্নের কোন এসিডটি আম ও কাঁঠাল কৌটাজাতকরণে ব্যবহৃত হয়? [য. বো. ২০১৫; ব. বো. ২০১৬]
(ক) সায়ট্রিক এসিড (খ) সিসটিন (গ) এসকরবিক এসিড (ঘ) কার্বনিক এসিড

১৪। সে সংরক্ষণে নিচের কোন প্রিজারভেটিভ ব্যবহার করা হয়? [ঢা. বো. ২০১৫]
(ক) ভিনেগার (খ) পটাসিয়াম মেটাবাইসালফাইট (গ) SO_2 (ঘ) সোডিয়াম বেনজোয়েট

১৫। ছ, মাংস সংরক্ষণে ব্যবহৃত প্রিজারভেটিভ কোনটি? [সি. বো. ২০১৭; কু. বো. ২০১৯]
(ক) সোডিয়াম বেনজোয়েট (খ) সোডিয়াম নাইট্রাইট (গ) সরবিক এসিড (ঘ) প্রোপানোয়িক এসিড

১৬। ধ হচ্ছে—নিচের কোনটি? [য. বো. ২০১৬]
(ক) জেল (খ) ইমালশন (গ) সাসপেনশন (ঘ) সল

১৭। কান্ প্রাণীর দুধে শক্তি (ক্যালরি) বেশি থাকে? [চ. বো. ২০১৬; ব. বো. ২০১৬; ঢা. বো. ২০১৫]
(ক) গাভী (খ) মহিষ (গ) ছাগল (ঘ) ভেড়া

১৮। ধের প্রধান প্রোটিন কোনটি? [য. বো. ২০১৫]
(ক) ক্যারোটিন (খ) লিপিড (গ) ক্যাসিন (ঘ) ল্যাকটাবুমিন

১৯। কানটি মানবদেহে প্রোটিনের চাহিদা মেটায়? [চ. বো. ২০১৫]
(ক) ভাত (খ) শাক-সবজি (গ) পানি (ঘ) মাছ

২০। ধে নিচের কোন আয়নসমূহের সেটটি অধিক পরিমাণে থাকে?
(ক) K^+, Ca^{2+}, Cl^- (খ) $Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{3+}$ (গ) K^+, Cu^{2+}, P^{3-} (ঘ) Na^+, K^+, Cl^-

২১। িচের কোন প্রাণীর দুধে প্রোটিনের পরিমাণ সবচেয়ে বেশি থাকে? [ব. বো. ২০১৭]
(ক) মানুষ (খ) গরু (গ) মহিষ (ঘ) ভেড়ী

২২। িচের কোন প্রাণীর দুধে চর্বির পরিমাণ সবচেয়ে বেশি থাকে?
(ক) গরু (খ) মহিষ (গ) ছাগল (ঘ) মানুষ

২৩। িচের কোন প্রাণীর দুধে ল্যাকটোজ চিনির পরিমাণ সবচেয়ে বেশি থাকে?
(ক) মানুষ (খ) মহিষ (গ) গরু (ঘ) ছাগল

২৪। ধে কোন ডাইস্যাকারাইড থাকে? [চ. বো. ২০১৭]
(ক) সুক্রোজ (খ) সেলুলোজ (গ) মল্টোজ (ঘ) ল্যাকটোজ

২৫। ংগৃহীত দুধের pH নিয়ন্ত্রণের জন্য নিচের কোনটি মিশানো হয়? [য. বো. ২০১৭; ঢা. বো. ২০১৯]
(ক) $NaHCO_3$ (খ) H_2O_2 (গ) NaCl (ঘ) NH_3

২৬। রল দুধ সংরক্ষণে কোন পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়? [ঢা. বো. ২০১৫]
(ক) হিমায়ন (খ) কৌটাজাতকরণ (গ) পাস্তুরাইজিং (ঘ) ভিনেগার ব্যবহার

২৭। সপেনশনের উদাহরণ কোনটি? [দি. বো. ২০১৫]
(ক) কর্দমাক্ত মাটি (খ) চিনির দ্রবণ (গ) দুধ (ঘ) রক্ত

২৮। পানিতে ময়দার মিশ্রণকে কী বলে? [দি. বো. ২০১৭]
(ক) দ্রবণ (খ) কলয়েড (গ) কোয়াগুলেশন (ঘ) সাসপেনশন

২৯। পেপটাইজেশন পদ্ধতিতে তৈরি করা যায় কোনটি? [রা. বো. ২০১৫]
(ক) ইমালসন (খ) কলয়েড (গ) সাসপেনশন (ঘ) কোয়াগুলেশন

৩০। সবচেয়ে কার্যকর কোয়াগুলেন্ট নিচের কোনটি? [ঢা. বো. ২০১৬]
(ক) KOH (খ) NaCl (গ) $Mg(NO_3)_2$ (ঘ) $Fe_2(SO_4)_3$

৩১। অন্ত্রের ইমেজিং কাজে ব্যবহৃত $BaSO_4$ মিশ্রণ নিচের কোন শ্রেণিভুক্ত?
(ক) কলয়েড (খ) সাসপেনশন (গ) কোয়াগুলেন্ট (ঘ) অধঃক্ষেপ

৩২। দুধ থেকে ছানা পাওয়ার প্রক্রিয়া হলো কোনটি? [চ. বো. ২০১৯; রা. বো. ২০১৯; সি. বো. ২০১৬]
(ক) আর্দ্র বিশ্লেষণ (খ) ফারমেন্টেশন (গ) কোয়াগুলেশন (ঘ) অক্সিডেশন

৩৩। মাখনকে পানিমুক্ত করা হয় কোন পদ্ধতিতে? [সি. বো. ২০১৫]
(ক) পানি শোষণ করে (খ) মাখনকে চাপ দিয়ে দলিত করে
(গ) মাখনে P_2O_5 যোগ করে (ঘ) মাখনে CaO যোগ করে

৩৪। ট্যালকম পাউডারের মূল উপাদান কোনটি? [কু. বো. ২০১৭]
(ক) ক্যালসিয়াম কার্বনেট (খ) বোরিক এসিড (গ) ট্যালক্ (ঘ) ম্যাগ-কার্বনেট

৩৫। ট্যালকম পাউডারের প্রধান উপাদান কোনটি? [চ. বো. ২০১৭]
(ক) ট্যাল্ক (খ) ZnO (গ) $CaCO_3$ (ঘ) সুগন্ধি দ্রব্য

৩৬। ট্যালকম পাউডার প্রস্তুতির মূল উপাদান হলো কোনটি? [ঢা. বো. ২০১৭; কু. বো. ২০১৫; ব. বো. ২০১৫]
(ক) $3MgO.4SiO_2.H_2O$ (খ) $Na_2B_4O_7.10H_2O$ (গ) $C_3H_8O_3$ (ঘ) $CaCO_3.MgCO_3$

৩৭। কোনটি ট্যালকের সংযুক্তি? [রা. বো. ২০১৭]
(ক) $4MgO.3SiO_2.H_2O$ (খ) $3MgO.4SiO_2.H_2O$
(গ) $3MgO.SiO_2.4H_2O$ (ঘ) $4MgO.2SiO_2.H_2O$

৩৮। বেবী পাউডারে কোনটি অ্যান্টিসেপ্টিক হিসেবে কাজ করে? [ঢা. মে. ২০১৭; সি. বো. ২০১৫]
(ক) জিঙ্ক অক্সাইড (খ) টেলক (গ) ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট (ঘ) বোরিক এসিড

৩৯। ভেনিশিং ক্রিম এর প্রধান উপকরণ কোনটি? [দি. বো. ২০১৭; সি. বো. ২০১৭]
(ক) সরবিটল (খ) পারফিউম (গ) গ্লিসারিন মনোস্টিয়ারেট (ঘ) কস্টিক পটাশ

৪০। কোল্ড ক্রিমে লুব্রিকেটিং এজেন্ট হিসেবে ব্যবহৃত হয় কোনটি? [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮; সি. বো. ২০১৫]
(ক) তরল প্যারাফিন (খ) গ্লিসারিন (গ) প্রোপাইল প্যারাবেন (ঘ) মোম

৪১। লিপস্টিকের মূল উপাদান কোনটি? [চ. বো. ২০১৫]
(ক) মোম (খ) খনিজ তৈল (গ) রঞ্জক পদার্থ (ঘ) ভেসেলিন

৪২। নিচের কোনটি ময়েশ্চারাইজাররূপে আফটার শেভ লোশনে ব্যবহৃত হয়? [কু. বো. ২০১৫; ঢা. বো. ২০১৯]
(ক) গ্লিসারল (খ) ডি-ন্যাচার্ড অ্যালকোহল (গ) প্রোপাইলিন অ্যালকোহল (ঘ) ইথিলিন গ্লাইকল

৪৩। টয়লেট ক্লিনারের প্রধান উপাদান কোনটি? [য. বো. ২০১৭; ব. বো. ২০১৫]
(ক) অ্যামোনিয়া (খ) কস্টিক সোডা (গ) স্পিরিট (ঘ) লবণ

৪৪। টয়লেট ক্লিনারের মূল উপাদান কোনটি? [কু. বো. ২০১৭]
(ক) Na_2CO_3 (খ) NaOH (গ) $(NH_4)_2CO_3$ (ঘ) NH_4OH

৪৫। গ্লাস ক্লিনারের প্রধান ক্লিনিং উপাদান কোনটি? [ঢা. বো. ২০১৬; য. বো. ২০১৬; দি. বো. ২০১৫]
(ক) কস্টিক সোডা (খ) ডিটারজেন্ট (গ) অ্যামোনিয়া দ্রবণ (ঘ) সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট

৪৬। কোনটি গ্লাস ক্লিনারের প্রধান উপাদান? [ঢা. বো. ২০১৭]
(ক) ভিনেগার (খ) অ্যাকুয়া অ্যামোনিয়া (গ) NaOH (ঘ) Na-লরাইল সালফেট

৪৭। গ্লাস ক্লিনারের মূল উপাদান কোনটি? [চ. বো. ২০১৭]
(ক) ইথাইল অ্যালকোহল (খ) অ্যামোনিয়া দ্রবণ
(গ) iso-বিউটাইল অ্যালকোহল (ঘ) iso-প্রোপাইল অ্যালকোহল

৪৮। গ্লাস ক্লিনার ব্যবহৃত রাবিং অ্যালকোহল নিচের কোনটি? [রা. বো. ২০১৭]
(ক) iso-প্রোপাইল অ্যালকোহল (খ) iso-বিউটাইল অ্যালকোহল
(গ) tert-বিউটাইল অ্যালকোহল (ঘ) ইথাইল অ্যালকোহল

৪৯। মেহেদির রং এর কারণ কোন রাসায়নিক দ্রব্য? [সি. বো. ২০১৬; রা. বো. ২০১৫]
(ক) ল্যানোলিন (খ) লাসোন (গ) অলিক এসিড (ঘ) উইন্টাল গ্রিন

৫০। গাঁজন প্রক্রিয়ায় কোন পরিবর্তন সম্পন্ন হয়? [য. বো. ২০১৫]
(ক) গ্লুকোজ থেকে ইথানল (খ) সুক্রোজ থেকে গ্লুকোজ
(গ) ইথানল থেকে অ্যাসিটিক এসিড (ঘ) ইথান্যাল থেকে অ্যাসিটিক এসিড

৫১। ভিনেগারে থাকে কোনটি? [ঢা. বো. ২০১৭; সি. বো. ২০১৬; য. বো. ২০১৫]
(ক) 6—10% CH_3COOH, 94—90% পানি (খ) 6—10% C_2H_5OH, 94—90% পানি
(গ) 6—10% CH_3COCH_3, 94—90% পানি (ঘ) 6—10% CH_3CHO, 94—90% পানি

৫২। ভিনেগার তৈরিতে নিচের কোনটির জলীয় দ্রবণ ব্যবহৃত হয়? [ব. বো. ২০১৭]
(ক) ভিনাইল অ্যাসিটেট (খ) অ্যাসিটিক এসিড (গ) মিথান্যাল (গ) ভিনাইল ক্লোরাইড

৫৩। মল্ট ভিনেগার প্রস্তুতিতে সুক্রোজের আর্দ্রবিশ্লেষণে কোন এনজাইম ব্যবহৃত হয়? [দি. বো. ২০১৭]
(ক) ডায়াস্টেজ (খ) জাইমেজ (গ) ম্যাল্টেজ (ঘ) ইনভার্টেজ

৫৪। ফরমালিনে কী পরিমাণ মিথান্যাল থাকে? [রা. বো. ২০১৭]
(ক) 52% (খ) 40% (গ) 20% (ঘ) 8%

* বিভিন্ন বিশ্ববিদ্যালয় ও মেডিকেলে ভর্তি পরীক্ষায় MCQ's :

৫৫। কোনটি ন্যাচারাল ফুড প্রিজারভেটিভ? [খু. বি. ২০১৬]
(ক) সল্ট (খ) অ্যালকোহল (গ) ভিনেগার (ঘ) ফরমালিন

৫৬। কোনটি প্রাকৃতিক প্রিজারভেটিভ নয়? [জা. বি. ২০১৬]
(ক) সরিষার তেল (খ) চিনির দ্রবণ (গ) অ্যাসিটিক অ্যাসিড (ঘ) কোনোটিই নয়

৫৭। কোনটি কৃত্রিম প্রিজারভেটিভ? [জা. বি. ২০১৬]
(ক) সোডিয়াম বেনজোয়েট (খ) সরিষার তেল (গ) চিনির দ্রবণ (ঘ) কোনোটিই নয়

৫৮। ফুড প্রিজারভেটিভ এ ব্যবহৃত সায়ট্রিক এসিডের pH কত? [মেডিকেল ২০১৬]
(ক) pH 4.74 (খ) pH 4.50 (গ) pH 3.14 (ঘ) pH 3.01

৫৯। কাঁঠাল কৌটাজাত করতে ব্যবহার করা হয় কোনটি? [খু. বি. ২০১৬]
(ক) অ্যাসিটিক এসিড (খ) সায়ট্রিক এসিড (গ) ইথানল (ঘ) এসকরবিক এসিড

৬০। গাভীর দুধে কত % পানি থাকে? [জা. বি. ২০১৬]
(ক) 78.2 (খ) 80.2 (গ) 87.2 (ঘ) 90.2

৬১। দুধে কোন ডাইস্যাকারাইড থাকে? [চ. বি. ২০১৬; রা. বি. ২০১৬]
(ক) সুক্রোজ (খ) ল্যাকটোজ (গ) মল্টোজ (ঘ) সেলুলোজ

৬২। কোনটি দুধের মিষ্টতা বাড়ায়? [চ. বো. ২০১৯; ই. বি. ২০১৬]
(ক) সায়ট্রেট (খ) খনিজ লবণ (গ) প্রোটিন (ঘ) ল্যাকটোজ

৬৩। গাভীর দুধে খাদ্য ক্যালরি (kcal/100 g) কত (w/v%)? [চ. বো. ২০১৯; জা. বি. ২০১৬]
(ক) 72 (খ) 66 (গ) 70 (ঘ) 102

৬৪। আমাদের খাদ্যের কোন উপাদান দেহে কর্মশক্তি দিয়ে থাকে? [রা. বি. ২০১৬]
(ক) আমিষ (খ) শর্করা (গ) খাদ্যপ্রাণ (ঘ) স্নেহ পদার্থ

৬৫। কোন শর্করাটি মানবদেহে পরিপাকের কাজে এবং শক্তি উৎপাদনে সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত হয়? [ঢা. বি. ২০১৬]
(ক) Fructose (খ) Glucose (গ) Ribose (ঘ) Galactose

৬৬। টেলকম পাউডারের প্রধান উপাদান হলো কোনটি? [ই. বি. ২০১৬]
(ক) টেলক (খ) ZnO (গ) $MgCO_3$ (ঘ) সুগন্ধি দ্রব্য

৬৭। নেইল পলিশ এর দ্রাবক কোনটি? [জা. বি. ২০১৬]
(ক) ইথানোয়িক এসিড (খ) ইথাইল ইথানোয়েট (গ) ইথাইল অ্যালকোহল (ঘ) কার্বোক্সিলিক এসিড

৬৮। মেহেদি পাতার নির্যাসে কোন যৌগটির প্রাধান্য থাকে? [রা. বি. ২০১৬]
(ক) 2-হাইড্রোক্সি বেনজো কুইনোন (খ) বেনজো কুইনোন
(গ) 2-হাইড্রোক্সি 1, 4-ন্যাপথা কুইনোন (ঘ) ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড

৬৯। গাঁজন পদ্ধতিতে ইথানল উৎপাদনে কোনটি ব্যবহার করা হয়? [জা. বি. ২০১৬]
(ক) শ্বেতসার (খ) চিটাগুড় (গ) সেলুলোজ (ঘ) জাইমেজ

৭০। ভিনেগার সম্পর্কে নিচের কোনটি সত্য নয়? [চ. বি. ২০১৬]
(ক) ইথানোয়িক এসিডের 6–10% জলীয় দ্রবণ (খ) খাবারের প্রক্রিয়াজাতকরণের পর বাষ্পায়িত হয় না
(গ) খাবার ও দেহের pH এর সমতা বজায় রাখে (ঘ) কৃত্রিম বা রাসায়নিক ফুড প্রিজারভেটিভ

৭১। নিচের কোনটি প্রিজারভেটিভরূপে ব্যবহৃত হয়? [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]
(ক) Na_2SO_4 (খ) $NaNO_3$ (গ) CH_3COONa (ঘ) C_6H_5COONa

৭২। শতকরা হিসাবে দুধের প্রধান উপাদান কোনটি? [য. বো. ২০১৯]
(ক) চর্বি (খ) আমিষ (গ) শর্করা (ঘ) পানি

৭৩। কোন্ আয়নের স্বল্প পরিমাণ কোয়াগুলেশন দ্রুত করে? [য. বো. ২০১৯]
(ক) Na^+ (খ) Mg^{2+} (গ) Ba^{2+} (ঘ) Al^{3+}

৭৪। কোনটি অ্যান্টিঅক্সিডেন্ট? [দি. বো. ২০১৯]
(ক) সোডিয়াম বেনজোয়েট (খ) সায়ট্রিক এসিড (গ) বিউটাইলেটেড হাইড্রক্সিএনিসল (ঘ) সোডিয়াম নাইট্রাইট

❑ বহুপদি সমাপ্তিসূচক প্রশ্ন :

৮১। অনুমোদিত কৃত্রিম অ্যান্টিঅক্সিডেন্ট হলো—
i. BHA ii. BHT iii. TBHQ
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৮২। প্রিজারভেটিভ হিসেবে ব্যবহৃত হয়— [চ. বো. ২০১৭]

i. CH_3COOH ii. BHA ও BHT iii. CH_3OH

নিচের কোনটি সঠিক?

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

৮৩। সরবিক এসিড হলো— [রা. বো. ২০১৭]

i. অ্যান্টিমাইক্রোবিয়াল প্রিজারভেটিভ ii. 2, 4-হেক্সাডাই-ইন-ওয়িক এসিড iii. অ্যান্টিঅক্সিডেন্ট

নিচের কোনটি সঠিক?

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

৮৪। মাংস কৌটাজাতকরণে ব্যবহৃত দ্রবণ হলো— [সি. বো. ২০১৭]

i. 2% খাদ্য লবণ ii. 10% খাদ্য লবণ iii. 2% চিনির দ্রবণ

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i (খ) ii (গ) i ও iii (ঘ) ii ও iii

৮৫। খাদ্যদ্রব্য কৌটাজাতকরণের ব্লাঞ্চিং পর্যায়ে— [ব. বো. ২০১৬]

i. ফুটন্ত পানিতে বা বাষ্পে খাদ্যদ্রব্যকে 5–10 মিনিট উত্তপ্ত করা হয়

ii. লবণের দ্রবণে খাদ্যদ্রব্যকে 5–10 মিনিট ডুবিয়ে রাখা হয়

iii. খাদ্যদ্রব্যের মধ্যে বিদ্যমান এনজাইম সম্পূর্ণরূপে ধ্বংস প্রাপ্ত হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

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

৮৬। ভিনেগারের প্রিজারভেটিভ বৈশিষ্ট্যের মধ্যে তিনটি হলো নিম্নরূপ—

i. ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধিতে প্রতিকূল পরিবেশ সৃষ্টিতে pH 4.74 এর ভূমিকা

ii. পিকলিং প্রক্রিয়ায় সবৃজি সংরক্ষণ সম্ভব iii. প্রোটিনের বিযোজন সহজ করে

নিচের কোনটি সঠিক?

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

৮৭। কলয়েড দ্রবণে কোয়াগুলেশন হয়, যখন— [কু. বো. ২০১৫]

i. তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের সংস্পর্শে ii. কলয়েড কণার চার্জ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য কণার চার্জ দ্বারা প্রশমিত হয়

iii. কলয়েড কণা চার্জ ঘনিষ্ঠ হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

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

৮৮। টেলকম পাউডার প্রস্তুতিতে মূল উপাদান হলো—

i. হাইড্রেটেড ম্যাগনেসিয়াম সিলিকেট ii. জিঙ্ক স্টিয়ারেট iii. গ্লিসারিন

নিচের কোনটি সঠিক?

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

৮৯। টয়লেট ক্লিনারের যে উপাদান জীবাণুনাশক— [সি. বো. ২০১৫]

i. ফেনল ii. ক্যালসিয়াম হাইপোক্লোরাইট iii. খাদ্য লবণ

নিচের কোনটি সঠিক?

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

৯০। গ্লাস ক্লিনার ও টয়লেট ক্লিনারে ব্যবহৃত ক্ষার দ্রবণ দুটির বেলায় প্রযোজ্য তথ্য হলো :

i. অ্যামোনিয়া গ্লাসের সিলিকার সাথে বিক্রিয়া করে না ii. কস্টিক সোডা গ্লাসের সিলিকার সাথে বিক্রিয়া করে

iii. টয়লেটের পোর্সেলিন গ্লেজযুক্ত হওয়ায় NaOH বিক্রিয়া করে না

নিচের কোনটি সঠিক?

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

৯১। ভিনেগার প্রস্তুতিতে ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি সহায়ক হিসেবে ব্যবহৃত— [ব. বো. ২০১৬; সি. বো. ২০১৫]

i. $(NH_4)_2SO_4$ ii. $(NH_4)_2CO_3$ iii. $(NH_4)_3PO_4$

নিচের কোনটি সঠিক?

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

৯২। অধিক ফরমালিন উপাদানটি শরীরে প্রবেশ করলে—

i. কিডনি নষ্ট হতে পারে ii. ক্যান্সার হতে পারে iii. চোখ অন্ধ হতে পারে

নিচের কোনটি সঠিক?

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

৯৩। খাদ্যদ্রব্য পচনের কারণ— [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

i. চর্বির উপস্থিতি ii. খাদ্যের জারণ iii. অ্যান্টি অক্সিডেন্টের অভাব

নিচের কোনটি সঠিক?

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

৯৪। রসগোল্লা চিনির সিরাপে সংরক্ষণ করার কারণ— [রা. বো. ২০১৯]

i. পানির সাথে চিনি বন্ধন গঠন করে ii. অণুজীবের দেহ হতে পানি শোষণ করে iii. সরাসরি অণুবীজকে ধ্বংস করে

নিচের কোনটি সঠিক?

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

৯৫। গ্লাস পরিষ্কারকের উপাদান— [কু. বো. ২০১৯]

i. NH_3 এর জলীয় দ্রবণ ii. iso-প্রোপাইল অ্যালকোহল iii. সোডিয়াম লরাইল সালফেট

নিচের কোনটি সঠিক?

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

৯৬। সাসপেনশনে দ্রবের কণাগুলো— [দি. বো. ২০১৯]

i. 10–5 cm থেকে বড়ো হয় ii. ফিল্টার পেপার দিয়ে যেতে পারে iii. খালি চোখে দেখা যায়

নিচের কোনটি সঠিক?

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

❑ অভিন্ন তথ্যভিত্তিক প্রশ্ন ;

* অনুমোদিত প্রিজারভেটিভস A হলো দুই কার্বনবিশিষ্ট তরল যৌগ এবং B যৌগ হলো সাত কার্বনবিশিষ্ট কঠিন যৌগ। এ দুটি প্রিজারভেটিভ সংশ্লিষ্ট নিচের ২টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

১১১। প্রিজারভেটিভ A এর বৈশিষ্ট্য হলো—

i. পিকলিং কাজে ব্যবহৃত হয় ii. এর pH এর মান 4.74 iii. এর উৎস হলো পাকা জলপাই, দারুচিনি

নিচের কোনটি সঠিক?

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

১১২। প্রিজারভেটিভ B-এর বৈশিষ্ট্য হলো—

i. এর অ্যান্টিব্যাকটেরিয়াল কার্যকারিতা pH 4.5 এর নিচে হয় ii. এর pH 4.9

iii. চানাচুর, আলুর চিপ, বিভিন্ন পানীয় তৈরিতে ব্যবহৃত হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

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

* উদ্দীপকটি লক্ষ্য করো এবং নিচের ২টি প্রশ্নের উত্তর দাও : [ঢা. বো. ২০১৫]

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow[30^{\circ}C]{\text{ইনভার্টেজ}} \boxed{A + B} \xrightarrow{\text{জাইমেজ}} \boxed{L + M} \xrightarrow{\text{জারণ}} E + H_2O$$

১১৩। 'L' কোন ধরনের যৌগ?

(ক) গ্লুকোজ (খ) অ্যালকোহল (গ) অ্যালডিহাইড (ঘ) এসিড

১১৪। 'E' এর দ্রবণ ব্যবহৃত হয়—

i. খাদ্য সংরক্ষক ii. গ্লাস ক্লিনার iii. টয়লেট ক্লিনার

নিচের কোনটি সঠিক?

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

বিভিন্ন শ্রেণির বহুনির্বাচনি প্রশ্নের (MCQ's) উত্তরমালা

- **সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন :** ১। (ঘ), ২। (ঘ), ৩। (ক), ৪। (ঘ), ৫। (ঘ), ৬। (গ), ৭। (ঘ), ৮। (ঘ), ৯। (ক), ১০। (ক), ১১। (খ), ১২। (খ), ১৩। (ক), ১৪। (ঘ), ১৫। (খ), ১৬। (ঘ), ১৭। (খ), ১৮। (গ), ১৯। (ঘ), ২০। (ক), ২১। (ঘ), ২২। (খ), ২৩। (ক), ২৪। (ঘ), ২৫। (ক), ২৬। (গ), ২৭। (ঘ), ২৮। (ঘ), ২৯। (খ), ৩০। (ঘ), ৩১। (খ), ৩২। (গ), ৩৩। (খ), ৩৪। (গ), ৩৫। (ক), ৩৬। (ক), ৩৭। (খ), ৩৮। (ঘ), ৩৯। (গ), ৪০। (ক), ৪১। (ক), ৪২। (ক), ৪৩। (খ), ৪৪। (খ), ৪৫। (গ), ৪৬। (খ), ৪৭। (খ), ৪৮। (ক), ৪৯। (খ), ৫০। (ক), ৫১। (ক), ৫২। (খ), ৫৩। (ঘ), ৫৪। (খ), ৫৫। (ক), ৫৬। (গ), ৫৭। (ক), ৫৮। (গ), ৫৯। (খ), ৬০। (গ), ৬১। (খ), ৬২। (ঘ), ৬৩। (গ), ৬৪। (খ), ৬৫। (খ), ৬৬। (ক), ৬৭। (গ), ৬৮। (গ), ৬৯। (ক), ৭০। (খ), ৭১। (ঘ), ৭২। (ঘ), ৭৩। (ঘ), ৭৪। (গ)।
- **বহুপদি সমাপ্তিসূচক প্রশ্ন :** ৮১। (ঘ), ৮২। (ক), ৮৩। (ক), ৮৪। (গ), ৮৫। (খ), ৮৬। (ঘ), ৮৭। (ঘ), ৮৮। (ক), ৮৯। (ক), ৯০। (ঘ), ৯১। (খ), ৯২। (ঘ), ৯৩। (ঘ), ৯৪। (খ), ৯৫। (ঘ), ৯৬। (গ)।
- **অভিন্ন তথ্যভিত্তিক প্রশ্ন :** ১১১। (ক), ১১২। (গ), ১১৩। (খ), ১১৪। (ক)।

ঘ-বিভাগ : সৃজনশীল প্রশ্ন (CQ)

১। নিচের উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [রা. বো. ২০১৭]

A	B	C
ফলমূল শাক-সবজি	কৃত্রিম প্রিজারভেটিভ দ্বারা সংরক্ষিত খাদ্য	প্রাকৃতিক প্রিজারভেটিভ দ্বারা সংরক্ষিত খাদ্য

(ক) কলয়েড কী?

(খ) R_f এর মান 1 এর চেয়ে কম কেন?

(গ) "A" এর কৌটাজাতকরণ প্রক্রিয়া বর্ণনা করো।

(ঘ) B এবং C খাদ্যের মধ্যে কোনটি স্বাস্থ্যের জন্য অধিক নিরাপদ—ব্যাখ্যা করো। ৪

২। আম সংরক্ষণের জন্য একজন ফল ব্যবসায়ী নিম্নরূপ প্রক্রিয়া অনুসরণ করলো : [চ. বো. ২০১৫]

পাকা আমের পরিষ্কার টুকরা (১নং ধাপ) → প্লাস্টিকের কৌটায় ভর্তিকরণ (২নং ধাপ) → সিরাপ ও একটি রাসায়নিক (A) যোগকরণ (৩নং ধাপ) → কৌটা সিলকরণ

(ক) এনজাইম কী? ১

(খ) Cr(24) এর ইলেকট্রন বিন্যাস সাধারণ নিয়মের ব্যতিক্রম কেন? ২

(গ) ৩নং ধাপে ব্যবহৃত A কে কী বলা হয়? ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের প্রক্রিয়াটিতে কীরূপ পরিবর্তন করলে A যোগ না করেও আম সংরক্ষণ করা যাবে? ৪

৩। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ঢা. বো. ২০১৯]

দৃশ্যকল্প-১ : সবজি → 7–8% NaCl দ্রবণ → ক্যানিং

দৃশ্যকল্প-২ : মাছ → 40% H–CHO দ্রবণ → ক্যানিং

(ক) বাষ্প-পাতন এর সংজ্ঞা দাও। ১

(খ) টয়লেট ক্লিনার তৈরিতে NaOH ব্যবহার করা হয় কেন? ২

(গ) দৃশ্যকল্প-১ এর শেষ ধাপের গুরুত্ব ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) দৃশ্যকল্প-১ ও দৃশ্যকল্প-২ এর সংরক্ষিত খাদ্যদ্রব্য দুটির খাদ্য হিসেবে উপযোগিতার তুলনা করো। ৪

৪। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [রা. বো. ২০১৯]

দৃশ্যকল্প : বাঁশের কচি কোরল → খোসা মুক্তকরণ → ব্লাঞ্চিং → কিউরিং → ক্যানিং

(ক) আইসোটোপ কাকে বলে? ১

(খ) রাসায়নিক সাম্যাবস্থা গতিশীল; ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের আলোকে খাদ্যবস্তুর কৌটাজাতকরণ পদ্ধতি বর্ণনা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকে ব্যবহৃত ব্লাঞ্চিং ও ক্যানিং ধাপের গুরুত্ব বিশ্লেষণ করো। ৪

৫। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [চ. বো. ২০১৯]

দৃশ্যকল্প-১ : সুক্রোজ ($C_{12}H_{22}O_{11}$) $\xrightarrow[\text{(২) জাইমেস}]{\text{(১) ইনভার্টেস}}$ CO_2 + [A] $\xrightarrow[\text{অ্যাসিটো ব্যাকটর}]{O_2}$ [খাদ্য সংরক্ষক-১]

দৃশ্যকল্প-২ : চর্বিযুক্ত খাদ্য + [জৈব খাদ্য সংরক্ষক-২] $\xrightarrow[\text{রোধকরণ}]{\text{জারণ প্রক্রিয়া}}$ [সংরক্ষিত খাদ্য]

(ব) কলয়েড কী? ১

(খ) গ্লাস ক্লিনারে NH_3 দ্রবণ ব্যবহৃত হয় কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের খাদ্য সংরক্ষক-১ এর প্রস্তুতি সমীকরণসহ লেখ। ৩

(ঘ) খাদ্য সংরক্ষণে উদ্দীপকের খাদ্য সংরক্ষক দুটির ভূমিকা বিশ্লেষণ করো। ৪

৬। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ব. বো. ২০১৯]

দৃশ্যকল্প-১ : খাদ্যবস্তু → ফরমালিন/কৃত্রিম প্রিজারভেটিভস → সংরক্ষিত খাদ্যবস্তু

দৃশ্যকল্প-২ : ফলমূল/সবজি → ধৌতকরণ → ব্লাঞ্চিং → ক্যানিং তরল → এগজস্টিং → সংরক্ষিত খাদ্যবস্তু

(ক) খাদ্য নিরাপত্তা কাকে বলে? ১

(খ) দুধ একটি দ্রবণ নাকি ইমালশন; তা ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) দৃশ্যকল্প-২ অনুসারে টমেটো প্রক্রিয়াজাতকরণ বর্ণনা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, খাদ্যবস্তু সংরক্ষণে উভয় পদ্ধতির যথার্থতা বিশ্লেষণ করো। ৪

৭। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [সি. বো. ২০১৯]

উদ্দীপক : ফরমালিন (B) আম (C)

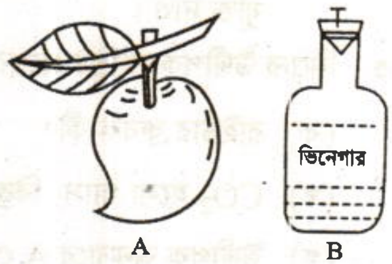
(ক) এনথালপি কী? ১

(খ) অ্যামোনিয়া একটি প্রশম লিগ্যান্ড; ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের 'C' খাদ্যবস্তুটির সংরক্ষণ পদ্ধতি বর্ণনা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের রাসায়নিক পদার্থটিকে খাদ্যবস্তু সংরক্ষণে ব্যবহার স্বাস্থ্যের জন্য ক্ষতিকর; এ উক্তির যথার্থতা বিশ্লেষণ করো। ৪

৮। উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [য. বো. ২০১৯]



A B

(ক) লিগ্যান্ড কাকে বলে? ১

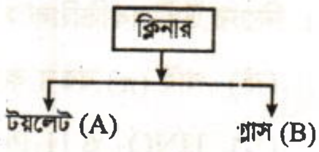
(খ) H_3PO_4 অপেক্ষা HNO_3 শক্তিশালী এসিড; ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের 'A' খাদ্যবস্তুটির কৌটাজাতকরণ পদ্ধতি বর্ণনা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের 'B' দ্রব্যটি একটি উৎকৃষ্ট অনুমোদিত খাদ্যবস্তু প্রিজারভেটিভ হলেও গরুর দুধ সংরক্ষণে এটি ব্যবহার করা যায় না; এর কারণ বিশ্লেষণ করো। ৪

৯। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [অভিন্ন প্রশ্ন (খ-সেট) ২০১৮]

চিত্র-১



চিত্র-২

(ক) মেজারিং সিলিন্ডার কী? ১

(খ) Cu এর ইলেকট্রন বিন্যাস সাধারণ নিয়মের ব্যতিক্রম হয় কেন? ২

(গ) চিত্র-১ এর ফলটির সংরক্ষণ পদ্ধতি ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) চিত্র-২ এর 'A' ও 'B' ক্লিনার দুটির পরিষ্কার করার কৌশলের তুলনামূলক আলোচনা করো। ৪

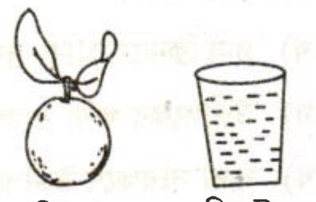
১০। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [কু. বো. ২০১৭]

(ক) সাম্যাবস্থা কী? ১

(খ) শিখা পরীক্ষায় HCl ব্যবহার করা হয় কেন? ২

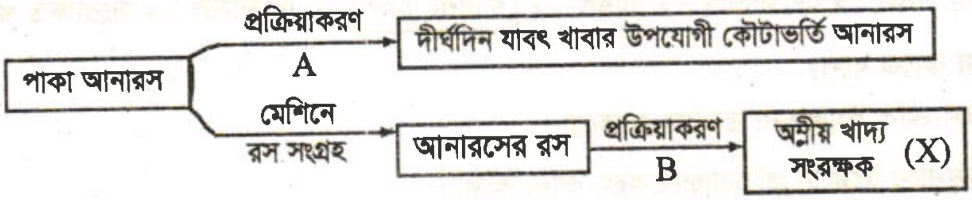
(গ) A চিত্রের ফলটির দীর্ঘকালীন সংরক্ষণ পদ্ধতি বর্ণনা করো। ৩

(ঘ) B পাত্রের উপাদান হতে ভিনেগার তৈরি করা যাবে কিনা —বিশ্লেষণপূর্বক মূল্যায়ন করো। ৪



চিত্র-A পেয়ারা চিত্র-B আখের রস

১১। নিচের উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [চ. বো. ২০১৬]



(ক) বিক্রিয়ার হার কী? ১

(খ) N এর ১ম আয়নীকরণ শক্তি O এর ১ম আয়নীকরণ শক্তি অপেক্ষা বেশি কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের প্রক্রিয়াকরণ (A) এর মূলনীতি বর্ণনা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের খাদ্য সংরক্ষণে ব্যবহৃত X এর খাদ্য সংরক্ষণ কৌশল ব্যাখ্যা করো। ৪

১২। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [রা. বো. ২০১৫]

(ক) আইসোটোপ কী? ১

(খ) প্রিজারভেটিভস খাদ্যবস্তুকে সংরক্ষণ করে কীভাবে? ২

(গ) ১নং চিত্রের দেশীয় ফলের কৌটাজাতকরণ বর্ণনা করো। ৩

(ঘ) ২নং চিত্রের উপাদান থেকে ভিনেগার প্রস্তুত করা যায় কিনা? যুক্তি দাও। ৪

১ম চিত্র ২য় চিত্র

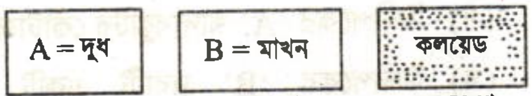
১৩। নিচের উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ব. বো. ২০১৭]

(ক) রাইডার ধ্রুবক কী? ১

(খ) CO_2 হলো গ্যাস, কিন্তু SiO_2 কঠিন কেন? ২

(গ) উদ্দীপক অনুসারে A থেকে B প্রস্তুত প্রণালি বর্ণনা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের ২য় অংশের কণিকাসমূহ সাধারণ অবস্থায় জমাটবদ্ধ হয় না। কিন্তু ইলেক্ট্রোলাইট যোগে জমাটবদ্ধ করা যায়—বিশ্লেষণ করো। ৪



১ম অংশ ২য় অংশ

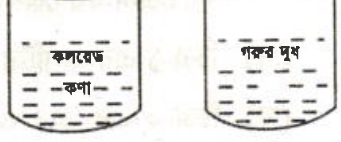
১৪। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [কু. বো. ২০১৯]

(ক) পাই (π) বন্ধন কাকে বলে? ১

(খ) HNO_3 ও H_3PO_4 এর মধ্যে কোনটি তীব্র এসিড হবে; ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) উদ্দীপকের B পাত্রের পদার্থ হতে ঘি প্রস্তুত পদ্ধতি প্রবাহ-চিত্রসহ লেখ। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের A পাত্রের মিশ্রণে কলয়েড কণাসমূহের জমাট না বাঁধার (বা, কলয়েডের স্থায়িত্বের) কারণ ব্যাখ্যাসহ কলয়েডের জমাট বাঁধার কৌশল বিশ্লেষণ করো। ৪



A B

১৫। নিচের উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [দি. বো. ২০১৭]

(ক) অরবিটালের সংকরণ কী? ১

(খ) নাইট্রোজেনের প্রথম আয়নীকরণ বিভব অক্সিজেনের প্রথম আয়নীকরণ বিভব অপেক্ষা বেশি কেন? ২

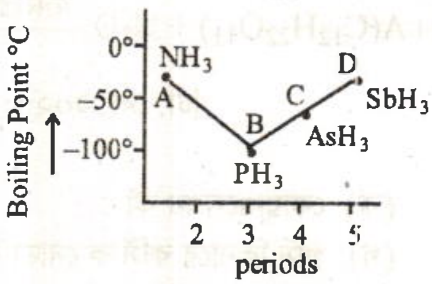
(গ) B যৌগ থেকে A যৌগ প্রস্তুতি সমীকরণসহ বর্ণনা করো। ৩

(ঘ) মাছ সংরক্ষণে A ও B যৌগদ্বয়ের মধ্যে কোনটি অধিক উপযোগী? বিশ্লেষণ করো। ৪

১৬। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [মাদ্রাসা বোর্ড ২০১৮]

ভ্যানিশিং ক্রিম তৈরির উপকরণ হলো : (১) স্টিয়ারিক এসিড, (২) গ্লিসারিন, (৩) KOH, (৪) পানি, (৫) সুগন্ধি।

উদ্দীপক-১



উদ্দীপক-২

(ক) সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণ কী? ১

(খ) গ্লাস ক্লিনারে NH_4OH ব্যবহৃত হয় কেন? ২

(গ) উদ্দীপক-১ এর আলোকে ক্রিমটি প্রস্তুত করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপক-২ এ বিভিন্ন যৌগের স্ফুটনাঙ্ক H-বন্ধন ও ভ্যানডার ওয়ালস বলের আলোকে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৭। নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [য. বো. ২০১৬; দি. বো. ২০১৬]

ভিনেগার	NH_3 দ্রবণ	NaOH দ্রবণ
A	B	C

(ক) প্রিজারভেটিভস কী? ১

(খ) কোয়াগুলেশন বলতে কী বুঝ? ২

(গ) খাদ্য সংরক্ষণে A-এর কৌশল বর্ণনা করো। ৩

(ঘ) গ্লাস ক্লিনার তৈরিতে A এবং C এর মধ্যে কোনটি অধিকতর উপযোগী? বিশ্লেষণ করো। ৪

১৮। নিচের উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [অভিন্ন প্রশ্ন (ক-সেট) ২০১৮]

NaCl	NH_4OH	NaOH
X	Y	Z

(ক) 4-ডিজিট ব্যালেন্স কী? ১

(খ) পাউলির বর্জন নীতি ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) খাদ্য কৌটাজাতকরণে 'X' এর ভূমিকা ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) গ্লাস ক্লিনার তৈরিতে উদ্দীপকের কোন যৌগটি উপযুক্ত? বিশ্লেষণ করো। ৪

১৯। নিচের উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ঢা. বো. ২০১৭; কু. বো. ২০১৬; য. বো. ২০১৬]

উদ্দীপক	NH_4OH	NaOH
X	Y	Z

(ক) কোয়ান্টাম সংখ্যা কী? ১

(খ) দ্রবণে Fe^{3+} আয়ন কীভাবে শনাক্ত করবে? ২

(গ) টয়লেট পরিষ্কার করার কাজে (A) এর ভূমিকা ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) গ্লাস ক্লিনার তৈরিতে উদ্দীপকের কোন্ যৌগটি উপযুক্ত তা বিক্রিয়াসহ বিশ্লেষণ করো। ৪

২০। নিচের উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [সি. বো. ২০১৭]

দুই কার্বনবিশিষ্ট মনো কার্বক্সিলিক এসিড	ক্ষার ধাতুর ক্ষার দ্রবণ

(ক) বিক্রিয়ার হার কী? ১

(খ) ক্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তি ফ্লোরিন অপেক্ষা বেশি কেন? ২

(গ) B পাত্রের দ্রবণকে গ্লাস ক্লিনার হিসাবে ব্যবহার করা যায় না; কিন্তু একে টয়লেট ক্লিনার হিসাবে ব্যবহার করা যায়—ব্যাখ্যা করো। ৩

(ঘ) A পাত্রের লঘু দ্রবণ (6 – 10%) দ্বারা খাদ্য সংরক্ষণের কৌশল বর্ণনা করো। ৪

২১। $\underset{\text{খেজুর রস}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow[30^\circ C]{\text{ইনভার্টেস্}} \underset{\text{ইনভার্ট সুগার}}{A + B}; B + A \xrightarrow[30^\circ C]{\text{জাইমেস্}} C + D; \underset{\text{ইথানল}}{C} + O_2 \xrightarrow{\text{এসিটোব্যাক্টর}} E + H_2O$

[ঢা. বো. ২০২১; ব. বো. ২০২১; ম. বো. ২০২১; কু. বো. ২০২১; সি. বো. ২০১৫, ২০২১; মা. বো. ২০২১]

(ক) আংশিক পাতন কী? ১

(খ) R_f এর মান 1 এর চেয়ে কম কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের E এর উৎপাদন প্রক্রিয়া বর্ণনা করো। ৩

(ঘ) E যৌগটি খাদ্য সংরক্ষণে ভূমিকা রাখে বলে মনে করো কীনা—কারণসহ বিশ্লেষণ করো। ৪

২২। $A(C_{12}H_{22}O_{11}) + H_2O \xrightarrow{\text{ইনভার্টেস্}} \boxed{B} \xrightarrow{\text{জাইমেস্}} CO_2 + \boxed{C} \xrightarrow[\text{মাইকোডার্মা অ্যাসিটি}]{O_2} \boxed{D}$

[ঢা. বো. ২০২৩; চ. বো. ২০২২; কু. বো. ২০২৩; রা. বো. ২০২৩; ব. বো. ২০২২; য. বো. ২০২২; দি. বো. ২০২২; ম. বো. ২০২৩; মা. বো. ২০২২, ২০২৩]

(ক) কোয়াগুলেশন কী? ১

(খ) গ্লাস ক্লিনারে কস্টিক সোডা ব্যবহৃত হয় না কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের বিক্রিয়াগুলো লেখ এবং উৎপাদন প্রক্রিয়া বর্ণনা করো। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের A এবং D এর খাদ্যদ্রব্য সংরক্ষণ কৌশল একই প্রকৃতির কীনা; তা তুলনামূলক বিশ্লেষণ করো। ৪

২৩। নিচের উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [সি. বো. ২০১৭]

$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{\text{ইনভার্টেস্}} (A + B)$

$\boxed{A} \xrightarrow{\text{জাইমেস্}} \boxed{C} \xrightarrow[\text{এসিটোব্যাক্টর}]{\text{মাইকোডার্মা}} \boxed{D}$

(ক) খাদ্য নিরাপত্তা কী? ১

(খ) Cu (29) এর বেলায় সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাসের ব্যতিক্রম কেন? ২

(গ) উদ্দীপকের বিক্রিয়া পূর্ণ করে 'D' যৌগটি চিহ্নিত করো। ৩

(ঘ) খাদ্য সংরক্ষক হিসাবে 'D' যৌগের গুরুত্ব বিশ্লেষণ করো। ৪

২৪। নিচের উক্তিভিত্তিক উদ্দীপক অনুসারে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [চ. বো. ২০১৭; ম. বো. ২০২২]

* 'ভিনেগার একটি গুরুত্বপূর্ণ যৌগ। এর ব্যবহার বহুমাত্রিক।'

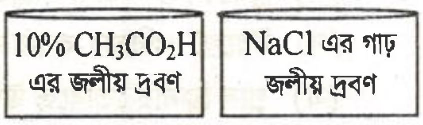
(ক) কোয়াগুলেশন কী? ১

(খ) NaCl দ্রবণ তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ — ব্যাখ্যা করো। ২

(গ) গাঁজন প্রক্রিয়ায় তুমি কীভাবে যৌগটি উৎপন্ন করবে? ৩

(ঘ) যৌগটির খাদ্য সংরক্ষণ কৌশল ব্যাখ্যা করো। ৪

২৫। উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [সি. বো. ২০২৩]



A-পাত্র B-পাত্র

(ক) খাদ্য সংরক্ষক কী? ১

(খ) CO_2 অণু সরলরৈখিক কেন? ২

(গ) আখের রস থেকে 'A' পাত্রের খাদ্য সংরক্ষকটি প্রস্তুতির মূলনীতি সমীকরণসহ লেখ। ৩

(ঘ) খাদ্য সংরক্ষক হিসাবে উদ্দীপকের A ও B পাত্রের দ্রবণ দুটির কৌশল ভিন্ন; ব্যাখ্যা করো। ৪