BDeBooks.com

E-BOOK

www.BDeBooks.com
FB.com/BDeBooksCom
BDeBooks.Com@gmail.com

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড কর্তৃক চালুকৃত নতুন সিলেবাস অনুযায়ী প্রকৌশল ডিপ্লোমা শিক্ষাক্রমের
রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ারকন্ডিশনিং টেকনোলজির ষষ্ঠ পর্বের ছাত্রছাত্রীদের জন্য প্রণীত

লো টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন
(Low Temperature Refrigeration)

Subject Code : 7264

রচনায়

প্রকৌশলী উত্তম কুমার দেবনাথ
এমএসসি ইঞ্জিনিয়ারিং (DUET)
বিএসসি ইঞ্জিনিয়ারিং (DUET)
ইনস্ট্রাক্টর (রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ারকন্ডিশনিং)
চাঁদপুর পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট, কচুয়া, চাঁদপুর

এমদাদুল হক খান
জুনিয়র ইনস্ট্রাক্টর (রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ারকন্ডিশনিং টেকনোলজি)
পটুয়াখালী পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট, পটুয়াখালী

মোহাম্মদ জাহিদুল হাসান
জুনিয়র ইনস্ট্রাক্টর (রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ারকন্ডিশনিং টেকনোলজি)
পটুয়াখালী পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট, পটুয়াখালী

হক পাবলিকেশনস্
HAQUE PUBLICATIONS
৩৮ বাংলাবাজার (২য় তলা), ঢাকা-১১০০

প্রকাশক : হক পাবলিকেশনস্-এর পক্ষে
হাজী মাহানারা হক
৩৮ বাংলাবাজার (২য় তলা), ঢাকা-১১০০
ফোন : ৯৫৮০৩৭০

[প্রকাশক কর্তৃক সকল স্বত্ব সংরক্ষিত]

প্রথম প্রকাশ : ২৫ মে ২০১০
দ্বিতীয় প্রকাশ : ২ মে ২০১৩
তৃতীয় প্রকাশ : ১ আগস্ট ২০১৪
পঞ্চম প্রকাশ : ২৩ জুলাই ২০১৬
পরিমার্জিত, পরিবর্ধিত ও সংশোধিত সংস্করণ :
ষষ্ঠ প্রকাশ : ১ জানুয়ারি ২০১৭

প্রচ্ছদ পরিকল্পনায় : মোঃ আশরাফুল হক আলো

সার্বিক তত্ত্বাবধানে : ইঞ্জিঃ মোঃ হামিদুল হক মামুন

চিত্রাঙ্কনে : মীর মোঃ আব্দুল হালিম

বর্ণবিন্যাসে : জি. মাওলা কম্পিউটার

মুদ্রণে : জি. মাওলা প্রিন্টিং প্রেস
৩৪ শ্রীস দাস লেন, বাংলাবাজার
ঢাকা-১১০০

[বাংলাদেশ পুস্তক প্রকাশক ও বিক্রেতা সমিতি কর্তৃক গৃহীত]

মূল্য (MRP) : ১২০.০০ টাকা মাত্র

আমাদের কিছু কথা

মহান সৃষ্টিকর্তার অশেষ মেহেরবানিতে আমাদের লেখা রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ারকন্ডিশনিং টেকনোলজির ছাত্রছাত্রীদের জন্য **"লো টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন (৭২৬৪)"** বইটি প্রকাশিত হল। বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড কর্তৃক প্রবর্তিত চার বছর মেয়াদি ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রমের নতুন সিলেবাস অনুযায়ী বইটি প্রণয়ন করা হয়েছে। বইটিতে সর্বাধুনিক প্রযুক্তির তথ্যের সংযোজন করতে চেষ্টা করেছি। আশা করি, বইটি পাঠ করে ছাত্রছাত্রী এবং শিক্ষক-শিক্ষিকাগণ উপকৃত হবেন।

বইটির পাণ্ডুলিপি প্রণয়নে দেশি-বিদেশি অনেক লেখকের বই থেকে সাহায্য নেয়া হয়েছে। এজন্য তাদের কাছে আমরা ঋণী। সর্বোপরি ধন্যবাদ জানাচ্ছি মোঃ আশরাফুল হক আলো সাহেবকে, ব্যবস্থাপনা পরিচালক, হক পাবলিকেশনস্, বইটি রচনা ও প্রকাশে বিভিন্নভাবে সহযোগিতার জন্য। খুব অল্প সময়ে বইটির পাণ্ডুলিপি প্রস্তুত করা হয়েছে, তাই পূর্ণাঙ্গ তথ্যের স্বল্পতা এবং বইটিতে মুদ্রণজনিত ভুলভ্রান্তি থাকতে পারে, পরবর্তীতে সংশোধনের আশা রাখি। বইটিতে কোন প্রকার তথ্যের বিভ্রান্তি, পরিবর্তন, পরিবর্ধন ও সংশোধনে আপনাদের সুচিন্তিত মতামত সাদরে গৃহীত হবে।

পরিশেষে বলতে চাই, যাদের জন্য আমাদের এ ক্ষুদ্র প্রচেষ্টা, তারা যদি বইটি পড়ে সামান্য উপকৃত হয়, তবেই আমাদের প্রচেষ্টা সার্থক হবে।

বিনীত

লেখকবৃন্দ

উৎসর্গ

পরম শ্রদ্ধেয় মা ও বাবা'কে

मिनेनाम

LOW TEMPERATURE REFRIGERATION

Subject code : 7264

T	P	C
2	3	3

AIMS :

To provide the students with an opportunity to develop knowledge, skill and attitude in the area of low temperature refrigeration with special emphasis on:

- Low temperature refrigeration equipment with their application.
- Liquefication of gasses.
- Methods of freezing.

SHORT DESCRIPTION

Low temperature refrigeration; Production of low temperature; Manufacturing of dry ice; Liquefaction of gases; [illegible] of low temperature; Low temperature insulation; Freezing.

DETAIL DESCRIPTION

Theory :

1. Understand the concept of fundamentals of low temperature refrigeration.

1.1 State the term low temperature refrigeration.
1.2 Describe the purpose of low temperature.
1.3 Define the term cryogenics.
1.4 Describe the development of cryogenic technology application.
1.5 Describe the low temperature production methods.
1.6 Explain the limitations of vapour compression system for low temperature production.

2. Understand the production of low temperature.

2.1 List the methods of production of low temperature.
2.2 Describe the multistage refrigeration system for the production of low temperature.
2.3 State the advantages of multistage system over single stage vapour compression system for production low temperature.
2.4 Describe the compound compression system with intercooling and sub-cooling with liquid refrigeration itself for producing low temperature.
2.5 State the limitation of multistage system.
2.6 Describe the cascade system for production low temperature.
2.7 Describe two stage cascade system for production low temperature.
2.8 Represent two stage cascade system with PH diagram.
2.9 Illustrate three stage cascade system with water intercooling and flash intercoolers.
2.10 Present a three stage cascade system with PH diagram.

3. Understand the manufacture of dry ice.

3.1 State CO_2 liquefaction process.
3.2 List the methods for solidification of liquid CO_2.
3.3 Describe the methods for manufacturing dry ice.
3.4 State the suggested modification of the cycle to reduce the production cost of solid CO_2.

4. Understand Liquefication of gases.

4.1 Describe the air liquefication of linde system.
4.2 Describe the air liquefication of Claude system.
4.3 Describe the nitrogen liquefication process.
4.4 Describe the hydrogen liquefication process with sketch.
4.5 Describe the helium liquefication process with sketch.
4.6 Mention the uses of liquid nitrogen, hydrogen and helium.

5. Understand the application of low temperature.

5.1 List the low temperature application.
5.2 Describe expansion and shrink fittings.
5.3 Mention the advantages of shrink fittings.
5.4 Describe the low temperature application process in cryobiology semen preservation and cryo surgery.
5.5 Describe the low temperature application process in space research and computer.
5.6 Explain cryogenic for underground power plant.
5.7 Describe miscellaneous uses of low temperature.

6. Understand the low temperature insulation.

6.1 List the insulations used in low temperature application.
6.2 Mention insulation difficulties encountered in low temperature application.
6.3 Describe high vacuum reflective insulation.
6.4 Describe evacuated powders low temperature insulation.
6.5 Describe rigid foams low temperature.
6.6 Describe the super insulation in low temperature application.

7. Understand the freezings.

7.1 State the term freezing.
7.2 State quick freezing.
7.3 Describe sharp freezing method.
7.4 List quick freezing methods.
7.5 Compare slow and quick freezing.
7.6 Mention advantages of quick freezing over sharp freezing.
7.7 Describe the immersion freezing method.
7.8 Explain the freezing by indirect contact.
7.9 Describe direct contact freezing method.

Practical :

1. Visit a liquid nitrogen manufacturing plant and draw a layout of the plant.
2. Visit a liquid oxygen manufacturing plant and draw a layout of the process.
3. Visit a fish freezing (blast freezing) plant and draw the piping diagram of the plant.
4. Visit a dry ice plant and draw the piping diagram and cooling system of any.
5. Visit a plate freezing & make a layout plan showing necessary machineries & equipment.
6. Build up a refrigeration unit which can produce a temperature of -25 to -300 C.
7. Visit a dairy plant, draw a piping diagram and record all variables.
8. Visit an ice cream plant, draw a schematic diagram, record all products & related storing temperature.
9. Visit an industrial plant where using low temperature refrigeration.
10. Build up a cascade system in chest type freezer.

সূচিপত্র

অধ্যায়-১ ঃ নিম্ন তাপমাত্রার হিমায়ন

১.০ ভূমিকা ১১

১.১ নিম্ন তাপমাত্রার রেফ্রিজারেশন ১২

১.২ নিম্ন তাপমাত্রা হিমায়নের উদ্দেশ্য ১২

১.৩ ক্রায়োজেনিক ১২

১.৪ ক্রায়োজেনিক টেকনোলজির প্রয়োগ ও উন্নয়ন ১২

১.৫ নিম্ন তাপমাত্রার উৎপাদন পদ্ধতি ১২

১.৬ বাষ্প সংকোচন পদ্ধতির নিম্ন তাপমাত্রা আনয়নের অসুবিধা ১৩

অনুশীলনী-১

- অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩
- সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪
- রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৪

অধ্যায়-২ ঃ নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টি বা উৎপাদন

২.০ ভূমিকা ১৫

২.১ নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টির পদ্ধতিগুলোর তালিকা ১৫

২.২ নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টির জন্য বহু ধাপ বা মাল্টিস্টেজ হিমায়ন পদ্ধতি ১৬

২.৩ নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টির ক্ষেত্রে সিঙ্গেল স্টেজের (একধাপ) তুলনায় মাল্টিস্টেজ (বহুধাপ) পদ্ধতির সুবিধা ১৬

২.৪ নিম্নতাপমাত্রা সৃষ্টির ক্ষেত্রে ইন্টারকুলিং এবং সাব-কুলিংসহ লিকুইড রেফ্রিজারেশন কম্পাউন্ড কম্প্রেশন সিস্টেম বর্ণনা ১৭

২.৫ মাল্টিস্টেজ সিস্টেম-এর সীমাবদ্ধতা ১৮

২.৬ নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টিতে ক্যাসকেড সিস্টেম ১৮

২.৭ নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টিতে টু-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেম ১৯

২.৮ টু স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেম এর রেফ্রিজারেশন ও পি.এইচ ডায়াগ্রাম ২০

২.৯ থ্রী স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমে ওয়াটার ইন্টার কুলিং ও ফ্লাশ ইন্টার কুলার সংযুক্ত চিত্র অঙ্কন ২১
২.১০ থ্রী স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের ফ্লো ডায়াগ্রাম (প্রবাহ চিত্র) ও পিএইচ ডায়াগ্রাম ২২
২.১১ সমাধানসহ সমস্যাবলি ২৪

অনুশীলনী-২

- অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৯
- সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩০
- রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩৪

অধ্যায়-৩ ঃ ড্রাই আইস উৎপাদন

৩.০ ভূমিকা ৩৫
৩.১ কার্বন ডাইঅক্সাইড (CO_2) তরলীকরণ পদ্ধতি ৩৬
৩.২ তরল কার্বন ডাই-অক্সাইডকে কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করার পদ্ধতি ৩৭
৩.৩ ড্রাই আইস তৈরির পদ্ধতি ৩৮
৩.৪ শুষ্ক CO_2 তৈরি খরচ কমানোর উপায় পরামর্শ বা কৌশল ৩৯

অনুশীলনী-৩

- অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৯
- সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪০
- রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪১

অধ্যায়-৪ ঃ গ্যাস তরলীকরণ প্রক্রিয়া

৪.০ ভূমিকা ৪২
৪.১ বায়ু তরলীকরণে লীন্ডে সিস্টেম ৪২
৪.২ বাতাস তরলীকরণের ক্লাউড সিস্টেম ৪৪
৪.৩ নাইট্রোজেন তরলীকরণ পদ্ধতি ৪৭
৪.৪ হাইড্রজেন তরলীকরণ পদ্ধতি ৪৯
৪.৫ হিলিয়াম তরলীকরণ পদ্ধতি ৫০
৪.৬ তরল নাইট্রোজেন, হাইড্রজেন এবং হিলিয়াম এর প্রয়োগ বা ব্যবহার ক্ষেত্রগুলো ৫১

অনুশীলনী-৪

- অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫২
- সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫৩
- রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫৫

অধ্যায়-৫ ঃ লো-টেম্পারেচারের প্রয়োগক্ষেত্র

৫.০ ভূমিকা ৫৬
৫.১ লো-টেম্পারেচারের প্রয়োগ ক্ষেত্র ৫৬
৫.২ সংযোগের সম্প্রসারণ ও সংকোচন পদ্ধতি ৫৭
৫.২.১ নিম্নে প্রসারণ এবং সংকোচন ফিটিং এর পার্থক্য লেখা হল ৫৮
৫.৩ শ্রিঙ্ক (সংকোচন) ফিটিংস এর সুবিধা ৫৯
৫.৪ নিম্ন তাপমাত্রার সাহায্যে/ব্যবহারে শুক্রাণু (Semen) সংরক্ষণে ক্রায়োবায়োলজী এবং ক্রায়োসার্জারি ... ৫৯
৫.৫ মহাশূন্য গবেষণায় ও কম্পিউটার শিল্পে নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহার ৫৯
৫.৬ ভূ-গর্ভস্থ পাওয়ার প্ল্যান্টে নিম্ন তাপমাত্রার প্রয়োজনীয়তা ৬০
৫.৭ নিম্ন তাপমাত্রার বিবিধ ব্যবহার ৬০

অনুশীলনী-৫

▸▸ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬১
▸▸ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬২
▸▸ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৬৪

অধ্যায়-৬ ঃ লো টেম্পারেচার ইন্সুলেশন

৬.০ ভূমিকা ৬৫
৬.১ নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত ইন্সুলেশনের তালিকা ৬৫
৬.২ নিম্ন তাপমাত্রায় ইন্সুলেশন ব্যবহারের অসুবিধাসমূহ ৬৬
৬.৩ হাই-ভ্যাকুয়াম রিফ্লেকটিভ ইন্সুলেশন পদ্ধতি ৬৬
৬.৪ নিম্ন তাপমাত্রার ইভাকুয়েটেড পাউডার ইন্সুলেশন বর্ণনা ৬৭
৬.৫ নিম্ন তাপমাত্রায় রিজিড ফোমস ব্যাখ্যা ৬৯
৬.৬ নিম্ন তাপমাত্রায় সুপার ইন্সুলেশন ব্যবহার পদ্ধতি ৬৯

অনুশীলনী-৬

▸▸ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭১
▸▸ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭২
▸▸ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭২

অধ্যায়-৭ ঃ লো ফ্রিজিং

৭.০ ভূমিকা ৭৩
৭.১ ফ্রিজিং ৭৩
৭.২ কুইক ফ্রিজিং ৭৪
৭.৩ শার্প ফ্রিজিং পদ্ধতির বর্ণনা ৭৪
৭.৪ কুইক ফ্রিজিং মেথডের তালিকা ৭৫
৭.৫ স্লো এবং কুইক ফ্রিজিং-এর মধ্যে পার্থক্য ৭৫
৭.৬ শার্প ফ্রিজিং-এর তুলনায় কুইক ফ্রিজিং-এর সুবিধাসমূহ ৭৬
৭.৭ ইমারশন ফ্রিজিং পদ্ধতি ৭৬
৭.৮ ইনডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং এর ব্যাখ্যা ৭৭
৭.৯ ডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং পদ্ধতি ৭৭

অনুশীলনী-৭

▸▸ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭৮
▸▸ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭৯
▸▸ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮০

ব্যবহারিক

পরীক্ষণ নং-১ ঃ তরল নাইট্রোজেন পদ্ধতি ও লে-আউট প্ল্যান্ট পরিদর্শন ৮৩
পরীক্ষণ নং-২ ঃ তরল অক্সিজেন রেফ্রিজারেশন প্লান্ট পরিদর্শন ৮৪
পরীক্ষণ নং-৩ ঃ ফিস ফ্রিজিং প্ল্যান্ট পরিদর্শন ৮৫
পরীক্ষণ নং-৪ ঃ ড্রাই আইস প্ল্যান্ট স্থাপন ও কুলিং ইউনিট পরিদর্শন ৮৬
পরীক্ষণ নং-৫ ঃ ফ্রিজিং প্ল্যান্ট তৈরিতে প্রয়োজনীয় মেশিনারীজ ও ইকুইপমেন্ট পরিদর্শন ৮৭
পরীক্ষণ নং-৬ ঃ আইসক্রীম প্ল্যান্ট স্থাপনকরণ ৮৮
পরীক্ষণ নং-৭ ঃ আইস প্ল্যান্টের পাইপিং সিস্টেমের মাধ্যমে কুলিং ইউনিটের লে-আউট পরিদর্শন ৯০
পরীক্ষণ নং-৮ ঃ ডেইরি প্ল্যান্ট স্থাপন ও পাইপিং ডায়াগ্রাম পরিদর্শন ৯১
পরীক্ষণ নং-৯ ঃ ক্যাসকেড সিস্টেমে চেস্ট টাইপ ফ্রিজারের কার্যপদ্ধতি ৯২

✪ **সুপার সাজেশনস্** ..... ৯৩ – ১০২

❖ **বাকাশিবো প্রশ্নাবলি** ..... ১০৩ – ১৩৬

অধ্যায়-১

নিম্ন তাপমাত্রা হিমায়ন
(Low Temperature Refrigeration)

১.০ ভূমিকা (Introduction) ঃ

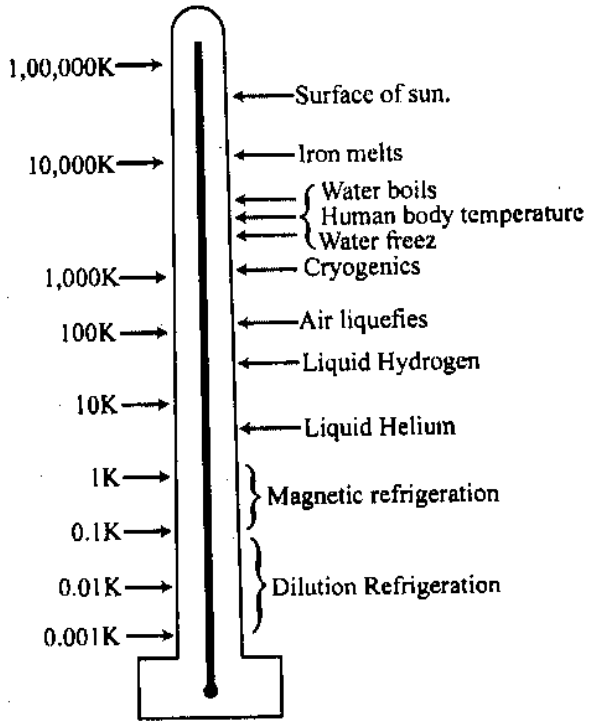
দ্বিতীয় বিশ্বযুদ্ধের সময় নিম্ন তাপমাত্রার হিমায়ন পদ্ধতি বিশেষভাবে উন্নিতি লাভ করে। তখন বিজ্ঞানীরা দেখেন যে কম তাপমাত্রায় বস্তুর মধ্যে ক্ষয় প্রতিরোধ ক্ষমতা অনেক বেশি। নিম্ন তাপমাত্রায় বস্তু অনেক শক্ত এই তত্ত্বের উপর ভিত্তি করে 1966 সালে Ed. Busch বাণিজ্যিক ক্রায়োজেনিক প্রক্রিয়াকরণ শিল্প প্রতিষ্ঠিত করেন। Ed Busch-এর কোম্পানির নাম Cryotech যা বিশ্বের বৃহত্তম এবং প্রাচীনতম বাণিজ্যিক ক্রায়োজেনিক প্রক্রিয়াকরণ কোম্পানি।

Cryogenics শব্দটি Greek শব্দ হতে উৎপত্তি। জমাট বাধা ঠাণ্ডা বস্তু। বর্তমানে Cryogenics-কে Low Temperature বস্তু বলে।

নিম্ন তাপমাত্রা কত থেকে শুরু হবে তার কোন সঠিক সংজ্ঞা বিজ্ঞানীরা এখনও একমত হতে পারে নাই। তবে অধিকাংশ বিজ্ঞানীর মধ্যে নিম্ন তাপমাত্রা বা Cryogenic শুরু বা নিচের তাপমাত্রা –150°C (123K–238°F).

The National institute of standards and Technology at boulder, colorado. তাদের মতে Cryogenic তাপমাত্রা সর্বনিম্ন –180°C হতে শুরু হবে যা –292°F বা 93.15K, যেহেতু কিছু গ্যাস যেমন (হিলিয়াম হাইড্রজেন, নিয়ন নাইট্রোজেন আক্সিজেন এবং স্বাভাবিক বায়ুর Normal boiling poite – 180°C এর নিচে।

নিম্নের একটি Cryogenic temperature scale দেখানো হয়েছে।



চিত্র ১.১ ঃ ক্রায়োজেনিক টেম্পারেচার স্কেল

Cryogenic Refrigenation পদ্ধতি শিল্প ক্ষেত্রে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। বিশেষ করে Liquefied Natural Gas (LNG), তরল Oxygen, তরল Nitrogen, তরল Argon, তরল Hydrogen এবং তরল Helium তাছাড়া ও মেডিক্যাল ক্ষেত্রে ইহা ব্যাপক হারে ব্যবহার করা হয়।

১.১ নিম্ন তাপমাত্রার রেফ্রিজারেশন (Low temperature refrigeration) ঃ

Cryogenic শব্দটি অপর নাম হলো Low Temperature Refrigeration বা নিম্ন তাপমাত্রায় রেফ্রিজারেশন যখন কোন Refrigeration পদ্ধতিতে নিম্ন তাপমাত্রা – 150°C (123K বা – 238°F)-এর নিচে থাকে তখন উক্ত হিমায়ন পদ্ধতিকে নিম্ন তাপমাত্রায় হিমায়ন পদ্ধতি বলে। তবে কখনো কখনো –100C বা 173K হতে নিম্নের তাপমাত্রাকে নিম্নতাপ তাপমাত্রায় Refrigeration বলে।

বিশ্বের উন্নত দেশগুলোতে শিল্প গবেষণা চিকিৎসাসহ অনেক ক্ষেত্রে নিম্ন তাপমাত্রায় হিমায়ন পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। নিম্ন তাপমাত্রার সাহায্যে গ্যাসকে তরল করা, গ্যাসকে আলাদা করা, High fidd magents, sophisticated electronic devics, food freezing, medical procedure, surgery এবং Chemical process ব্যবস্থা করা হয়।

১.২ নিম্ন তাপমাত্রা হিমায়নের উদ্দেশ্য (Purpose of low temperature) ঃ

গত কয়েক বছরে শিল্প কারখানার বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্রে নিম্ন তাপমাত্রার হিমায়নের ব্যবহার যথেষ্ট বৃদ্ধি পেয়েছে। নিম্ন তাপমাত্রার হিমায়নের ব্যবহার করা হয় বিশেষ করে শিল্প প্রতিষ্ঠান, গবেষণা কেন্দ্র, পারমাণবিক প্রতিষ্ঠান এবং ইলেক্ট্রনিক দ্রব্যাদির উৎপাদনে বিভিন্ন ইন্সট্রুমেন্ট (Instrument) পরীক্ষা; রেডিও; ক্যামেরা, ঘড়ি এবং মিটার ইত্যাদি প্রচণ্ড নিম্ন তাপমাত্রায় কার্যকরী থাকবে কিনা তা পরীক্ষা করা হয়। এছাড়া সামরিক যন্ত্রপাতি প্রচণ্ড ঠাণ্ডায় ও কার্যকরী থাকবে কিনা তা হিমায়িত গবেষণাগারে পরীক্ষা করা হয়।

কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত, তরল অক্সিজেন, হাইড্রজেন এবং হিলিয়াম উৎপাদনের জন্য প্রচণ্ড নিম্ন তাপমাত্রার দরকার হয়।

১.৩ ক্রায়োজেনিক (The term cryogenic's) ঃ

Cryogenic's অর্থ বরফ বা শীতল এবং Genics অর্থ হওয়া বা উৎপাদন অর্থাৎ নিম্ন তাপমাত্রা বৃদ্ধির প্রক্রিয়াকে ক্রায়োজেনিক বলে।

Cryogenic's হচ্ছে –150°C থেকে Absolute 0°C পর্যন্ত পরিসরের যন্ত্রপাতির আবিষ্কার, উৎপাদন ও ব্যবহারের সঙ্গে সংশ্লিষ্ট প্রকৌশলের নতুন ক্ষেত্র, এর মধ্যে আরও রয়েছে খুবই নিম্ন তাপমাত্রার দ্রব্যের উৎপাদন সংক্রান্ত গবেষণা গ্যাসের তরলীকরণ এবং সংক্রান্ত কাজের সকল ধরনের যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জাম উন্নয়ন।

১.৪ ক্রায়োজেনিক টেকনোলজির প্রয়োগ ও উন্নয়ন (Development of cryogenic technology application) ঃ

ক্রায়োজেনিকের প্রয়োগ ঃ ক্রায়োজেনিকের ক্ষেত্রে প্রথম এবং এখন পর্যন্ত সবচেয়ে বড় প্রয়োগ হচ্ছে তরল গ্যাসের বিপুল পরিমাণ উৎপাদন। দ্বিতীয় ব্যবহার হচ্ছে কতিপয় প্রক্রিয়ায় অত্যধিক নিম্ন তাপমাত্রায় প্রয়োগ।

ক্রায়োজেনিকের উন্নয়ন ঃ বর্তমানে ক্রায়োজেনিকের প্ল্যান্টগুলোর ডিজাইন করা হয়েছে বায়ুমণ্ডলীয় বাতাসকে তার উৎপাদন অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, আর্গন, নিয়ন, হিলিয়াম, ক্রিপ্টন ও জেনন এ পৃথকীকরণ ও তরলীকরণের জন্য। হাইড্রজেন, ইথিলিন, মিথেন এবং অন্যান্য গ্যাসকে পেট্রোলিয়াম গ্যাস থেকে পৃথক করে তরলীকরণ। নতুন প্রক্রিয়ায় ইস্পাত শিল্পে ৫০ শতাংশ তরল অক্সিজেন গ্যাস ব্যবহৃত হয়। রাসায়নিক শিল্পে ২৫ শতাংশ এবং ক্ষেপণাস্ত্র ও রকেট শিল্পে ২০ শতাংশ ব্যবহার হয়। অবশিষ্টাংশ ব্যবহার করা হয়, ওয়েল্ডিং চিকিৎসা এবং অন্যান্য বিবিধ কাজে। খাদ্য হিমায়িতকরণ, খাদ্য পরিবহণে তরল নাইট্রোজেন ব্যবহার করা হয়। আর্ক ওয়েল্ডিং, রকেট, আবহাওয়ার বেলুন এবং নিম্ন তাপমাত্রা সংক্রান্ত গবেষণা কাজে হিলিয়াম গ্যাস ব্যবহৃত হয়। ইনফ্রারেডহিট ডিটেকটরে প্রায় অ্যাবসোলিউট জিরো তাপমাত্রা বজায় রাখতে তরল হিলিয়াম ব্যবহার করা হয়।

১.৫ নিম্ন তাপমাত্রার উৎপাদন পদ্ধতি (Low temperature production method's) ঃ

নিম্ন তাপমাত্রা উৎপাদন পদ্ধতিগুলো ঃ

১। এক ধাপ বা সিঙ্গেল স্টেজ হিমায়ন পদ্ধতি।
২। বহু ধাপ বা মাল্টিস্টেজ হিমায়ন পদ্ধতি।
৩। ইন্টারকুলিং এবং সাবকুলিংসহ লিকুইড হিমায়ন কম্পাউন্ড কম্প্রেশন পদ্ধতি।
৪। ক্যাসকেড (দুই এবং তিন স্টেজ) পদ্ধতি।
৫। লীন্ড এবং ক্লাউড পদ্ধতি।

১.৬ বাষ্প সংকোচন পদ্ধতির নিম্ন তাপমাত্রা আনয়নের অসুবিধা (Limetation's of vapour compression system for low temperature production) ঃ

আমরা জানি, হিমায়ন পদ্ধতিতে নিয়ন্ত্রিত তাপমাত্রার তুলনায় হিমায়কের ফ্রিজিং (Freezing) তাপমাত্রা অনেক কম থাকতে হয়। তা না হলে নিয়ন্ত্রিত করা কখনও সম্ভব নয়। তাছাড়া বর্তমান বিশ্ব প্রযুক্তি নির্ভর করে কিছু অল্প পরিসরে নির্মাণের চিন্তা করে অর্থাৎ আকার যতসম্ভব ছোট করা কোপ (Cop) এর মান তত বেশি কমে যাবে। কিন্তু বাষ্প সংকোচন পদ্ধতিতে এ সকল চিন্তা ভাবনা অকল্পনীয় ব্যাপার।

বাষ্প সংকোচন (Vapour Compression) পদ্ধতির অসুবিধা/সীমাবদ্ধতাগুলো হল ঃ

১। এর ফ্রিজিং তাপমাত্রা অনেক বেশি বিধায় নিম্ন তাপমাত্রায় আনায়ন সম্ভব নাই।

২। এর আপেক্ষিক আয়তন (Specific Volume) বেশি বিধায় সিস্টেমের আকার বড় হয়।

৩। কম্প্রেসরের কাজের পরিমাণ বাড়ে বিধায় Cop এর মান কমে যায়।

৪। নিম্ন বাষ্পীভবন ও তাপমাত্রার (Low Boiling Temperature) হিমায়কের জন্য ঘনীভবনের চাপ বেশি রাখতে হয়, যা সিস্টেমের জন্য ঝুঁকি পূর্ণ।

৫। Evaporator-এর মধ্যে উচ্চ Vacuum উৎপন্ন করা কঠিন।

৬। Compressor-এর Volume displacement খুব কম।

৭। Cop-এর মান খুব কম।

৮। High pressure compressor-এ Oil return হয় না।

অনুশীলনী-১

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **নিম্ন তাপমাত্রা বলতে কী বুঝ?** [বাকাশিবো-২০০৪, ০৮, ০৯, ১০, ১১, ১২, ১৪]

অথবা, নিম্ন তাপমাত্রার রেফ্রিজারেশন বলতে কী বোঝায়? [বাকাশিবো-২০১০, ১২(পরি)]

অথবা, লো টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৫, ০৮, ১৩]

উত্তর ঃ যে রেফ্রিজারেশন পদ্ধতি এক বা একাধিক ধাপ অতিক্রম করে কোন আবদ্ধ স্থানের তাপমাত্রা অতি নিম্ন তাপমাত্রার সৃষ্টি করা হয়, সে তাপমাত্রাকে নিম্ন তাপমাত্রা বলে।

২। **ক্রায়োজেনিক কী?** [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

অথবা, ক্রায়োজেনিক বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো২০০৫, ০৬, ০৭, ০৮, ১০, ১১, ১৩, ১৪]

উত্তর ঃ নিম্ন তাপমাত্রা বৃদ্ধির প্রক্রিয়াকে ক্রায়োজেনিক বলে।

৩। **নিম্ন তাপমাত্রার দুটি ব্যবহার লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৪, ২০০৬]

উত্তর ঃ **নিম্ন তাপমাত্রার ব্যবহার হল-**

১। সলিড কার্বন-ডাই অক্সাইড তৈরিতে,

২। ঔষধ শিল্পে।

৪। **অ্যাবসোলিউট জিরো কাকে বলে?** [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর ঃ যে তাপমাত্রার কোন গ্যাসের আয়তন শূন্য হয়ে যায় তাকে অ্যাবসোলিউট জিরো বা পরমশূন্য তাপমাত্রা বলে।

৫। **নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতবের কী কী গুণাগুণের ক্ষতি হয়।**

অথবা, নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতু সংরক্ষণ করা হলে ধাতুর গুণাগুণের কী কী ক্ষতি হতে পারে? [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর ঃ যান্ত্রিক গুণাবলির ক্ষতি হয়, যেমন- হার্ডনেস, ডাকটিলিটি।

৬। **হিমায়কের সাথে অপদ্রব্য থাকলে হিমায়নে কী প্রভাব পড়ে লেখ।**

উত্তর ঃ হিমায়নে যে প্রভাব পড়ে–

(i) Cop কমে যায়।

(ii) খরচ বৃদ্ধি পায়

(iii) দক্ষতা হ্রাস পায়।

৭। **রেফ্রিজারেশনের ক্ষেত্রে নিম্ন তাপমাত্রার সীমা লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৪]

অথবা, হিমায়িত পণ্যের স্টোরেজ তাপমাত্রা সাধারণত কত রাখা হয়? [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর ঃ নিম্ন তাপমাত্রা – 150°C (123K বা – 238°F)-এর নিচে থাকে তবে কখনো কখনো –100C বা 173K হতে নিম্নের তাপমাত্রাকে নিম্নতাপমাত্রার সীমা বলে।

৮। **নিম্নতাপমাত্রা কয় ডিগ্রি সেলসিয়াম থেকে শুরু হয়?** [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর ঃ নিম্ন তাপমাত্রা কত থেকে শুরু হবে তার কোন সঠিক সংজ্ঞা বিজ্ঞানীরা এখনও একমত হতে পারে নাই। তবে অধিকাংশ বিজ্ঞানীর মধ্যে নিম্ন তাপমাত্রা যা Cryogenic শুরু বা নিচের তাপমাত্রা –150°C (123K–238°F).

The National institute of standards and Technology at boulder. colorado. তাদের মতে Cryogenic তাপমাত্রা সর্বনিম্ন –180°C হতে শুরু হবে যা –292°F বা 93.15K।

৯। **নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত হিমায়কগুলোর নাম লিখ।** [বাকাশিবো-২০১২(R), ১৩, ১৪]

উত্তর ঃ হিলিয়াম, মিথেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড, হিমায়ক-২২, হিমায়ক-১২, হিমায়ক-৫০২ ইত্যাদি।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **নিম্ন তাপমাত্রা হিমায়নের উদ্দেশ্য কী?** [বাকাশিবো–২০০৬]

অথবা, লো-টেম্পারেচারের উদ্দেশ্য কী? [বাকাশিবো-২০০৮]

অথবা, লো-টেম্পারেচারের রেফ্রিজারেশন ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর ঃ **নিম্ন তাপমাত্রা হিমায়নের উদ্দেশ্যগুলো হল ঃ**

১। গ্যাস তরলীকরণ
২। ঔষধ শিল্প
৩। বাতাস তরলীকরণ
৪। নিম্ন তাপমাত্রার দ্রব্য সংরক্ষণ।

২। **ক্রায়োজেনিক টেকনোলজির প্রয়োগ ক্ষেত্র লিখ।**

উত্তর ঃ Cryogenic ক্ষেত্রের প্রথম এবং এখন পর্যন্ত সবচেয়ে বড় প্রয়োগ ক্ষেত্র হচ্ছে তরল গ্যাসের বিপুল পরিমাণ উৎপাদন। দ্বিতীয় ব্যবহার হচ্ছে কতিপয় প্রক্রিয়ায় অত্যধিক নিম্ন তাপমাত্রায় প্রয়োগ। যেমন– গবেষণা ও উন্নয়নমূলক কাজ।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **ক্রায়োজেনিক টেকনোলজি প্রয়োগ ও উন্নয়ন সম্পর্কে বর্ণনা দাও।**

অথবা, ক্রায়োজেনিক পদ্ধতির বৈজ্ঞানিক প্রয়োগ আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০১০]

অথবা, নিম্নতাপমাত্রায় হিমায়নের প্রয়োজনীয়তা ও ব্যবহার ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১.১ ও ১.৪ নং দ্রষ্টব্য।

২। **বাষ্প সংকোচন পদ্ধতির নিম্ন তাপমাত্রা আনয়নের অসুবিধা কী কী?** [বাকাশিবো-২০১৪(R)]

অথবা, নিম্নতাপমাত্রা উৎপাদনে বাষ্প সংকোচন পদ্ধতির সীমাবদ্ধতা লিখ। [বাকাশিবো-২০০৪]

অথবা, ভেপারকম্প্রেশন সাইকেলে লো-টেম্পারেচার আনয়নে কী কী অসুবিধা হয়? [বাকাশিবো-২০০৬, ১০, ১৩, ১৪]

অথবা, নিম্নতাপমাত্রা উৎপাদনের ক্ষেত্রে ভেপারকম্প্রেশন পদ্ধতির সীমাবদ্ধতা ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

অথবা, নিচু তাপমাত্রা (Low temperature) আনয়নে ভেপারকম্প্রেসন সাইকেলের সীমাবদ্ধতা কী কী? [বাকাশিবো-২০০৮]

অথবা, রেফ্রিজারেশন ক্ষেত্রে নিম্ন তাপমাত্রার সীমাবদ্ধতা লেখ। [বাকাশিবো-২০০৯, ১১]

অথবা, নিম্নতাপমাত্রার সীমাবদ্ধতাগুলো উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১.৬ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-২

নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টি বা উৎপাদন
(The Production of Low Temperature)

২.০ ভূমিকা (Introduction) ঃ

অনেক বছর আগে মানুষ প্রাকৃতির বরফ সংগ্রহ করে পাত্রের মধ্যে রেখে খাদ্যদ্রব্য সংরক্ষণ করত। অবশ্য যে দেশে বরফ জমে। ঐ সময় এমন কোন যন্ত্র আবিষ্কৃত হয়নি যার মাধ্যমে দ্রব্য সামগ্রী ঠাণ্ডা করে সংরক্ষণ করা যায়। এরপর ধীরে ধীরে হিমায়ন যন্ত্র আবিস্কৃত হওয়ার পর সংরক্ষণও অন্যান্য দেশে প্রসার লাভ করে। আরামদায়ক তাপমাত্রা তৈরি করার জন্য এয়ারকন্ডিশনার তৈরি হয়। এরপর স্বাভাবিক তাপমাত্রা হতে নিচু তাপমাত্রা আনায়ন করার জন্য কিছু পদ্ধতি অনুসরণ করা হয় যার মাধ্যমে অতি নিচু তাপমাত্রা সৃষ্টি করা যায়। এখানে একাধিক হিমায়ন চক্র ব্যবহার করে নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টি করা হয়।

২.১ নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টির পদ্ধতিগুলোর তালিকা (List methods of production of low temperature) ঃ

নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টির পদ্ধতিগুলো হল ঃ

১। মাল্টিস্টেজ রেফ্রিজারেশন সিস্টেম
২। ক্যাসকেড সিস্টেম
৩। সাবকুলিং
৪। ইন্টার কুলার সিস্টেম
৫। কম্পাউন্ড কম্প্রেসর সিস্টেম
৬। লীন্ড সিস্টেম
৭। ক্লাউড সিস্টেম
৮। ড্রাই আইস সিস্টেম

নিম্ন তাপমাত্রার জন্য হিমায়ক ঃ

১। **একক হিমায়ক ঃ**
- (i) নাইট্রোজেন
- (ii) হিলিয়াম
- (iii) মিথেন
- (iv) অক্সিজেন
- (v) ইথিলিন
- (vi) কার্বন ডাই-অক্সাইড ইত্যাদি।

২। **বহুবিধ হিমায়ক ঃ**
- (i) প্রপেন, ইথেলিন এবং মিথেন
- (ii) এমোনিয়া, ইথেলিন, মিথেন এবং নাইট্রোজেন
- (iii) মিথেন ক্লোরাইড, ইথেলিন এবং অক্সিজেন
- (iv) এমোনিয়া, ইথেন এবং মিথেন
- (v) হিমায়ক-২২ এবং হিমায়ক-১৩
- (vi) হিমায়ক-১২ এবং হিমায়ক-৫০২, হিমায়ক-৬০০, হিমায়ক-১৩৪a

২.২ নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টির জন্য বহু ধাপ বা মাল্টিস্টেজ হিমায়ন পদ্ধতি (Multistage refrigerati system for the production of low temperature) ঃ

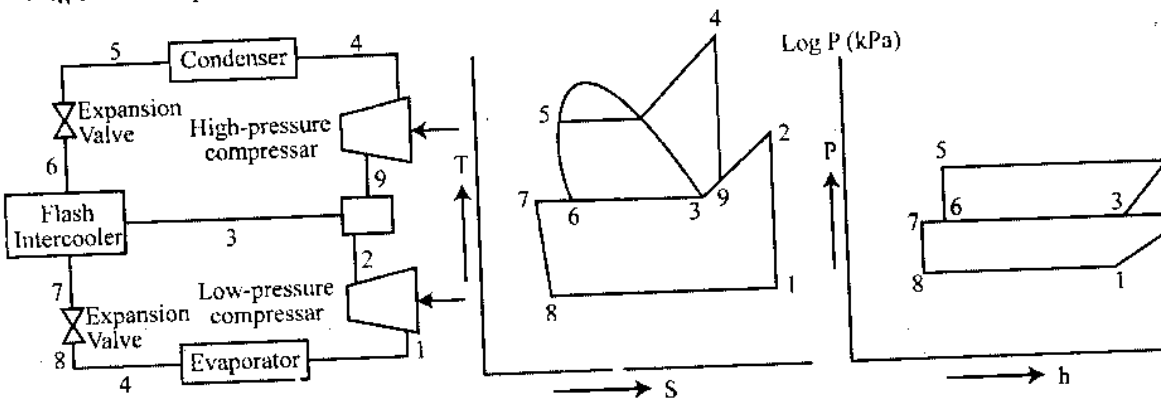
নিম্ন তাপমাত্রা আনায়ন এর জন্য বহুল বা ব্যাপকভাবে Multistage refrigeration system ব্যবহার করা হয়। Indust Refrigeration plant-এর জন্য উক্ত পদ্ধতি খুব গুরুত্বপূর্ণ। Low তাপমাত্রা তৈরির সময় Condensing এবং Evaporat তাপমাত্রার মধ্যে পার্থক্য 50 থেকে 80°C (100° থেকে 150°F) পর্যন্ত হয়ে থাকে সেই ক্ষেত্রে Multistage Refrigeration প খুব কার্যকর।

Multistage system-এ দুই বা ততোধিক কম্প্রেসর অথবা ইভাপোরেটর ব্যবহার করা হয়। ভিন্ন ধাপে সংকোচন ব প্রক্রিয়াকে কম্পাউন্ড ভেপার কম্প্রেশন বা Multistage Refrigeration system বলে। যদি হিমায়ক কম্প্রেসর থেকে কনডে যাবার পথে এক বার সংকুচিত হয়ে থাকে তাকে সিঙ্গেল স্টেপ কম্প্রেশন বলে।

আর যদি সংকোচন দুই বার হওয়াকে দুই ধাপে সংকোচন পদ্ধতি বলে। তিন ধাপে সংকোচন হলে তাকে তিন ধাপ সংকে পদ্ধতি বলে। উক্ত পদ্ধতির মাধ্যমে কম্প্রেসর ওয়ার্ক কমিয়ে সিস্টেমের দক্ষতা বাড়ানো হয়। Multistage Refrigeration প তিন ধরনের হয়ে থাকে।

(a) Multi-compression system.
(b) Multi-evapartor system.
(c) Cascade system.

নিম্নে Multi-compression পদ্ধতির চিত্র দেওয়া হলো।



(a) Flow diagram (b) T-s diagram (c) p-h diagram

চিত্র ঃ ২.১ multistage refrigeration system with T-S and P-H diagram

২.৩ নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টির ক্ষেত্রে সিঙ্গেল স্টেজের (একধাপ) তুলনায় মাল্টিস্টেজ (বহুধাপ) পদ্ধতির (State the advantage's of multistage system over single stage vapour compresson syst production low temperature) ঃ

নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টিতে মাল্টিস্টেজ সিস্টেম (বহুধাপ) এর ক্ষেত্রে সুবিধাগুলো হল ঃ

(i) দুই ধাপের মধ্যে ইন্টারকুলার ব্যবহার করা হয়।
(ii) উক্ত সিস্টেমে লিকেজ লস কম হয়।
(iii) এক্সপানশন ভালভ তরল হিমায়কের প্রবেশের পূর্বে সাবকুলিং করা হয় ফলে রেফ্রিজারেটিং ইফেক্ট (R_E) বৃদ্ধি পা
(iv) এর লুব্রিকেশন ভাল হয়।
(v) কম দামের দুই বা ততোধিক কম্প্রেসর ব্যবহার করা যায়।
(vi) সিঙ্গেল স্টেজ কম্প্রেশন-এর তুলনায় মাল্টিস্টেজ কম্প্রেশন-এর ক্ষমতা কম লাগে।

নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টিতে সিঙ্গেল স্টেজের (একক ধাপ) সুবিধাগুলো হল ঃ

(i) নির্দিষ্ট রেশিওতে কাজে দক্ষতা বেশি।

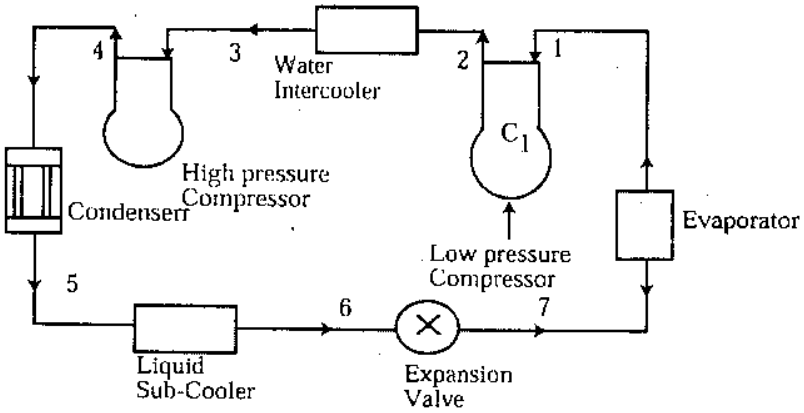
(ii) দুই স্টেজে হিমায়কের আয়তন ও চাপ অনুসারে ভিন্ন সাইজের সিলিন্ডার নির্বাচন করা সম্ভব হয়।

(iii) এতে তুলনামূলকভাবে লিকেজ হ্রাস পায়।

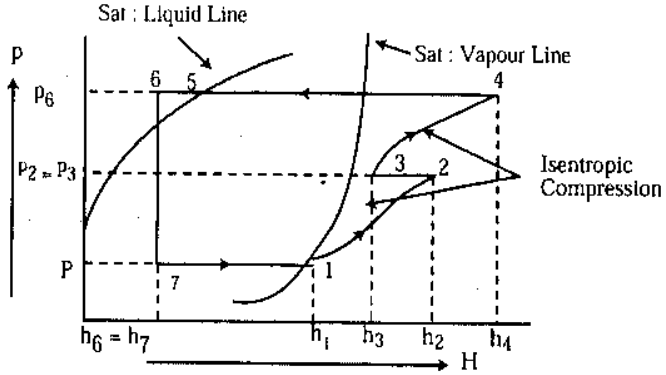
(iv) এতে অপেক্ষাকৃত সুষম টর্ক পাওয়া যায় ফলে ছোট ফ্লাই হুইল ব্যবহার করা যায়।

২.৪ নিম্নতাপমাত্রা সৃষ্টির ক্ষেত্রে ইন্টারকুলিং এবং সাব-কুলিংসহ লিকুইড রেফ্রিজারেশন কম্পাউন্ড কম্প্রেশন সিস্টেম বর্ণনা (Describe the compound compression system with intercooling and sub-cooling with liquid refrigeration itself for producing low temperature) ঃ

নিম্নে চিত্র ২.২ এ প্রবাহ চিত্র ও প্রেসার এনথালপি ডায়াগ্রামের সাহায্যে একটি ওয়াটার ইন্টারকুলার এবং লিকুইড সাব-কুলার ব্যবহৃত (রেফ্রিজারেশন) পদ্ধতি দেখানো হল ঃ



চিত্র ঃ ২.২ ইন্টারকুলার ও সাবকুলারসহ রেফ্রিজারেশন সাইকেল



চিত্র ঃ ২.৩ ইন্টারকুলার ও সাবকুলারসহ রেফ্রিজারেশন সাইকেলের PH ডায়াগ্রাম

কার্যপ্রণালি ঃ লো-প্রেসার কম্প্রেসর থেকে আগত সংকুচিত সুপারহিটেড ভেপারের তাপ কিছুটা কমানো হয়। ওয়াটার ইন্টারকুলারের সাহায্যে কি ভেপারের চাপ একই থাকে। এ ভেপার হিমায়ক তাপ কিছুটা হলেও সুপারহিটেড অঞ্চলে থাকে, সেচুরেটেড ভেপার লাইন স্পর্শ করে না তা আমরা P-h চার্টের 2-3 এ দেখতে পাই। ঐ হিমায়কে হাইপ্রেসার কম্প্রেসর সংকোচন ক্রিয়ার মাধ্যমে আরও বেশি সুপারহিটেড ভেপারে পরিণত করে কনডেন্সারে পাঠায়। কম্প্রেসরে সুপারহিটেড হিমায়ক তাপ হারিয়ে তরল হিমায়ক (Liquid refrigerant) এ পরিণত হয়। ঐ তরল হিমায়ক লিকুইড সাব-কুলারের সাহায্যে তাপ হারিয়ে আরও বেশি ঠাণ্ডা হয়, যা আমরা P-h চার্টের 5-6 এ দেখতে পাই। মাল্টিস্টেজ টু স্টেজ কম্প্রেশন পদ্ধতিতে ওয়াটার ইন্টারকুলার ও লিকুইড সাব-কুলার ব্যবহারের ফলে সিস্টেমের রেফ্রিজারেটিং ইফেক্ট (RE) বৃদ্ধি পায়। এর ফলে সিস্টেমে (COP) বৃদ্ধি পায়।

২.৫ মাল্টিস্টেজ সিস্টেম-এর সীমাবদ্ধতা (The limitation of multistage system) ঃ

মাল্টিস্টেজ সিস্টেমের সীমাবদ্ধতা হল ঃ

(i) নিম্ন তাপমাত্রা আনয়নে অন্যান্য পদ্ধতি অপেক্ষা খরচ বেশি।

(ii) এর ডিজাইন জটিল।

(iii) এর অপারেটিং কঠিন।

(iv) ইন্টার মিডিয়েট প্রেসার নিয়ন্ত্রণ করার ব্যবস্থা থাকে না। যা লোড পরিবর্তনের সাথে পরিবর্তিত হয়।

(v) সিলিন্ডারে সঠিক লুব্রিকেটিং-এর জন্য অয়েল কন্ট্রোল ব্যবহার করতে হয়।

(vi) রক্ষণাবেক্ষণ ও মেরামত ঝামেলাযুক্ত।

(vii) এই পদ্ধতিতে যন্ত্রাংশ বেশি ব্যবহার করতে হয়।

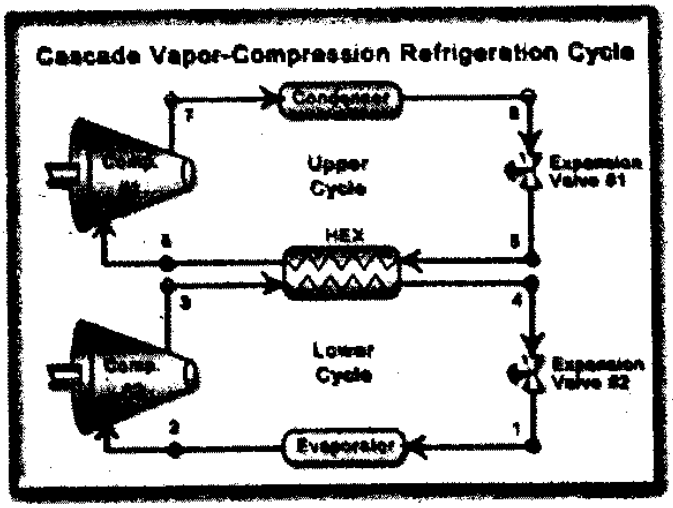
২.৬ নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টিতে ক্যাসকেড সিস্টেম (Cascade system for production low temperature) ঃ

যে পদ্ধতিতে দুই বা ততোধিক ভেপার কম্প্রেসর সিরিজে যুক্ত হয়ে ক্রমান্বয়ে উচ্চ স্ফুটনাঙ্কের ভিন্ন ভিন্ন রেফ্রিজারেন্ট ব্যবহৃত হয় এবং পূর্বের সাইকেলে কনডেন্সারকে শীতল করার কাজে পরবর্তী সাইকেলে ইভাপোরেটরকে ব্যবহার করা হয়, তাকে ক্যাসকেড রেফ্রিজারেশন বলে। ১৮৭৭ সালে পিকটেট (Picktet) প্রথম ক্যাসকেড সিস্টেম চালু করেন। তিনি অক্সিজেন তরল করার কাজে সালফার ডাই অক্সাইড (SO_2) এবং ডাই অক্সাইড (CO_2) রেফ্রিজারেন্ট ব্যবহৃত হয়।

(–40)° সেঃ তাপমাত্রার নিচে সিঙ্গেল স্টেজ কম্প্রেশন পদ্ধতি ব্যবহার লাভজনক নয়। হিমায়কের হিমাংকের জন্য মাল্টিস্টেজ ব্যবহার করেও একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রার নিচে হিমায়ন সম্ভব নয়। যেমন– এমোনিয়ার হিমাংক (–77.8)° সে.। সুতরাং বায়ুমণ্ডলীয় চাপে সিঙ্গেল বা মাল্টিস্টেজ ব্যবহার করেও (–77.8)° সে নিচে হিমায়ন সম্ভব নয়। এর চেয়ে নিচু তাপমাত্রার হিমায়নের জন্য আরও নিচু হিমাংকের হিমায়ক ব্যবহৃত হয়। নিচের হিমায়কগুলোর হিমাংকের দিকে তাকালে নিম্ন তাপমাত্রার একটি সীমাবদ্ধতা দেখা যাবে–

হিমায়ক	R-12	R-22	R-113	R-502	NH3	502	CO_2
তাপমাত্রা (সে.)	–157.8	–160	–35	–	–77.8	–75.6	–56.7

বিভিন্ন দিক বিশ্লেষণ ও পর্যালোচনা করে বুঝা যায়, অতিনিম্ন তাপমাত্রায় ক্যাসকেড সিস্টেম অধিক উপযোগী।



চিত্র ঃ ২.৪ ক্যাসকেড ভেপার কম্প্রেশন রেফ্রিজারেশন সাইকেল ফ্লো ডায়াগ্রাম

২.৭ নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টিতে টু-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেম (Two stage cascade system for production low temperature) ঃ

ক্যাসকেড সিস্টেমে দুই বা ততোধিক হিমায়ন চক্র মিলিত হয়ে একটি নিচু তাপমাত্রার সৃষ্টি করে। এক্ষেত্রে একটি ইভাপোরেটর অন্য একটি কনডেন্সারকে ঠাণ্ডা করে। নিম্ন তাপমাত্রার হিমায়ন চক্রে ব্যবহৃত কনডেন্সারকে ক্যাসকেড কনডেন্সার (Cascade condenser) বলে এবং হাই স্টেজের ইভাপোরেটর বলে। আসলে এটা একটি তাপ বিনিময়কারী বা হীট এক্সচেঞ্জার। এ সময় দু বা ততোধিক হিমায়ক ব্যবহৃত হয়। উক্ত পদ্ধতি Industrial এবং Medical ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়। যদি Evaporalor এর Load T_2 tons হয় এবং Low Temperature evaporator refrigerat flow m_2 kg/sec হয় তবে $m_2 = \frac{3.5\,T_2}{(h_2 - h_1)}$ mass balance হতে পাই–

$$m_2 (h_3 - h_4) = m_1 (h_6 - h_5)$$

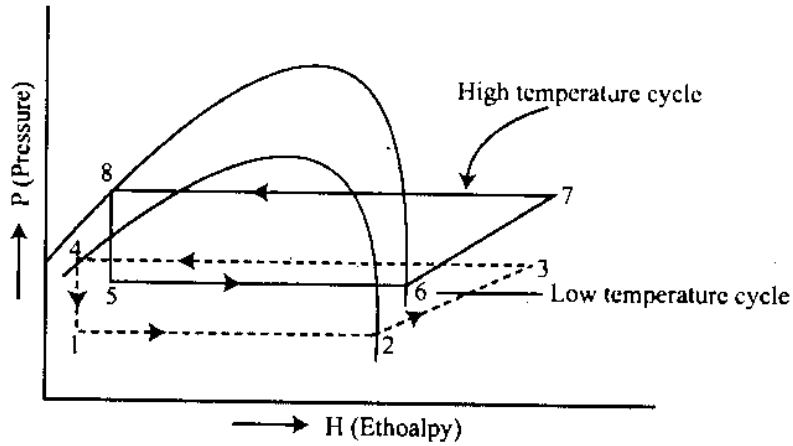
$$\therefore m_1 = m_2 \left(\frac{h_3 - h_4}{h_6 - h_5}\right)$$

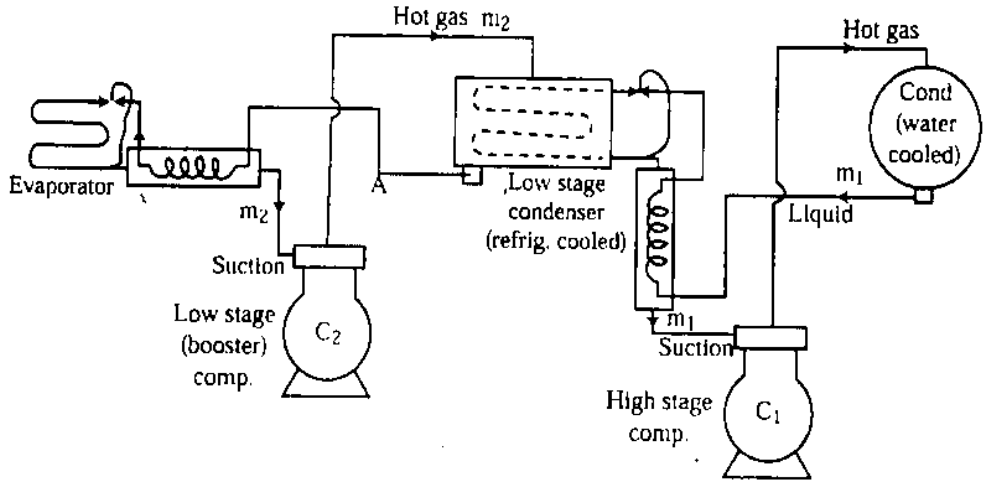
প্রয়োজনীয় শক্তির পরিমাণ $= m_2 (h_3 - h_2) + m_1 (h_7 - h_6)$

$= kw$

উক্ত পদ্ধতিতে $C.O.P = \frac{3.5\,T_2}{m_2 (h_3 - h_2) + m_1(h_7 - h_6)}$

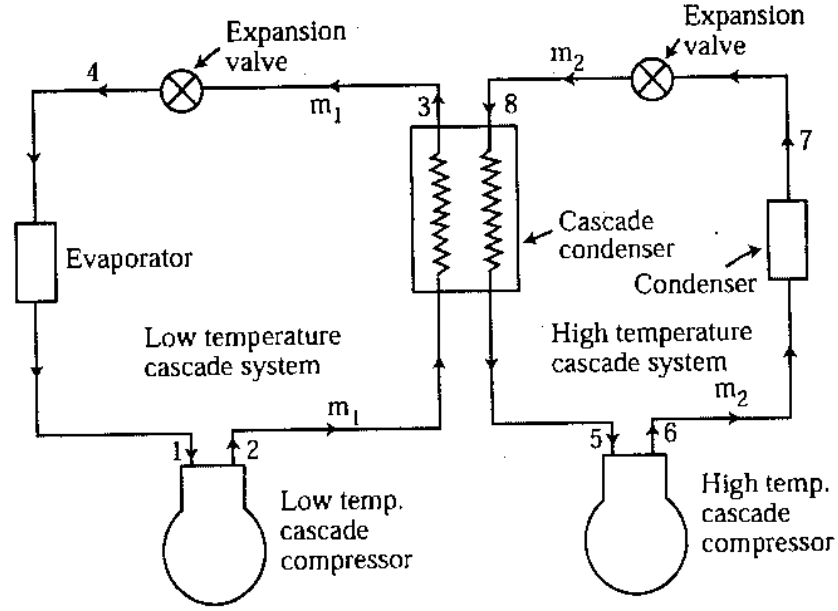
(2.5 এর (b) চিত্র p–h diagram for two stage cascade system)



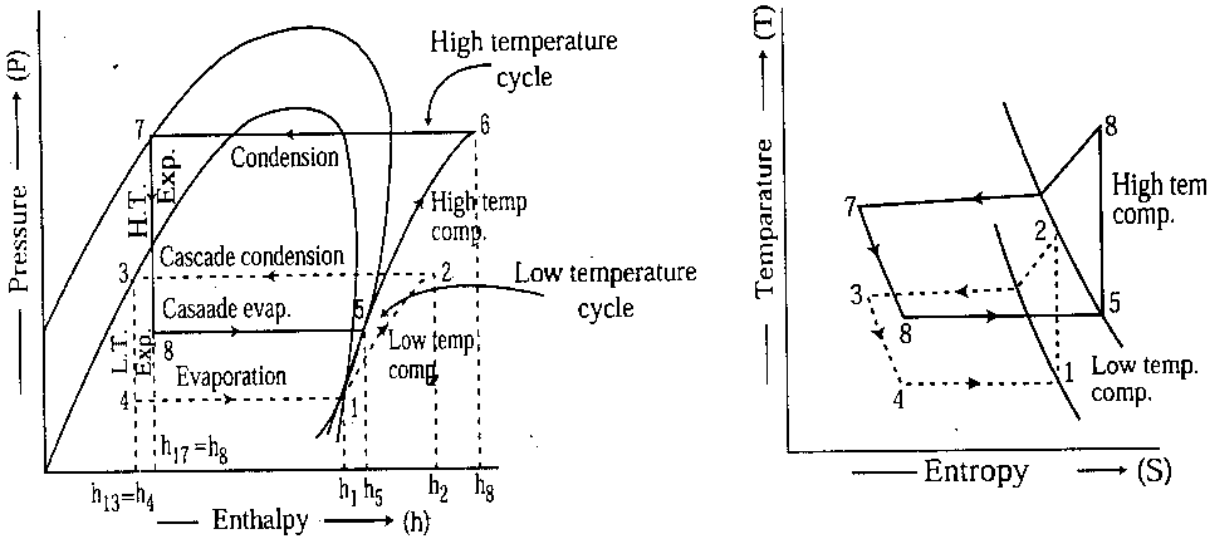


চিত্র ঃ ২.৫ নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টিতে টু স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেম

২.৮ টু স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেম এর রেফ্রিজারেশন ও পি.এইচ ডায়াগ্রাম (Two stage cascade system with PH diagram) ঃ



চিত্র ঃ ২.৬ টু-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের রেফ্রিজারেশন সাইকেল

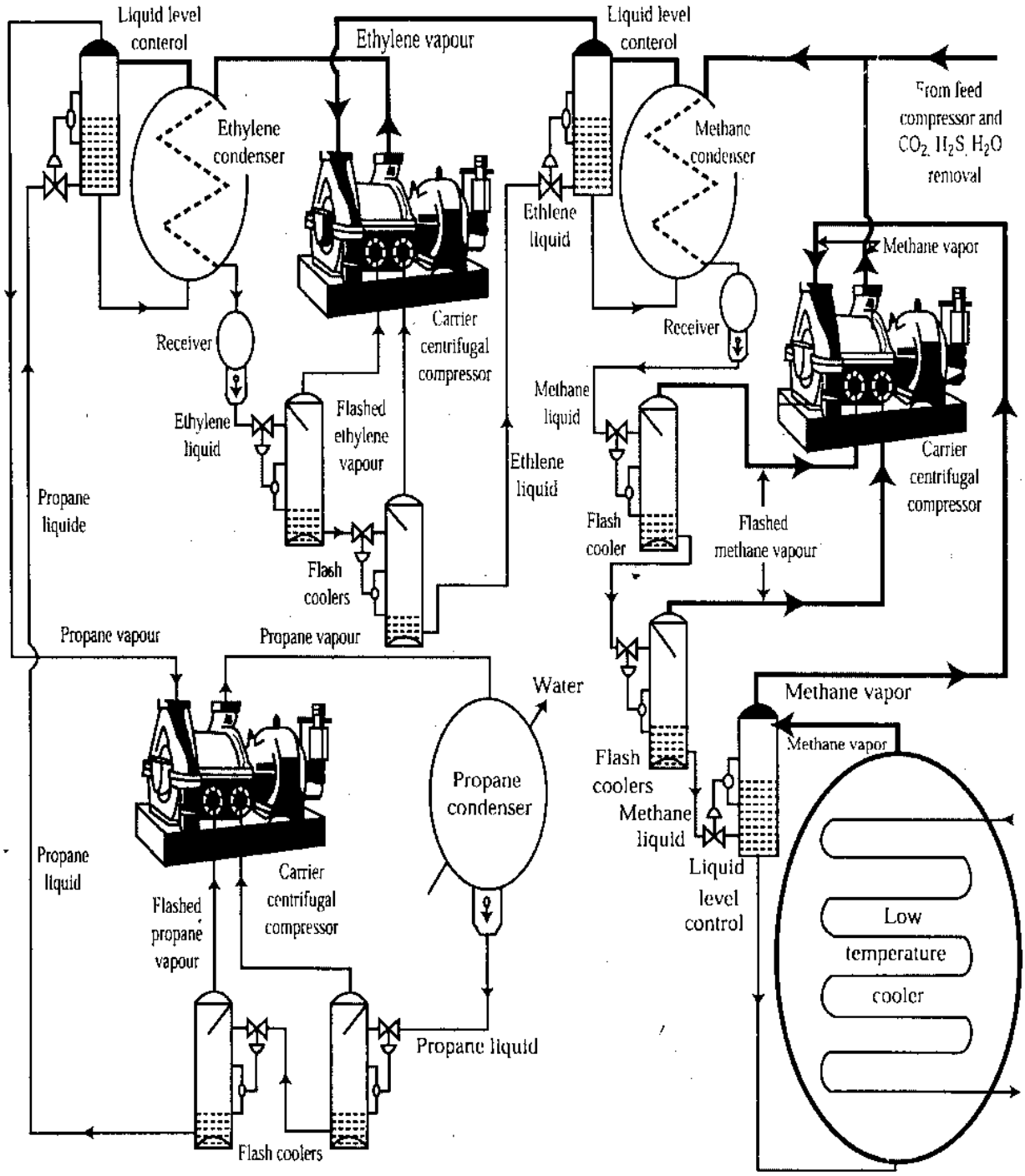


চিত্র ঃ ২.৭ টু-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের PH এবং TS ডায়াগ্রাম

কার্যপ্রণালি ঃ কুলিং কয়েল হতে হিমায়ক যখন নিচু তাপমাত্রা নিয়ে আসে তখন এই হিমায়ক ক্যাসকেড কনডেন্সারে অন্য হিমায়কের সাহায্যে শীতল করা হয়। ফলে প্রথম হিমায়কের কার্যক্ষমতা অনেক বৃদ্ধি পায়। আবার দ্বিতীয় হিমায়ক অন্য হিমায়কের সাহায্যে শীতল করা হয়। ফলে এর তাপ শোষণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। ফলে ইভাপোরেটরে রেফ্রিজারেটিং ইফেক্ট (Refrigerating effect) অধিক হারে পরিলক্ষিত হয় এবং এখানে অতিনিচু তাপমাত্রা সৃস্টি হয়।

ক্যাসকেড পদ্ধতি-এর দুই বা ততোধিক হিমায়ক চক্র মিলিত হয়ে একটি নিচু তাপমাত্রার সৃষ্টি করে। এক্ষেত্রে একটি ইভাপোরেটর অন্য একটি কনডেন্সার কে ঠাণ্ডা করে। নিম্ন তাপমাত্রার হিমায়ন চক্রে ব্যবহৃত কনডেন্সার-কে ক্যাসকেড কনডেন্সার এবং হাই স্টেজের ইভাপোরেটর বলে।

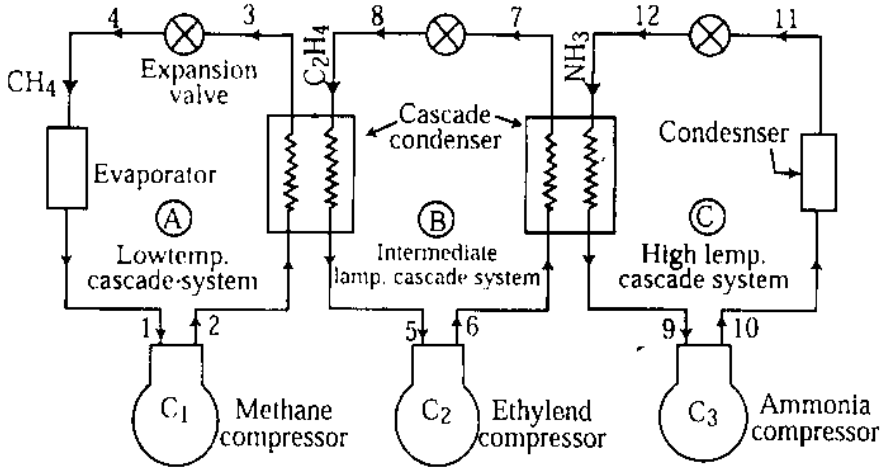
২.৯ থ্রী স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমে ওয়াটার ইন্টার কুলিং ও ফ্লাশ ইন্টার কুলার সংযুক্ত চিত্র অঙ্কন (Illustrate three stage cascade system with water inter-cooling and flash inter-coolers) ঃ



চিত্র ঃ ২.৮ থ্রী স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমে ওয়াটার ইন্টারকুলিং ও ফ্লাশ ইন্টারকুলার সংযুক্ত রেফ্রিজারেশন সাইকেল।

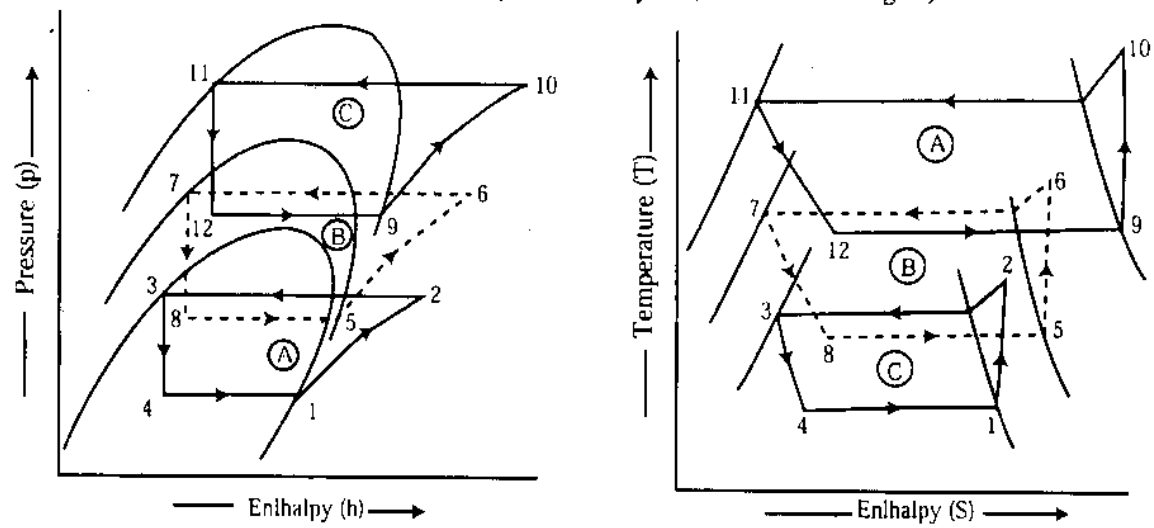
২.১০ থ্রী স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের ফ্লো ডায়াগ্রাম (প্রবাহ চিত্র) ও পিএইচ ডায়াগ্রাম (Three stage cascade system with schematic and PH diagram) ঃ

থ্রী স্টেজ ক্যাসকেড রেফ্রিজারেশন সিস্টেম ঃ থ্রী স্টেজ ক্যাসকেড রেফ্রিজারেশন সিস্টেম সাধারণত গ্যাস তরল করার কাজে ব্যবহৃত হয়। এতে অ্যামোনিয়া (NH_3), ইথিলিন (C_2H_4) এবং মিথেন (CH_4) হিমায়ক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।



চিত্র ঃ ২.৯ থ্রী স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেম রেফ্রিজারেশন সাইকেল বা ফ্লো ডায়াগ্রাম

ক্যাসকেড সিস্টেম হিমায়নের একটি সেট হল মিথেল, ক্লোরাইড, ইথেলিন এবং অক্সিজেন (Methyle chloride, ethylene oxygen.) এমোনিয়া, ইথেলিন, মিথেন এবং নাইট্রোজেন (Amonia, ethylene, methane & nitrogen.)



চিত্র ঃ ২.১০ PH ও TS ক্যাসকেড রেফ্রিজারেশন সিস্টেমের ডায়াগ্রাম

থ্রী স্টেজ ঃ থ্রী স্টেজ কার্যপ্রণালি ক্যাসকেড সিস্টেমে তিনটি অংশ থাকে যাকে "A" "B" এবং "C" দিয়ে চিহ্নিত করা হয়েছে। "C" অর্থাৎ High temp cascade system এ Ammonia Compressor ব্যবহৃত হয় যার ইভাপোরেটর বা Cascade condenser এর ঠান্ডার প্রভাবে Intermediate temp cascade system এর Condenser ঠাণ্ডা হয়। ফলে এখানে ব্যবহৃত হিমায়ক (ইথিলিন) এর কার্যক্ষমতা বৃদ্ধি পায় এবং এই হিমায়ক এক্সপানশন ভালভ হয়ে ইভাপোরেটরে বা Cascade condenser এ প্রবেশ করে। এই সময় "A" অর্থাৎ Low temp Cascade system-এর Condenser "B" এর ইথিলিন (Ethylene) এর প্রভাবে ঠাণ্ডা হয় এবং কার্যক্ষমতা বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়ে এই হিমায়ক ইভাপোরেটরে প্রবেশ করে। এক্ষেত্রে হিমায়ক হিসেবে মিথেন (Methane) ব্যবহৃত হয় ফলে ইভাপোরেটর প্রচণ্ড শীতল হয় যার temp প্রায় – 100°C হতে – 473°C পর্যন্ত হতে পারে।

ক্যাসকেড সিস্টেম ব্যবহারে সুবিধাসমূহ ঃ

(i) এর দুই বা ততোধিক হিমায়ন চক্রই সহজ ও সরল।

(ii) যে হিমায়ক শূন্যতায় চালাতে হয় তা নিম্ন তাপমাত্রায় ধাপে এবং যে হিমায়কের ঘনীভবন চাপ কম সেটা উচ্চ ধাপে ব্যবহার করা যায়।

(iii) যেহেতু প্রতিটি চক্র পৃথকভাবে চালিত হয় সেহেতু পিচ্ছিলকরণ কোন সমস্যা নয়।

(iv) উচ্চতর হিমাঙ্কের হিমায়ক উচ্চ ধাপে এবং নিম্নতর হিমাঙ্কের হিমায়ক নিম্ন ধাপে ব্যবহার করা হয়।

(v) তরল হিমায়কের সাথে ইন্টার কুলিং ব্যবহারে অধিক দক্ষতা পাওয়া যায়।

(vi) নিম্ন স্ফুটনাঙ্ক অধিক ঘনত্ব ও উঁচু চাপের কম্প্রেসর এ cop বাড়ে।

(vii) একাধিক হিমায়ক ব্যবহার করা হয়।

(viii) লুব্রিকেটিং ভাল হয়।

(ix) দক্ষতা বেশি।

(x) গঠন প্রণালি সহজ।

(xi) অপারেটিং সহজ।

(xii) যন্ত্রাংশসমূহ সহজলভ্য।

কমপ্রেসার লুব্রিকেটিং তেল নির্বাচন ঃ কম্প্রেসর অয়েল বা লুব্রিকেটিং তেল কম্প্রেসরের প্রাণ। কম্প্রেসরের আয়ুকাল নির্ভর করে কম্প্রেসর অয়েলের উপর। তাই সঠিক তেল নির্বাচন একটি গুরুত্বপূর্ণ কাজ এবং এবং এজন্য যে সকল গুণাগুণ গুরুত্বপূর্ণ সেগুলো হল-

১। রাসায়নিক দৃঢ়তা (Chemical stability)

২। সান্দ্রতা (Viscosity)

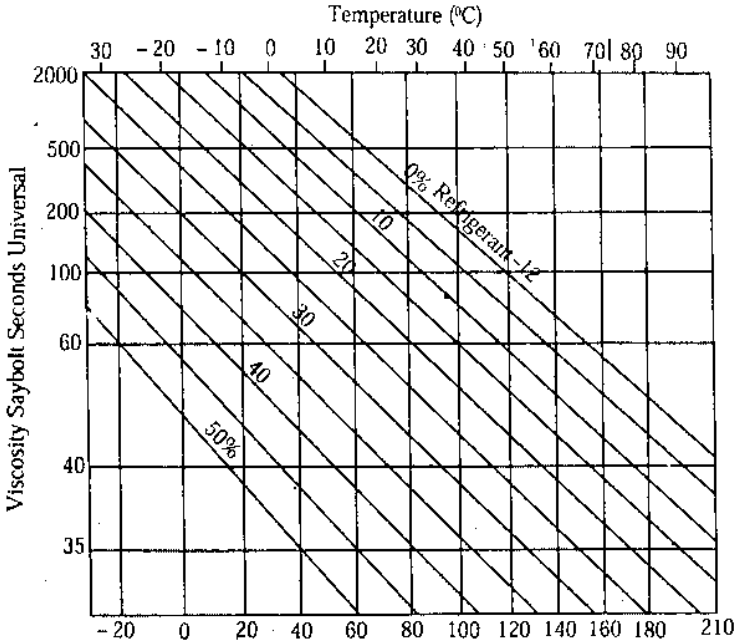
৩। প্রবাহমান (Pour point)

৪। ক্লাউড পয়েন্ট (Cloud point)

৫। ফ্লোক পয়েন্ট (Flock point)

৬। ফ্লোক প্রবাহে প্রতিরোধ ক্ষমতা (Dielectric strengh)

৭। হিমায়কের সাথে বিক্রিয়া (Action with refrigerant)



চিত্র ঃ ২.১ তাপমাত্রার ডায়াগ্রাম

তাপমাত্রার সাথে ভিসকোসিটির সম্পর্ক . তাই বৈশিষ্ট্য ও গুণাগুণে তেল নির্বাচনের গুরুত্বপূর্ণ বিষয়গুলো হল-

(ক) কম্প্রেসরের প্রকার ও গঠন

(খ) হিমায়কের ধরন

(গ) ইভাপোরেটরের তাপমাত্রা

(ঘ) কম্প্রেসরের ডিসচার্জ তাপমাত্রা ইত্যাদি।

২.১১ সমাধানসহ সমস্যাবলি ঃ

উদাহরণ–১ ঃ একটি টু স্টেজ কম্প্রেশনে 20kg/min অ্যামোনিয়াকে 1.4 বার (Bar) সম্পৃক্ত বাষ্প হতে 10 বার (Bar) কন্ডেন্সিং চাপে সংকুচিত করতে কী পরিমাণ পাওয়ার লাগবে। ইন্টারকুলারে তরল হিমায়কের চাপ 4 Bar. ধর কন্ডেন্সারে সম্পৃক্ত তরল এবং ইভাপোরেটরে সম্পৃক্ত বাষ্প বের হচ্ছে। যদি ইন্টারকুলার ব্যবহার করা না হয়, তাহলে কী পরিমাণ পাওয়ার লাগবে।

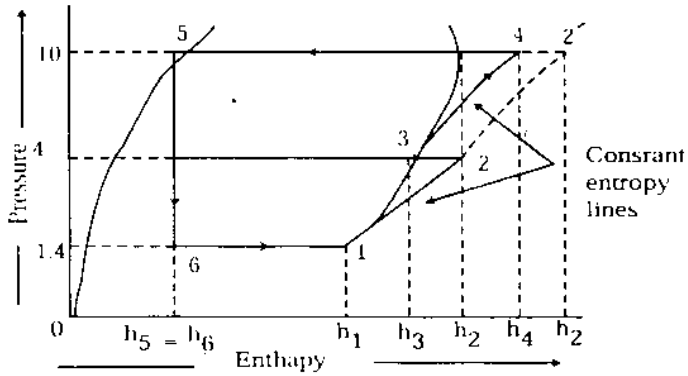
সমাধান ঃ দেয়া আছে, m_1 = ২০ kg/min,

$P_E = 1.4$ bar;

$P_C = 10$ bar;

$P_2 = P_3 = 8$ bar

চিত্রে একটি টু স্টেজ কম্প্রেশন সিস্টেম ইন্টারকুলারসহ দেখানো হল।



অ্যামোনিয়ার P–h চার্ট হতে প্রাপ্ত বিভিন্ন মান নিম্নে দেয়া হল–

h_1 = 1400 kJ/kg

h_2 = 1527 kJ/kg

h_4 = 1550 kJ/kg

s_1 = 5.75 KJ/kg k

h_3 = 11428 kJ/kg

$h_5 = h_6$ = 248 kJ/kg

s_3 = 5.39 kJ/kg k

আমরা জানি, কনডেন্সার দিয়ে প্রবাহিত হিমায়কের ভর $= \frac{m_1(h_2-h_{f5})}{(h_3-h_{f5})}$

$$m_2 = \frac{20\,(1527-284)}{(1428-284)} = 21.73 \text{ kg/min}$$

লো-প্রেসার কম্প্রেসর দ্বারা কৃতকাজ, $W_L = m_1\,(h_2 - h_1)$

$= 20(1527 - 1400) = 2540$ kj/min

হাইপ্রেসার কম্প্রেসর দ্বারা কৃতকাজ, $W_H = m_2\,(h_4 - h_3)$

$= 21.73\,(1550 - 1428) = 2651$ kJ/min

উভয় কম্প্রেসরের জন্য মোট কৃতকাজ, $W = W_L + W_H$

$= 2540 + 2651 = 5191$ kJ/min

$\therefore$ প্রয়োজনীয় পাওয়ার $= \frac{5191}{60} = 86.5$ KW **(Ans.)**

ইন্টারকুলার ব্যবহার না করে প্রয়োজনীয় পাওয়ার ঃ

যদি ইন্টারকুলার ব্যবহার করা না হয়, তাহলে হাইপ্রেসার কম্প্রেসর 2–2′ পথে কাজ করবে।

সেক্ষেত্রে $h'_2 = 1676$ kj/kg [P–h চার্ট হতে]

$\therefore$ হাইপ্রেসার কম্প্রেসর দ্বারা কৃতকাজ $= m_1 (h'_2 - h_2)$

$= 20 (1676 - 1527)$

$= 2980$ kJ/min

$\therefore$ মোট কাজ $W = W_L + W_H = 2540 + 2980 = 5520$ kJ/min

$\therefore$ প্রয়োজনীয় পাওয়ার $= \frac{5520}{60} = 92$ KW. **(Ans.)**

উদাহরণ–২ ঃ নিম্নলিখিত ডাটাসমূহ ওয়াটার ইন্টারকুলারসহ একটি টু স্টেজ অ্যামোনিয়া কম্প্রেশন রেফ্রিজারেশন সিস্টেমের–

কন্ডেন্সিং প্রেসার = 14 bar

ইভাপোরেটর প্রেসার = 2 bar

ইন্টারকুলার প্রেসার = 15 bar

ইভাপোরেটর লোড = 10TR

যদি ডি-সুপারহিটেড বাষ্প ও সাবকুল্ড তরল হিমায়কের তাপমাত্রা 30°C হয়, তাহলে বের কর

১। সিস্টেম পরিচালনার জন্য প্রয়োজনীয় পাওয়ার।

২। সিস্টেমের C.O.P

সমাধান ঃ দেয়া আছে, $P_C = 14$ bar

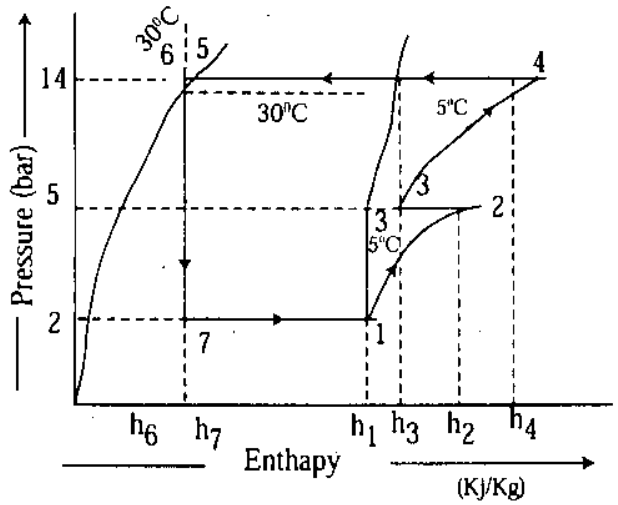
$P_E = 2$ bar

$P_2 = P_3 = 5$ bar

$Q = 10$ TR

$t_3 = t_6 = 30°C$

ওয়াটার ইন্টারকুলারসহ একটি টু স্টেজ কম্প্রেশন সিস্টেমের p–h ডায়াগ্রাম নিম্নে দেয়া হল–



অ্যামোনিয়ার P–h চার্ট হতে প্রাপ্ত বিভিন্ন পয়েন্টের মানগুলো হল–

$h_1 = 1420$ kJ/kg

$s_1 = 5.62.44$ kJ/kg k

$h_3 = 1510$ kJ/ kg

$s_3 = 5.24$ kJ/kg k

$h_4 = 1672$ kJ/kg

$h_{f6} = h_7 = 323$ kJ/kg

$h_2 = 1550$ kJ/kg

১। সিস্টেম পরিচালনার জন্য প্রয়োজনীয় পাওয়ার ঃ

আমরা জানি, সিস্টেমে প্রবাহিত হিমায়কের ভর, $m = \frac{210\,Q}{h_1 - h_{f6}}$

$$= \frac{210 \times 10}{1420 - 323} = 1.91 \text{ kg/min}$$

উভয় কম্প্রেসরে মোট কৃতকাজ, $W = m\,[(h_2 - h_1) + (h_4 - h_3)]$

$$= 1.91\,[(1550 - 1420) + (1672 - 1510)] = 557.7 \text{ kJ/min}$$

$\therefore$ প্রয়োজনীয় পাওয়ার, $P = \frac{557.7}{60} = 9.3$ kw **(Ans.)**

২। আমরা জানি, সিস্টেমের রেফ্রিজারেটিং ইফেক্ট, $R_E = 210Q = 210 \times 10 = 2100$ kJ/min

$$\therefore C.O.P = \frac{R_E}{W} = \frac{2100}{557.7} = 3.76 \text{ (Ans.)}$$

উদাহরণ-৩ ঃ একটি থ্রী- স্টেজ কম্প্রেশন অ্যামোনিয়া রেফ্রিজারেশন সিস্টেম 2 bar ও 12 bar চাপের মধ্যে কাজ করে। সম্পৃক্ত অবস্থায় দু'টি ওয়াটার ইন্টারকুলার হতে বের হওয়া বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 4 bar এবং 8 bar যদি সিস্টেমের লোড 10 TR হয়, তাহলে তিনটি কম্প্রেসর চালানোর জন্য প্রয়োজনীয় পাওয়ার কত? যদি একই চাপে একটি সিম্পল রেফ্রিজারেশন সিস্টেম কাজ করে, তাহলে তাদের মধ্যে C.O.P এর তুলনা কর।

সমাধান ঃ দেয়া আছে, $P_E = 2$ bar ;

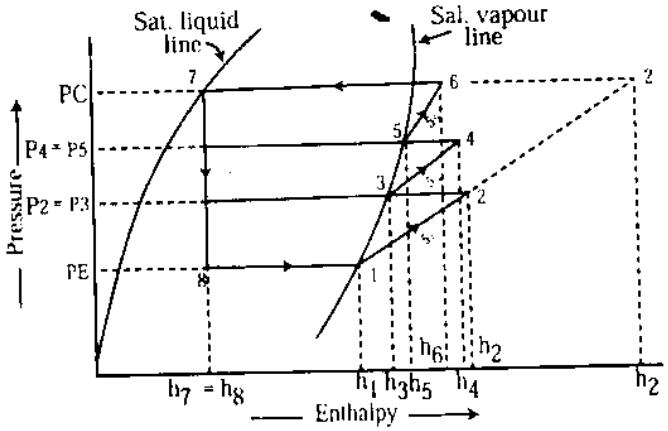
$P_C = 12$ bar

$P_2 = P_3 = 4$ bar ;

$P_4 = P_5 = 8$ bar ;

$Q = 10$ TR

নিম্নে ওয়াটার ইন্টারকুলারসহ একটি থ্রী-স্টেজ কম্প্রেশন সিস্টেমের P–h ডায়াগ্রাম দেখানো হল–



(b) p-h diagram

অ্যামোনিয়ার P–h চার্ট হতে প্রাপ্ত বিভিন্ন পয়েন্টের মান–

$h_1 = 1420$ kJ/kg

$h_2 = 1515$ kJ/kg

$h_3 = 1442$ kJ/ kg

$s_1 = 5.564$ kJ/ kg k

$s_3 = 5.367$ kJ/kg

$h_4 = 1525$ kJ/kg

$h_5 = 1461$ kJ/kg

$s_5 = 5.1186$ kJ/kg k

$h_6 = 1500$ kJ/kg

$h_7 = h_8 = 328$ kJ/kg

আমরা জানি, ইভাপোরেটর দিয়ে প্রবাহিত প্রয়োজনীয় হিমায়কের ভর, $m = \frac{210\,Q}{h_1 - h_7}$

$$= \frac{210 \times 10}{1420 - 328} = 1.92 \text{ kg/min}$$

∴ তিনটি কম্প্রেসর দ্বারা কৃতকাজ, $w = m\,[(h_2 - h_1) + (h_4 - h_3) + (h_6 - h_5)]$

বা, $w = 1.92\,[(1515 - 1420) + (1525 - 1442) + (1500 - 1461)]$ kJ/min

$= 416.64$ kJ/min.

∴ তিনটি কম্প্রেসর চালানোর জন্য প্রয়োজনীয় পাওয়ার, $P = \frac{416.64}{60} = 6.94$ kw **(Ans.)**

আমরা জানি, রেফ্রিজারেটিং ইফেক্ট $R_E = 210\,Q = 210 \times 10 = 2100$ kJ/min

$$\therefore \text{C.O.P} = \frac{R_E}{w} = \frac{2100}{416.64} = 5.04$$

এখন একটি সিঙ্গেল রেফ্রিজারেশন সাইকেল যদি 2 bar ও 12 bar চাপে কাজ করে,

তাহলে $h'_2 = 1670$ kJ/ kg [p – h চার্ট হতে]

∴ কৃতকাজ $W_1 = m\,(h'_2 - h_1) = 1.92\,(1670 - 1420) = 480$ kJ/min

এবং সিঙ্গেল রেফ্রিজারেশন সাইকেলের C.O.P $= \frac{R_E}{w_1} = \frac{2100}{480} = 4.375$

সুতরাং সিঙ্গেল রেফ্রিজারেশন সাইকেলের সাথে তুলনা করে সিস্টেমের C.O.P বৃদ্ধি পায় -

$$= \frac{5.04 - 4.375}{4.375} \times 100$$

$= 15.2\%$ **(Ans.)**

উদাহরণ–৪ ঃ 35 KW ক্ষমতাসম্পন্ন একটি টু-স্টেজ ক্যাসকেড রেফ্রিজারেশন পদ্ধতির ইভাপোরেটিভ তাপমাত্রা -60°C এবং কন্ডেন্সিং তাপমাত্রা 25°C হতে 60°C তাপমাত্রার কুলিং কয়েলের মধ্য দিয়ে R – 22 হিমায়ক - 20°C তাপমাত্রার একটি ক্যাসকেড কনডেন্সারে নির্গত হয়। ক্যাসকেড কনডেন্সারটি R – 12 ব্যবহৃত একটি ইউনিট দ্বারা ঠাণ্ডা করা হয়, যা - 30°C ইভাপোরেটিভ তাপমাত্রা এবং 25°C কনডেন্সার তাপমাত্রায় কাজ করছে। R – 12 কন্ডেন্সার হতে নির্গত হিমায়ক 200°C তাপমাত্রা পর্যন্ত সাবকুল করা হয়, কিন্তু R – 22 হিমায়কের কোন সাবকুলিং নেই। প্রদত্ত তথ্যসমূহ ব্যবহার করে নির্ণয় কর [বাকাশিবো-২০০৪, ১৪]

(ক) প্রতি ইউনিট দ্বারা প্রবাহিত হিমায়কের পরিমাণ।

(খ) প্রতি ইউনিটের COP

তথ্যসমূহ ঃ

R – 22 এর ক্ষেত্রে	$H_1 = 233.7$ KJ/kg.
	$H_2 = 275$ KJ/kg.
	$H_3 = H_4 = 22.2$ KJ/Kg

R – 12 এর ক্ষেত্রে	$H_5 = 174.2$ KJ/kg.
	$H_6 = 207$ KJ/kg.
	$H_7 = H_8 = 54.9$ KJ/kg.

সমাধান ঃ দেওয়া আছে, $Q = 35$ KW $= \frac{35}{3.5} = 10$ টন [∴ 3.5 KW = 1 টন]

R – 22 এর ক্ষেত্রে ঃ

$H_1 = 233.7$ KJ/kg.

$H_2 = 275$ KJ/kg.

$H_3 = H_4 = 22.2$ KJ/Kg

R – 12 এর ক্ষেত্রে ঃ

$H_5 = 174.2$ KJ/kg.

$H_6 = 207$ KJ/kg.

$H_7 = H_8 = 54.9$ KJ/kg.

আমরা জানি, R – 22 এর ক্ষেত্রে Mass of Refrigerating, $m_1 = \frac{210Q}{h_1 - h_4}$

$= \frac{210 \times 10}{223.7 - 22.2}$

$= 10.4$ kJ/min

R – 12 এর ক্ষেত্রে mass of Refrigerating, $m_2 = \frac{m_1 (h_2 - h_4)}{h_5 - h_8}$

$= \frac{10.4 (275 - 22.2)}{174.2 - 54.9}$

$= 22.04$ kg/min

আমরা জানি, R – 22 এর রেফ্রিজারেটিং ইফেক্ট, $R_{E1} = m_1 (h_1 - h_4)$

$= 210\ Q = 210 \times 10$

$= 2100$ kJ/min

R – 12 এর রেফ্রিজারেটিং ইফেক্ট $R_{E2} = m_2 (h_5 - h_8)$

$= 22.04 (174.2 - 54.9)$

$= 2629.4$ kJ/ min

R – 22 unit এর কাজ, $W_1 = m_1 (h_2 - h_1)$

$= 10.4 (275 - 223.7)$

$= 533.5$ kJ/min

R – 12 unit এর কাজ $W_1 = m_1 (h_6 - h_5)$

$= 22.05 (207 - 174.2)$

$= 723$ KJ/min

$Cop,(R - 22) = \frac{R_{E1}}{W_1} \frac{2100}{533.5}$ 3.93 (Ans.)

$Cop\ (R - 12) = \frac{R_{E2}}{W_w} = \frac{2619.4}{723} = 3.64$ **(Ans.)**

উদাহরণ–৫ ঃ 25 টন ক্ষমতা সম্পন্ন একটি টু-স্টেজ ক্যাসকেড রেফ্রিজারেশন পদ্ধতির ইভাপোরেটিং তাপমাত্রা –50°C. R–22 হিমায়ক –50°C তাপমাত্রার কুলিং কয়েলের মাঝ দিয়ে –10°C তাপমাত্রার ক্যাসকেড কনডেন্সারে নির্গত হয়। ক্যাসকেড কনডেন্সারটি R – 12 ব্যবহৃত একটি ইউনিট দিয়ে ঠাণ্ডা করা হয় যা – 25°C ইভাপোরেটিং তাপমাত্রা এবং 40°C কনডেন্সার তাপমাত্রায় কাজ করছে। প্রদত্ত তথ্যগুলো ব্যবহার করে নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৩, ০৯, ১১, ১৩]

(ক) প্রতি ইউনিট দিয়ে প্রবাহিত হিমায়কের পরিমাণ;

(খ) প্রতি ইউনিটের COP

তথ্যসমূহ ঃ

R – 22 এর ক্ষেত্রে	$H_1 = 223.7$ KJ/kg.
	$H_2 = 275$ KJ/kg.
	$H_3 = H_4 = 22.2$ KJ/Kg

R – 12 এর ক্ষেত্রে	$H_5 = 174.2$ KJ/kg.
	$H_6 = 207$ KJ/kg.
	$H_7 = H_8 = 54.9$ KJ/kg.

সমাধান ঃ দেওয়া আছে, Q = 25 টন

R – 22 এর জন্য ঃ

$H_1 = 233.7$ KJ/kg.

$H_2 = 275$ KJ/kg.

$H_3 = H_4 = 22.2$ KJ/kg

R – 12 এর জন্য ঃ

$H_5 = 174.2$ KJ/kg.

$H_6 = 207$ KJ/kg.

$H_7 = H_8 = 54.9$ KJ/kg.

আমরা জানি, , R – 22 এর ক্ষেত্রে ঃ

$$\text{Mass of Refrigerating, } m_1 = \frac{210\,Q}{h_1 - h_4}$$

$$= \frac{210 \times 25}{223.7 - 22.2} = 26.05 \text{ Kg/min}$$

R– 12 এর ক্ষেত্রে ঃ

$$\text{Mass of Refrigerating, } m_2 = \frac{m_1\,(h_2 - h_4)}{(h_5 - h_8)}$$

$$= \frac{26.05\,(275 - 22.2)}{(174.2 - 54.9)} = 55.2 \text{ Kg/min}$$

আমরা জানি, R – 22-এর রেফ্রিজারেটিং ইফেক্ট, $R_{E1} = m_1\,(h_1 - h_4)$

$= 210\,Q$

$= 210 \times 20 = 5250$ KJ/min

R – 12-এর, $R_{E1} = m_2\,(h_5 = h_8) = 55.2\,(174.2 - 54.9) = 6585.36$ KJ/min

R – 22 ইউনিট এর কাজ, $W_1 = m_1\,(h_2 - h_1)$

$= 26.05\,(275 - 223.7)$

$= 1336.36$ KJ/min

R – 12 ইউনিট এর কাজ, $W_1 = m_2\,(h_6 - h_6)$

$= 55.2\,(207 - 174.2)$

$= 1810.56$ KJ/min

$$\text{COP (R – 22)} = \frac{R_{E1}}{W_1} = \frac{5250}{1336.36} = 3.39) \text{ (Ans.)}$$

$$\text{COP (R – 12)} = \frac{R_{E1}}{W_2} = \frac{6585.36}{1810.56} = 3.64 \text{ (Ans.)}$$

অনুশীলনী–২

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **কম্পাউন্ড ভ্যাপার কম্প্রেশন পদ্ধতি বলতে কী বুঝ?** [বাকাশিবো–২০০৪, ০৮]

অথবা, মাল্টিস্টেজ কম্প্রেশন বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর ঃ দুই বা ততোধিক কম্প্রেসর ব্যবহার করে বিভিন্ন ধাপে সংকোচন (কম্প্রেশন) করার প্রক্রিয়াকে কম্পাউন্ড ভ্যাপার কম্প্রেশন পদ্ধতি বলে। কম্পাউন্ড ভ্যাপার কম্প্রেশন পদ্ধতিকে মাল্টিস্টেজ ভেপার কম্প্রেশন পদ্ধতি বলা হয়।

২। **ইন্টারকুলার কেন ব্যবহৃত হয়?** [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ এটি মাল্টিস্টেজ-এ দু'টি কম্প্রেসরের মাঝখানে ব্যবহৃত হয়। প্রথম কম্প্রেসর হিমায়ক সঙ্কোচন করার পর দ্বিতীয় কম্প্রেসরে নেয়ার পূর্বে কিছুটা শীতল করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

৩। **ফ্লাশ চেম্বারের কাজ কী?** [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)]

উত্তর ঃ বাষ্পীয় হিমায়ককে সরাসরি ইভাপোরেটরে না দিয়ে সরাসরি কম্প্রেসরে দেয়া।

৪। **রেফ্রিজারেটিং ইফেক্ট কী?**

উত্তর ঃ কুলিং কয়েল বা ইভাপোরেটর-এর আউটপুট ক্ষমতাকে রেফ্রিজারেটিং ইফেক্ট বলে। [বাকাশিবো-২০১৪(পরি), ২০১৫(পরি)]

৫। **ক্রিটিক্যাল পয়েন্ট কাকে বলে?**

উত্তর ঃ সেচুরেটেড লিকুইড (সম্পৃক্ত তরল) পাইপ এবং সেচুরেটেড ভ্যাপার (সম্পৃক্ত বাষ্প) লাইন যে বিন্দুতে মিলিত হয় সেই বিন্দুকে ক্রিটিক্যাল পয়েন্ট বলে।

৬। **ক্যাসকেড বা মাল্টিস্টেজ সিস্টেম বলতে কী বুঝ?** [বাকাশিবো-[illegible], ০৭, ০৮, ১০, ১১, ১২, ১৩]

[illegible] রেফ্রিজারেশন চক্র মিলিত হয়ে একটি নিচু তাপমাত্রা সৃষ্টি করাকে ক্যাসকেড সিস্টেম বলে।

৭। **ক্যাসকেড সিস্টেমে ব্যবহৃত হিমায়নের নাম লিখ।** [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ অ্যামোনিয়া, ইথিলিন, মিথেন, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড।

৮। **নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টি পদ্ধতি কাকে বলে?**
অথবা, নিম্ন তাপমাত্রা উৎপাদন পদ্ধতি কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর ঃ যে রেফ্রিজারেশন পদ্ধতির মাধ্যমে এক বা একাধিক ধাপ অতিক্রম করে কোন আবদ্ধ স্থানের তাপমাত্রা অতি নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টি করা যায়, তাকে নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টি বলে।

৯। **লো টেম্পারেচারে ব্যবহৃত দু'টি হিমায়কের নাম লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৬, ১০(পরি)]

উত্তর ঃ নাইট্রোজেন, হিলিয়াম।

১০। **টু-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেম কী?** [বাকাশিবো-২০০৬, ১২(পরি)]

উত্তর ঃ ক্যাডকেড সিস্টেমে দুই বা ততোধিক হিমায়ন চক্র মিলিত হয়ে একটি নিচু তাপমাত্রার সৃষ্টি করে। এক্ষেত্রে একটি ইভাপোরেটর অন্য একটি কনডেন্সারকে ঠাণ্ডা করে। নিম্ন তাপমাত্রার হিমায়ন চক্রে ব্যবহৃত কনডেন্সারকে ক্যাসকেড কনডেন্সার (Cascade condenser) বলে এবং হাই স্টেজের ইভাপোরেটর বলে। আসলে এটা একটি তাপ বিনিময়কারী বা হীট এক্সচেঞ্জার। এ সময় দু বা ততোধিক হিমায়ক ব্যবহৃত হয়।

▸▸ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **ইন্টারকুলার ব্যবহৃত কম্পাউন্ড ভ্যাপার কম্প্রেসর পদ্ধতির সুবিধাসমূহ লিখ।**

উত্তর ঃ ইন্টারকুলার ব্যবহার করে কম্পাউন্ড ভ্যাপার বা মাল্টিস্টেজ কম্প্রেসর সুবিধাগুলো হল–

(i) প্রতি কেজি রেফ্রিজারেন্ট সংকোচন কতে কম্প্রেসর কর্তৃক কাজ সিঙ্গেল স্টেজের তুলনায় কম লাগে।
(ii) আয়তনিক দক্ষতা বৃদ্ধি পায়।
(iii) তুলনামূলকভাবে লিকেজ লস কম হয়।
(iv) যেহেতু এটি সমমানের টর্ক সরবরাহ করে, ফলে ছোট আকারের ফ্লাইট- হুইল প্রয়োজন হয়।
(v) কম তাপমাত্রার কারণে সঠিকভাবে লুব্রিকেশন সম্পন্ন হয়।
(vi) কম্প্রেসরের ব্যয় কমায়।
(vii) COP বৃদ্ধি পায়।

২। **ক্যাসকেড সিস্টেমের সুবিধা লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৪, ০৬, ০৭, ০৯, ১০, ১২]
অথবা, ক্যাসকেড সিস্টেমের সুবিধা লিখ। [বাকাশিবো-২০০৮]
অথবা, ক্যাসকেড সিস্টেম ব্যবহারের সুবিধা লিখ। [বাকাশিবো-২০০৭]
অথবা, ক্যাসকেড সিস্টেম ব্যবহারের দুটি সুবিধা উল্লেখ করা। [বাকাশিবো-২০১০]
অথবা, সিঙ্গেল স্টেজ কম্প্রেশন অপেক্ষা মাল্টি স্টেজ কম্প্রেশন সিস্টেমের সুবিধা কী কী? [বাকাশিবো-২০০৫, ০৮, ১১]

উত্তর ঃ **ক্যাসকেড সিস্টেমের সুবিধা হল ঃ**

(i) এর দুই বা ততোধিক হিমায়ন চক্রই সহজ ও সরল।
(ii) পিচ্ছিলকরণ কোন সমস্যা নয়।
(iii) তরল হিমায়কের সাথে ইন্টারকুলিং ব্যবহারে অধিক দক্ষতা পাওয়া যায়।
(iv) নিম্ন স্ফুটনাঙ্ক অধিক ঘনত্ব ও উঁচু চাপের কম্প্রেসরে cop বাড়ে।
(v) দক্ষতা বেশি।
(vi) গঠনপ্রণালি সহজ।
(vii) অপারেটিং সহজ।

ক্যাসকেড সিস্টেমের অসুবিধাসমূহ ঃ

(i) খরচ বেশি।

(ii) চালু হতে সময় বেশি লাগে।

(iii) রক্ষণাবেক্ষণ কঠিন।

৩। **ক্যাসকেড সিস্টেমের প্রয়োজনীয়তা কী?**

উত্তর ঃ যে পদ্ধতিতে দুই বা ততোধিক ভেপার কম্প্রেসর সিরিজে যুক্ত হয়ে ক্রমান্বয়ে উচ্চ স্ফুটনাঙ্কের ভিন্ন ভিন্ন রেফ্রিজারেন্ট ব্যবহৃত হয় এবং পূর্বের সাইকেলে কনডেন্সারকে শীতল করার কাজে পরবর্তী সাইকেলে ইভাপোরেটরকে ব্যবহার করা হয়, তাকে ক্যাসকেড রেফ্রিজারেশন বলে। ১৮৭৭ সালে পিকটেট (Picktet) প্রথম ক্যাসকেড সিস্টেম চালু করেন। তিনি অক্সিজেন তরল করার কাজে সালফার ডাই অক্সাইড (SO_2) এবং ডাই অক্সাইড (CO_2) রেফ্রিজারেন্ট ব্যবহৃত হয়। $(-40)^\circ$ সেঃ তাপমাত্রার নিচে সিঙ্গেল স্টেজ কম্প্রেশন পদ্ধতি ব্যবহার লাভজনক নয়। হিমায়কের হিমাংকের জন্য মাল্টিস্টেজ ব্যবহার করেও একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রার নিচে হিমায়ন সম্ভব নয়। যেমন– এমোনিয়ার হিমাংক $(-77.8)^\circ$ সে.। সুতরাং বায়ুমণ্ডলীয় চাপে সিঙ্গেল বা মাল্টিস্টেজ ব্যবহার করেও $(-77.8)^\circ$ সে নিচে হিমায়ন সম্ভব নয়। এর চেয়ে নিচু তাপমাত্রার হিমায়নের জন্য আরও নিচু হিমাংকের হিমায়ক ব্যবহৃত হয়। নিচের হিমায়কগুলোর হিমাংকের দিকে তাকালে নিম্ন তাপমাত্রার একটি সীমাবদ্ধতা দেখা যাবে–

হিমায়ক	R-12	R-22	R-113	R-502	NH3	502	CO_2
তাপমাত্রা (সে.)	−157.8	−160	−35	–	−77.8	−75.6	−56.7

বিভিন্ন দিক বিশ্লেষণ ও পর্যালোচনা করে বুঝা যায়, অতিনিম্ন তাপমাত্রায় ক্যাসকেড সিস্টেম অধিক উপযোগী।

৪। **p-h চার্ট বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ বাষ্প সংকোচন বা ভ্যাপার কম্প্রেশন হিমায়ন চক্র বিশদভাবে অধ্যয়ন ও বিশ্লেষণ করার জন্য প্রতিটি হিমায়কের জন্য পৃথকভাবে প্রস্তুত হিমায়ন চক্রের সংকোচন, ঘনীভবন, সম্প্রসারণ ও বাষ্পায়ন প্রক্রিয়ায় চাপ ও তাপীয় যে সমস্ত থার্মোডাইনামিক্স পরিবর্তন ঘটে তা একটি বিভিন্ন রেখার মাধ্যমে সন্নিবেশিত করা হয়, উক্ত চার্ট বা রেখাচিত্রকে প্রেসার অ্যানথালপি চার্ট বলা হয়।

৫। **COP-এর মান কীভাবে বাড়ানো যায়?** [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)]

উত্তর ঃ COP-এর মান বাড়ানোর উপায় নিম্নে দেয়া হল–

১। রেফ্রিজারেটিং ইফেক্ট বৃদ্ধি করে।

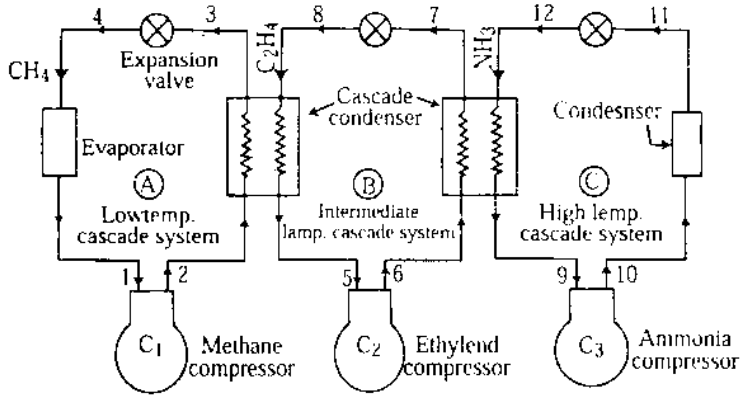
২। কম্প্রেসরের কাজ কমিয়ে।

৩। সাবকুল্ড করে।

৪। দুটির আনুপাতিক হার বাড়িয়ে।

৬। **থ্রী স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের প্রবাহ চিত্র অঙ্কন কর।** [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ



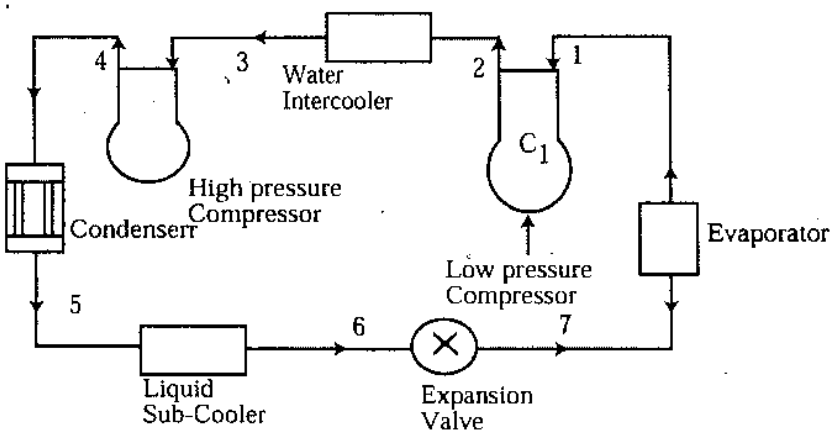
চিত্র ঃ থ্রী স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেম রেফ্রিজারেশন সাইকেল বা ফ্লো ডায়াগ্রাম

৭। **টু-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের ফ্লো ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।** [বাকাশিবো-২০০৪, ০৯, ১১, ১৩, ১৪(পরি)]

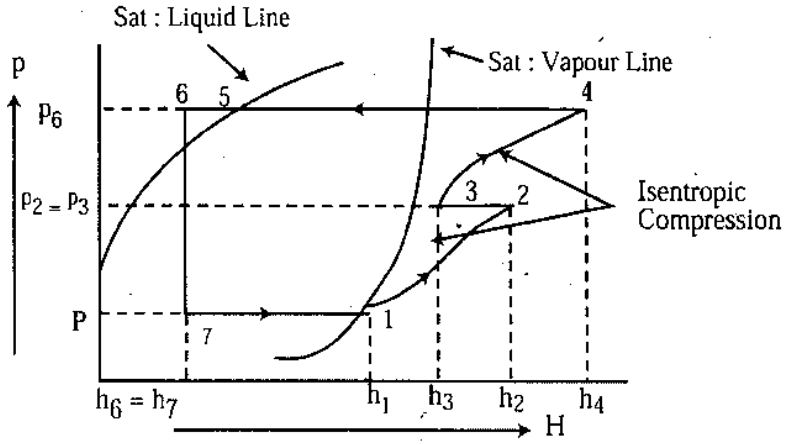
অথবা, একটি টু-স্টেজ ক্যাসকেড রেফ্রিজারেশন প্রবাহ চিত্র এবং p-h ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৯, ১১]

অথবা, টু-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের প্রবাহ চিত্র ও p-h ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর ঃ



চিত্র ঃ ওয়াটার ইন্টার কুলারের দু'ধাপের রেফ্রিজারেশন সাইকেল



চিত্র ঃ ওয়াটার ইন্টার কুলারের দু'ধাপের pH ডায়াগ্রাম

৮। **নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টির পদ্ধতিগুলোর তালিকা লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৬]

অথবা, নিম্ন তাপমাত্রা উৎপাদনের দুটি পদ্ধতির নাম লেখ। [বাকাশিবো-২০০৯]

অথবা, নিম্ন তাপমাত্রা উৎপাদন পদ্ধতিগুলোর নাম উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৭, ২০১০]

উত্তর ঃ **নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টির পদ্ধতিগুলোর তালিকা হল ঃ**

১। মাল্টিস্টেজ রেফ্রিজারেশন সিস্টেম
২। ক্যাসকেড সিস্টেম
৩। সাবকুলিং
৪। ইন্টারকুলার সিস্টেম
৫। কম্পাউন্ড কম্প্রেসর সিস্টেম
৬। লীন্ড সিস্টেম
৭। ক্লাউড সিস্টেম
৮। ড্রাই আইস সিস্টেম

৯। টু-স্টেজ ও থ্রী-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের সুবিধা লিখ।
অথবা, টু-স্টেজ ও থ্রি স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের দুটি সুবিধা লিখ। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর ঃ টু-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের সুবিধা ঃ

(ক) দুই ধাপে ইন্টার কুলার ব্যবহৃত হয়।
(খ) সিস্টেমের লিকেজের লস কম হয়।

থ্রী-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের সুবিধা ঃ

(ক) কম্প্রেসর কম দামের পাওয়া যায়,
(খ) কম্প্রেশন ক্ষমতা কম।

১০। ক্যাসকেড ও মাল্টিস্টেজ রেফ্রিজারেশন সিস্টেমের মাঝে পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৮, ০৯, ১১, ১৩ ১৫(পরি)]
অথবা, ক্যাসকেড ও মাল্টিস্টেজ রেফ্রিজারেশন সিস্টেমের মাঝে পাঁচটি পার্থক্য লিখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ২০০৮]
অথবা, মাল্টিস্টেজ ও ক্যাসকেড সিস্টেমের মাঝে চারটি পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর ঃ ক্যাসকেড ও মাল্টি স্টেজ রেফ্রিজারেশন সিস্টেমের পার্থক্য হল ঃ

মাল্টিস্টেজ রেফ্রিজারেশন সিস্টেম	ক্যাসকেড রেফ্রিজারেশন সিস্টেম
১। দুই বা ততোধিক কম্প্রেসর ব্যবহার করে বিভিন্ন ধাপে সংকোচন করার প্রক্রিয়াকে মাল্টিস্টেজ রেফ্রিজারেশন সিস্টেম বলে।	১। দুই বা ততোধিক হিমায়ন চক্র মিলিত হয়ে একটি নিচু তাপমাত্রা সৃষ্টি করাকে ক্যাসকেড রেফ্রিজারেশন সিস্টেম বলে।
২। গঠন প্রণালি জটিল।	২। গঠন প্রণালি সহজ।
৩। অপারেটিং জটিল।	৩। অপারেটিং সহজ।
৪। রক্ষণাবেক্ষণ এবং মেরামত ঝামেলা যুক্ত।	৪। রক্ষণাবেক্ষণ ও মেরামত ঝামেলা মুক্ত।
৫। একাধিক হিমায়ক ব্যবহার নাও হতে পারে।	৫। একাধিক হিমায়ক ব্যবহার করা হয়।
৬। একটি কনডেন্সারকে অপর ইভাপোরেটর দ্বারা ঠাণ্ডা করা হয় না।	৬। একটি কন্ডেন্সারকে অপর ইভাপোরেটর দ্বারা ঠাণ্ডা করা হয়।

১১। মাল্টিস্টেপ সিস্টেমের সীমাবদ্ধা লিখ। [বাকাশিবো-২০১০(পরি)]
অথবা, নিম্ন তাপমাত্রা উৎপাদনের ক্ষেত্রে মাল্টি স্টেজ পদ্ধতির ব্যবহারের অসুবিধাগুলো উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর ঃ মাল্টিস্টেপ সিস্টেমের সীমাবদ্ধা ঃ

(ক) এর ডিজাইন জটিল,
(খ) খরচ তুলনামূলক বেশি,
(গ) রক্ষণাবেক্ষণ মেরামত ঝামেলাযুক্ত,
(ঘ) অয়েল কন্ট্রোল ব্যবহার করতে হয়,
(ঙ) প্রেসার নিয়ন্ত্রণের ব্যবস্থা নাই।

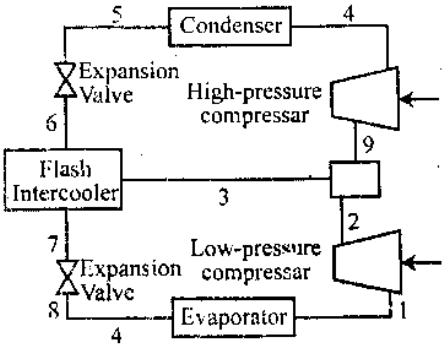
১২। নিম্ন তাপামাত্রায় ব্যবহৃত হিমায়কের প্রধান প্রধান গুণাবলি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬, ১০(পরি)]

উত্তর ঃ নিম্ন তাপামাত্রায় ব্যবহৃত হিমায়কের প্রধান প্রধান গুণাবলি ঃ

১। রেফ্রিজারেন্ট দাহ্য না হওয়া,
২। টক্সিক হওয়া উচিত নয়,
৩। বয়েলিং পয়েন্ট কম থাকা উচিত,
৪। ধাতুর সংস্পর্শে আসলে ক্ষয় না হওয়া,
৫। নিম্ন তাপমাত্রা আনায়নের ক্ষমতা থাকতে হবে।

১৩। ইন্টারকুলার ব্যবহৃত একটি মাল্টিস্টেজ হিমায়ন চক্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর ঃ



(a) Flow diagram

১৪। ক্যাসকেড সিস্টেমের দুটি সুবিধা ও দুটি অসুবিধা লেখ। [বাকাশিবো-২০০৮, ১২(পরি), ১৩]

উত্তর ঃ সুবিধা ঃ

১। দক্ষতা বেশি।

২। অপারেটিং সহজ।

অসুবিধা ঃ

১। খরচ বেশি।

২। মেইনটেন্যান্স কঠিন।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। টু স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেম চিত্রসহ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ১৪(পরি)]

অথবা, দু'ধাপ বিশিষ্ট একটি ক্যাসকেড সিস্টেমের অঙ্কন করে এর কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.৮ নং দ্রষ্টব্য।

২। থ্রী স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেম চিত্রসহ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৩]

অথবা, থ্রী-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের ফ্লো-ডায়াগ্রাম ও পি এইচ ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬, ০৮, ০৯, ১২]

অথবা, থ্রি-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের কার্যপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৮, ১০, ১২(পরি), ১৪]

অথবা, Schematic diagram-এর সাহায্যে থ্রি স্টেজ ক্যাসকেড পদ্ধতির কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.১০ নং দ্রষ্টব্য।

৩। নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টির ক্ষেত্রে সিঙ্গেল স্টেজের তুলনায় মাল্টিস্টেজের সুবিধাসমূহ লিখ। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। নিম্ন তাপমাত্রা আনয়নে সাবকুলিং ইন্টারকুলিং ও লিকুইড রেফ্রিজারেশনসহ কম্পাউন্ড কম্প্রেশন সিস্টেমের চিত্র অঙ্কন কর।

অথবা, ইন্টারকুলিং ও সাবকুলিংসহ কম্পাউন্ড সিস্টেমের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৮]

অথবা, ইন্টারকুলিং ও সাবকুলিংসহ একটি কম্পাউন্ড সিস্টেমের কম্প্রেশন সিস্টেমের বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০০৬, ১৩]

উত্তর সংকেত ঃ ২.৪ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

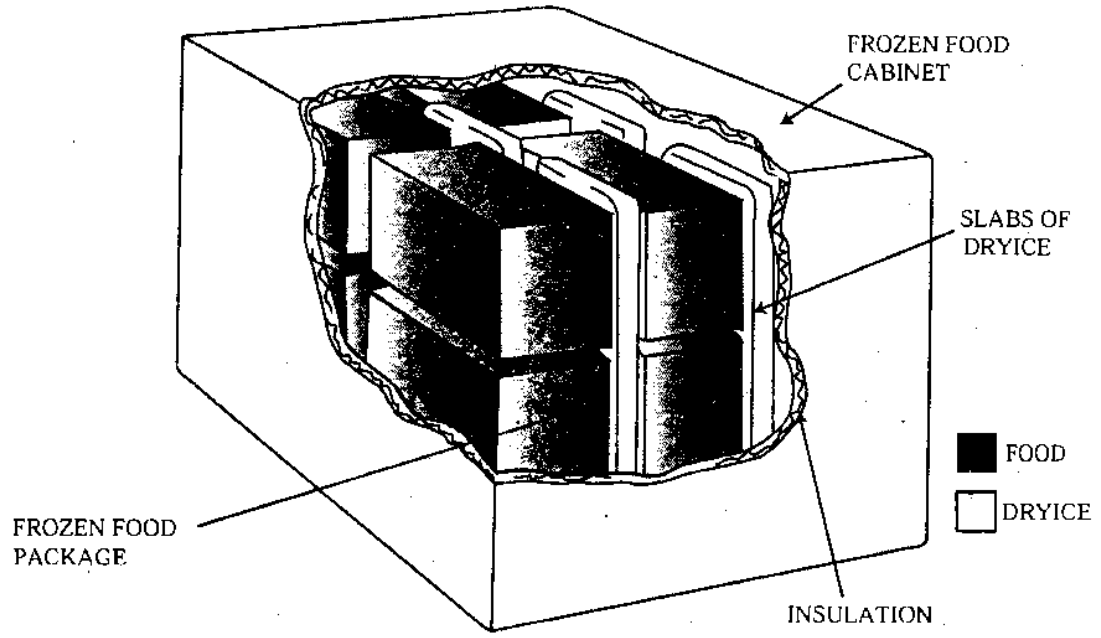
অধ্যায়-৩

ড্রাই আইস উৎপাদন
(The Manufacture of Dry Ice)

৩.০ ভূমিকা (Introduction) ঃ

শুষ্ক বরফ বলতে কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডকে বুঝানো হয়। কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড তরল না হয়ে সরাসরি কঠিন থেকে বাষ্পে পরিণত হয়। এজন্য এ কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডকে ড্রাই আইস বলে। ড্রাই আইস যে কোন আকৃতি ও মাপে তৈরি করা যায়। বায়বীয় স্বাভাবিক চাপে কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডের উর্ধ্বপাতন তাপমাত্রা (-78)° সে.।

দূরপাল্লার কোন খাদ্যদ্রব্য, ঔষধ বা অন্যকোন রসায়ন দ্রব্য হিমায়িত বা জমানো অবস্থায় স্থানান্তরিত করার জন্য শুষ্ক বরফের সাহায্য নেওয়া হয়। এ বরফে বহন করার জন্য বিশেষ ধরনের বাক্স ব্যবহৃত হয়। আজকাল উড়োজাহাজে হিমায়িত খাদ্য, ঔষধ পরিবহণের জন্য ড্রাই আইস ব্যবহৃত হয়।



চিত্র ঃ ৩.১ ড্রাই আইস রেফ্রিজারেশন পদ্ধতি

CO_2 কার্বন ডাইঅক্সাইড একটি গ্রীন হাউস গ্যাস। কার্বন ডাইঅক্সাইড global warming-এর জন্য বিশেষভাবে ভূমিকা রাখে। CO_2 কে Liquefy করার মাধ্যমে global warming কিছুটা কমানো যায়। উক্ত Liquefy CO_2 কে বিভিন্ন কাজে ব্যবহার করা যায়। বিশেষ করে Beverage এবং Rood Industry তে। CO_2 কে Liquefaction-এর জন্য যেসকল যন্ত্রপাতি ব্যবহার করা হয় তার মধ্যে প্রধান অংশসমূহ হলো ঃ

(i) স্ক্রু কম্প্রেসার
(ii) কুলার
(iii) কন্ডেন্সার
(iv) ইভাপরেটর
(v) ড্রায়ার
(vi) স্ট্রিপে ইত্যাদি।

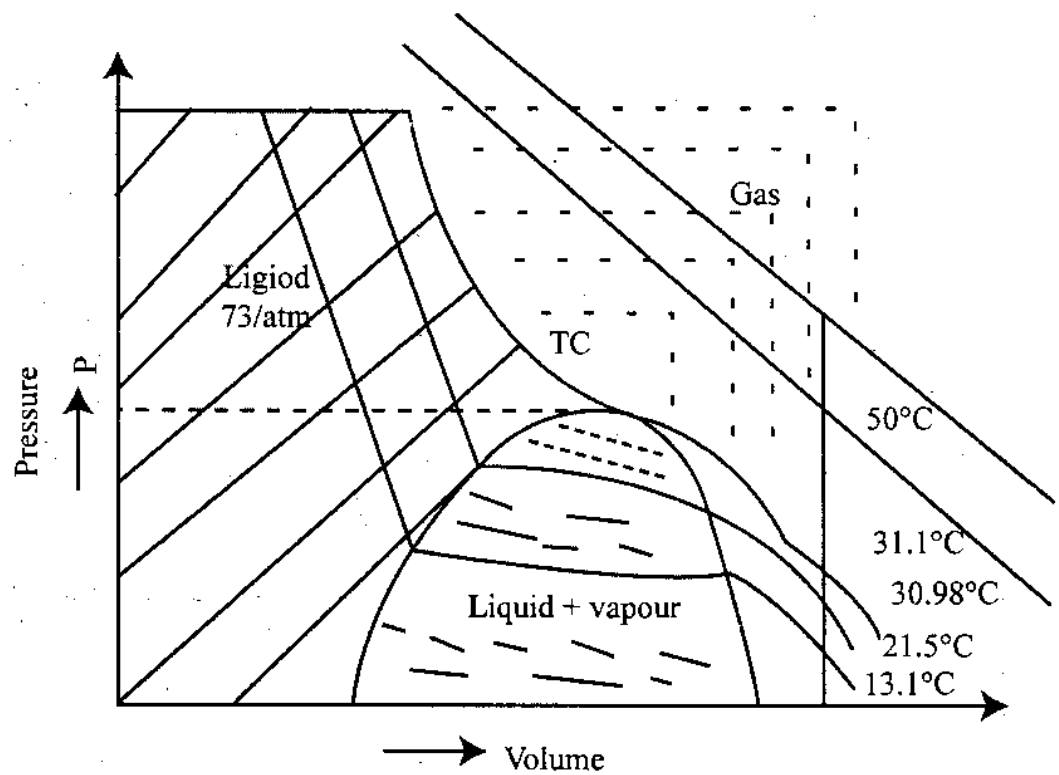
৩.১ কার্বন ডাইঅক্সাইড (CO_2) তরলীকরণ পদ্ধতি (State CO_2 Liquefaction Process) ঃ

Kinetic theory অনুসারে সকল গ্যাস tinymolecules দ্বারা গঠিত হয়। প্রতিটি molecule-এর মধ্যে বড় আকারের গ্যাপ থাকে। সকল molecule-এর স্বাধীন অস্তিত্ব আছে। যখন গ্যাসের তাপামাত্রা কমানো হয় তখন molecule-এর kinetic energy হ্রাস পায় এবং molecule-এর notion কমে যায়। এই অবস্থায় molecule-গুলোর মধ্যে গ্যাপ কমতে থাকে। যত তাপমাত্রা কমতে থাকে তত molecule-এর মধ্যে গ্যাপ কমতে থাকে। যখন molecule-এর মধ্যে গ্যাপ 10^{-5}cm এর নিচে আসে তখন গ্যাসসমূহ আস্তে আস্তে তরলে পরিণত হতে থাকে। গ্যাসের মধ্যে চাপ বৃদ্ধি পায় এবং গ্যাসের আয়তন কমতে থাকে উক্ত পদ্ধতিকে liquefaction বা তরলীকরণ বলে।

তরলীকরণ এর জন্য তাপমাত্রা গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে থাকে। নিম্নে CO_2 এর তরলীকরণ এর জন্য তাপমাত্রা ও চাপ দেখানো হলো– Liquefaction-এর সময় তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে চাপ ও বৃদ্ধি করতে হবে।

তাপমাত্রা (k)	223	243	263	283	293	303	304
চাপ (bar)	6.7	14.28	26.4	44.9	57.2	72.1	78.9

১৮৬১ সালে Thomas Andrew সর্বপ্রথম CO_2 এর ভর স্থির রেখে এর তাপমাত্রা ও চাপের প্রভাব সম্পর্কে পরীক্ষা করেন। Thomas Andrew CO_2 এর তাপমাত্রা স্থির রেখে বিভিন্ন চাপে এর আয়তন নির্ণয় করেন। নিম্নে P-V ডায়াগ্রাম-এর সাহায্যে কার্বন ডাইঅক্সাইড বিভিন্ন অবস্থান দেখানো হলো যাকে Isotherms of carbon dioxides বলা হয়।



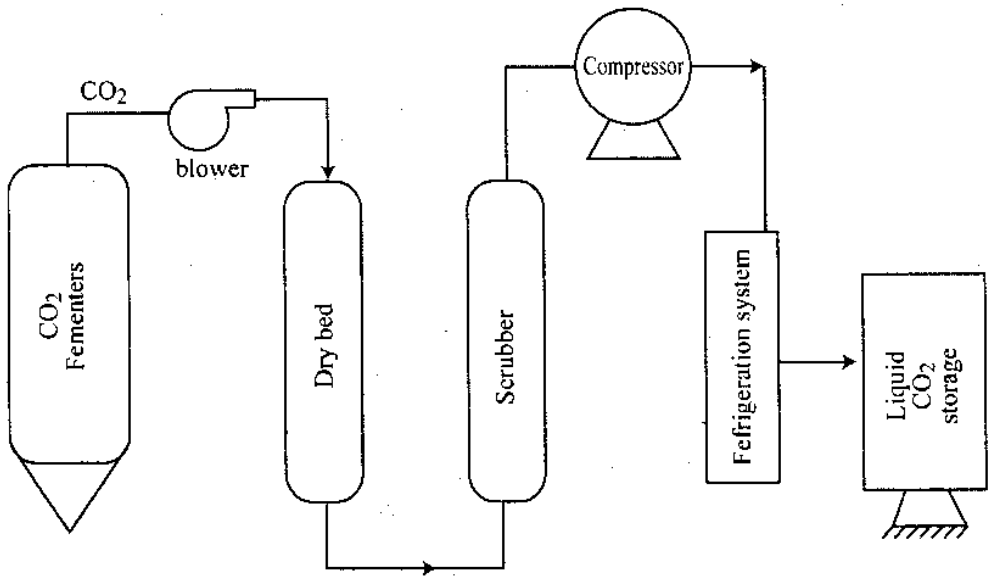
চিত্র ঃ ৩.২ P-V diagram of carbondy oxide

উপরে চিত্রে Tc বিন্দুকে Critical বিন্দু বলা হয়। যখন গ্যাসের তাপমাত্রা Critical তাপমাত্রার নিচে থাকে তখন চাপ প্রয়োগ করে গ্যাসকে তরল করা যায়। কার্বন ডাইঅক্সাইডের Critical তাপমাত্রা 304.1K এবং Critical Pressure 73.9bar ও Critical volume $94.0cm^3mol^{-1}$

নিম্নে কিছু গ্যাসের Critical constant দেওয়া হলো ঃ

গ্যাস	Critical তাপমাত্রা (Tc)k	Critical চাপ (bar)	Critical আয়তন (m^3 – mol^{-1})
He	5.2	2.29	0.0577
H_2	33.2	12.97	0.655
N_2	126	33.90	0.0901
O_2	154.5	50.4	0.078
CH_4	190.6	45.6	0.0987
CO_2	304.1	73.9	0.094
C_2H_6	305.4	48.2	0.148
NH_3	405.0	113	0.0725
H_2O	647.3	220	0.0591

কার্বন ডাইঅক্সাইড (CO_2) তরলীকরণ পদ্ধতি প্রথমে কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাসকে Dry bed-এর মধ্যে দিয়ে প্রবাহিত করে শুষ্ক করা হয় তারপর Scrubber-এর মাধ্যমে gas কে বিশুদ্ধ করা হয়। উচ্চ চাপ ও তাপমাত্রার মাধ্যমে Refrigeration system প্রবেশ করে এবং critical তাপমাত্রায় আনা হয় CO_2 গ্যাস আস্তে আস্তে তরলে পরিণত হয়।



চিত্র ঃ ৩.৩ কার্বন ডাইঅক্সাইড তরলীকরণ পদ্ধতি

৩.২ তরল কার্বন ডাই-অক্সাইডকে কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করার পদ্ধতি (List the methods for solidification of liquid CO_2) ঃ

তরল কার্বন ডাই-অক্সাইডকে কঠিন করার পদ্ধতি হল ঃ

১। হিমায়নের মাধ্যমে সুপ্ত তাপ সরিয়ে।

২। আংশিক কার্বন ডাই-অক্সাইড বাষ্পীভূত করে।

৩। ট্রিপল পয়েন্টের (-56)° সে. নিচে তরল সম্প্রসারিত করে।

প্রথম পদ্ধতি খুবই ব্যয় সাপেক্ষ কারণ এ পদ্ধতিতে আলাদা একটি নিচু তাপমাত্রার হিমায়ন যন্ত্র লাগে।

দ্বিতীয় পদ্ধতির ব্যবহারিক দিক সুবিধাজনক নয়।

তৃতীয় পদ্ধতি কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরি করার জন্য ব্যাপক ব্যবহৃত হয়।

CO_2 এর মূলনীতি ঃ CO_2 গ্যাসের উপর 60 থেকে 70 kg/Cm^2 চাপ প্রয়োগ করে ঐ গ্যাসের শীতলীকরণ করে এর সম্প্রসা করলে তা তরলে পরিণত না হয়ে সরাসরি কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

ড্রাই আইস (Solid CO_2) এর বৈশিষ্ট্য হল ঃ

(i) ক্ষয়কারী নয়।

(ii) অবিষাক্ত।

(iii) সহজে স্থানান্তর করা যায়।

(iv) কাটা যায়।

(v) এটি গলে সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয়।

(vi) এটমোস্ফোরিক প্রেসার (−78.5°C) তাপে বরফে পরিণত হয়।

ব্যবহার ঃ দূরপাল্লার কোন খাদ্যদ্রব্য, ওষুধ বা অন্যকোন রাসায়নিক দ্রব্য হিমায়িত বা জমানো অবস্থায় স্থানান্তরিত করার জ শুষ্ক বরফের সাহায্য নেওয়া হয়। এ বরফ বহন করার জন্য বিশেষ ধরনের পাত্র ব্যবহৃত হয়। আজকাল উড়োজাহাজে হিমায়িত খা ও ওষুধ পরিবহণের জন্য Dry Ice ব্যবহৃত হয়।

ড্রাই আইস এর সুবিধা ঃ

(i) এ পদ্ধতি খুব সহজ।

(ii) শক্তি কম লাগে।

(iii) বন্ধ হয়ে যাবার সম্ভাবনা নেই।

(iv) নিচু তাপমাত্রায় ঠাণ্ডা করা যায়।

(v) ওজন কম থাকে।

ড্রাই আইস এর অসুবিধা ঃ

(i) ব্যয় বহুল।

(ii) যন্ত্রপাতির দাম অনেক বেশি।

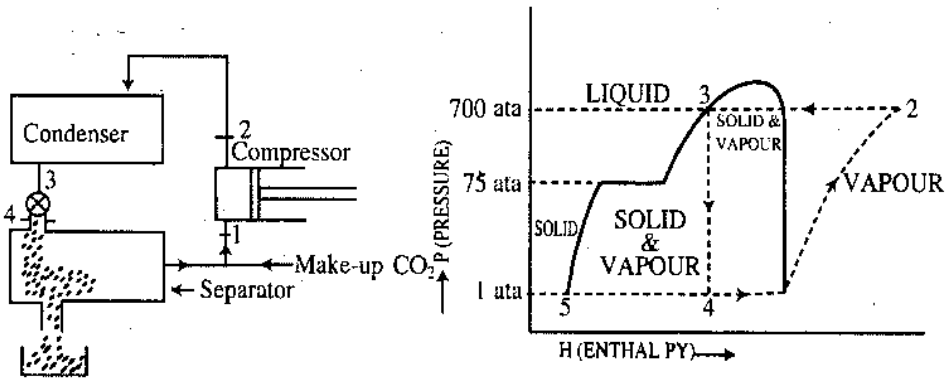
(iii) এর গঠন খুব জটিল।

(iv) যন্ত্রপাতি বেশি লাগে।

(v) এটি খুব বড় হয়ে থাকে।

৩.৩ ড্রাই আইস তৈরির পদ্ধতি (Methods for manufacturing dry ice) ঃ

শুষ্ক বরফ তৈরিকরণ পদ্ধতি (Manufacture of dry ice) ঃ ড্রাই আইস তৈরি একটি সাধারণ প্ল্যান্ট এবং তার প্রেস এনথালপি ডায়াগ্রাম চিত্র ঃ ৩.৪-এ দেখানো হয়েছে। এটি ভেপার কমপ্রেশন হিমায়ন চক্রের অনুরূপ। তবে এতে শুষ্ক বর পৃথকীকরণ ও ড্রাই আইসের সমান ওজনের কার্বন-ডাই-অক্সাইড চক্রে সরবরাহ করার ব্যবস্থা থাকে।



চিত্র ঃ ৩.৪ শুষ্ক বরফ তৈরিকরণ পদ্ধতি

বায়ুমণ্ডলীয় চাপে সেপারেটরে পৃথক হওয়া কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস এবং মেক আপ কার্বন-ডাই-অক্সাইড মিলিত হয়ে কমপ্রেসরে প্রবেশ করে (১)। কমপ্রেসরে কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস সংকুচিত হয়ে চাপ বেড়ে যায় (২) এবং কনডেনসার শীতল হয়ে 60 থেকে 70 Kg/cm^2 চাপে তরলে পরিণত হয়। তরল কার্বন-ডাই-অক্সাইড এক্সপানশন ভালভে (৩) প্রবেশ করে। এক্সপানশন ভালভের ভেতর থ্রটলিং ক্রিয়া সম্পন্ন করে কার্বন ডাই-অক্সাইড সেপারেটরে পৌছে। সেপারেটরে বায়ুমণ্ডলীয় চাপ (1 Kg/cm^2) এবং তাপমাত্রা – 78.5 °C এ পৌছে (৫)। এ অবস্থানে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রায় 77% গ্যাসীয় এবং 23% কঠিন অবস্থায় থাকে। সেপারেটর থেকে তুষারাকার শুষ্ক বরফ বের করে নিয়ে চাপ দিয়ে ব্লক তৈরি করা হয় এবং গ্যাসীয় কার্বন ডাই-অক্সাইড মেক আপ কার্বন-ডাই-অক্সাইডের সাথে মিশ্রিত হয়ে পুনরায় কমপ্রেসরে প্রবেশ করে। অধিক ক্ষমতা ব্যয় করে বলে ওপরে উল্লিখিত পদ্ধতিতে শুষ্ক বরফ তৈরি করা খুব ব্যয় সাপেক্ষ। প্রতি টন শুষ্ক বরফ তৈরি করতে প্রতি ঘন্টায় 480 H. P ব্যয় হয়।

৩.৪ শুষ্ক CO_2 তৈরি খরচ কমানোর উপায় পরামর্শ বা কৌশল (State the suggested modification of the cycle of reduce the production of solid CO_2) ঃ

কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপাদনের ব্যয় হ্রাস করার জন্য পরামর্শ হল ঃ

১। ইন্টার কুলার ব্যবহার করে বহুধাপ বিশিষ্ট সংকোচন পদ্ধতি।

২। চলমান চাপ বায়ুমণ্ডলীয় চাপের পরিবর্তে কমিয়ে ট্রিপল পয়েন্টের সমসাময়িকের চাপের কিছু নিচে রাখা।

৩। তরলকে অধঃশীতল করার জন্য সাবকুলার ব্যবহার করা।

অনুশীলনী-৩

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **ড্রাই-আইস কী?** [বাকাশিবো-২০০৬, ১০, ১৩]

অথবা, ড্রাই-আইস বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৪, ০৯]

উত্তর ঃ কার্বন ডাই-অক্সাইডের কঠিন অবস্থাকে ড্রাই আইস বলে।

২। **কার্বন ডাই-অক্সাইডকে তরল করার পদ্ধতি লিখ।**

উত্তর ঃ কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের উপর ৬০ কেজি থেকে ৭০ কেজি/ বর্গ সে.মি. চাপ প্রয়োগ করে তা থেকে তাপ সরিয়ে নিলে তরল কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

৩। **ড্রাই আইস-এর ব্যবহার লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৭, ১২, ১৪(পরি)]

অথবা, ড্রাই আইসের দুটি ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৮]

উত্তর ঃ ড্রাই আইস এর ব্যবহার হল ঃ

(ক) ওষুধ পরিবহণ

(গ) খাদ্যদ্রব্য

(খ) বিমানে মালামাল পরিবহণ

(ঘ) রাসায়নিক দ্রব্য।

৪। **কার্বন ডাই-অক্সাইডের উর্ধ্বপাতন তাপমাত্রা কত?** [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)]

উত্তর ঃ কার্বন ডাই-অক্সাইডের উর্ধ্বপাতন তাপমাত্রা (-৭৮)° সে.

৫। **ট্রিপল পয়েন্ট কী?** [বাকাশিবো-২০১৩]
অথবা, ট্রিপল পয়েন্ট কী? পানির ট্রিপল পয়েন্ট কত? [বাকাশিবো-২০১৪]
অথবা, ট্রিপল পয়েন্ট কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৪, ০৮, ০৯, ১১]
অথবা, ট্রিপল পয়েন্ট টেম্পারেচার কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৬, ২০১০(পরি)]
অথবা, ট্রিপল পয়েন্ট বলতে কী বুঝায়? পানির ট্রিপল পয়েন্ট তাপমাত্রা কত? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ যে তাপমাত্রায় কোন তরল পদার্থ কঠিন, তরল ও বায়বীয় অবস্থায় থাকতে পারে, সেই তাপমাত্রাকে ট্রিপল পয়েন্ট বলে। পানির ট্রিপল পয়েন্ট 273.16K।

৬। **কার্বন ডাই-অক্সাইডের সুপ্ততাপ কত?** [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ কার্বন ডাই-অক্সাইড ইভাপোরেশনের জন্য সুপ্ততাপ– 574 kj/kg বা 247 Btu/Ib

৬ ড্রাই আইস উৎপাদন

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **তরল কার্বন ডাই-অক্সাইডকে কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করার পদ্ধতিগুলো কী কী?** [বাকাশিবো–২০০৩, ০৭, ০৯, ১৫(পরি)]
অথবা, ড্রাই আইস উৎপাদন পদ্ধতিগুলোর নাম লিখ। [বাকাশিবো-২০০৬]
অথবা, কী কী পদ্ধতিতে কার্বন ডাই-অক্সাইড কঠিন অবস্থায় রূপান্তর করা হয়? [বাকাশিবো-২০০৭, ১০]

উত্তর ঃ তরল কার্বন ডাই-অক্সাইড তিনটি পদ্ধতিতে কঠিন অবস্থায় রূপান্তরিত হয় ঃ

১। হিমায়নের মাধ্যমে সুপ্ত তাপ সরিয়ে।
২। আংশিক কার্বন ডাই-অক্সাইড বাষ্পীভূত করে।
৩। ট্রিপল পয়েন্টের (-56)° সে. নিচে তরল সম্প্রসারিত করে।

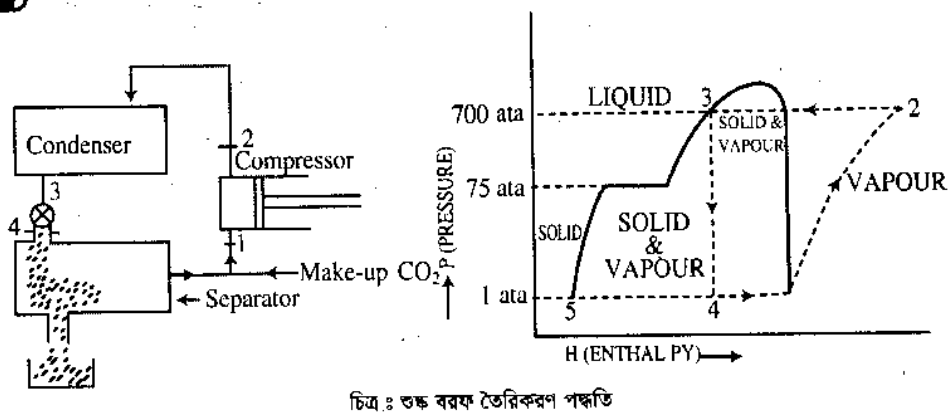
২। **ড্রাই আইস-এর বৈশিষ্ট্য/সুবিধাসমূহ লিখ।** [বাকাশিবো–২০০৫, ১২, ১৩, ১৪]
অথবা, ড্রাই আইস ব্যবহারের সুবিধাসমূহ লিখ। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৭, ০৮, ০৯, ১১]

উত্তর ঃ **ড্রাই-আইস-এর বৈশিষ্ট্য/সুবিধাসমূহ হল ঃ**

১। ক্ষয়কারী নয়।
২। অবিষাক্ত।
৩। সহজে স্থানান্তর করা যায়।
৪। কাটা যায়।
৫। এটি গলে সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয়।
৬। খুব দ্রুত ঠাণ্ডা করা হয়।
৭। যান্ত্রিক ত্রুটির কোন সম্ভাবনা নেই।

৩। **ড্রাই আইস তৈরির PH ও ফ্লো ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।**

উত্তর ঃ



চিত্র ঃ শুষ্ক বরফ তৈরিকরণ পদ্ধতি

৪। **ডাই আইসের উৎপাদন ব্যয় হ্রাস করার পদ্ধতিগুলো লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর ঃ কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপাদনের ব্যয় হ্রাস করার জন্য পরামর্শ বা উপায় হল ঃ

১। ইন্টার কুলার ব্যবহার করে বহুধাপ বিশিষ্ট সংকোচন পদ্ধতি।

২। চলমান চাপ বায়ুমণ্ডলীয় চাপের পরিবর্তে কমিয়ে ট্রিপল পয়েন্টের সমসাময়িকের চাপের কিছু নিচে রাখা।

৩। তরলকে অধঃশীতল করার জন্য সাবকুলার ব্যবহার করা।

৫। **পানি হতে বরফ তৈরির সুবিধা ও অসুবিধা লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর ঃ **পানি হতে বরফ তৈরির সুবিধা ঃ**

১। পানি হতে তৈরিকৃত বরফ গলে গেলে আবারও বরফ তৈরি করা যায়।

২। বাতাসের সংস্পর্শ না লাগলে দীর্ঘ সময় বরফ আকারে থাকে।

পানি হতে বরফ তৈরির অসুবিধা ঃ

১। প্রয়োজনীয় নিম্ন তাপমাত্রা আনয়ন সম্ভব নয়।

২। বরফ গলে খাদ্যসামগ্রী নষ্ট হয়ে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

৬। **কার্বন ডাই-অক্সাইড হতে বরফ তৈরির সুবিধা ও অসুবিধা লিখ।** [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ **কার্বন ডাই-অক্সাইড হতে বরফ তৈরির সুবিধা ঃ**

১। কার্বন ডাই-অক্সাইড হতে তৈরিকৃত বরফ গলে না সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয়।

২। তরল অবশিষ্ট না থাকাতে খাদ্যসামগ্রী নষ্ট হওয়ার সম্ভাবনা কম থাকে।

কার্বন ডাই-অক্সাইড হতে বরফ তৈরির অসুবিধা হল ঃ

১। অত্যন্ত ব্যয়বহুল।

২। একবার ব্যবহার করলে তা আর পুনরায় ব্যবহার করা যায় না।

৭। **ড্রাই আইস এর প্রয়োজনীয়তা লিখ।**
অথবা, ড্রাই আইস ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা কী? [বাকাশিবো-২০০৭, ১২ (পরি), ১৪]

উত্তর ঃ দূরপাল্লার কোন খাদ্যদ্রব্য, ঔষধ বা অন্যকোন রসায়ন দ্রব্য হিমায়িত বা জমানো অবস্থায় স্থানান্তরিত করার জন্য শুষ্ক বরফের সাহায্য নেওয়া হয়। এ বরফে বহন করার জন্য বিশেষ ধরনের বাক্স ব্যবহৃত হয়। আজকাল উড়োজাহাজে হিমায়িত খাদ্য, ঔষধ পরিবহণের জন্য ড্রাই আইস ব্যবহৃত হয়।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **ড্রাই আইস তৈরির পদ্ধতি বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০৩, ০৮, ১৩, ১৪(পরি), ১৫(পরি)]
অথবা, চিত্রসহ ড্রাই আইস উৎপাদন প্রক্রিয়া বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৬, ০৯, ১০, ১১, ১৪]
অথবা, সলিড কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৮]
অথবা, ড্রাই আইস উৎপাদনের সচিত্র পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬, ০৭, ০৯]
অথবা, চিত্রসহ ড্রাই আইস উৎপাদন পদ্ধতি ব্যবহারিকভাবে বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৪

গ্যাস তরলীকরণ প্রক্রিয়া
(Liquefication of Gas)

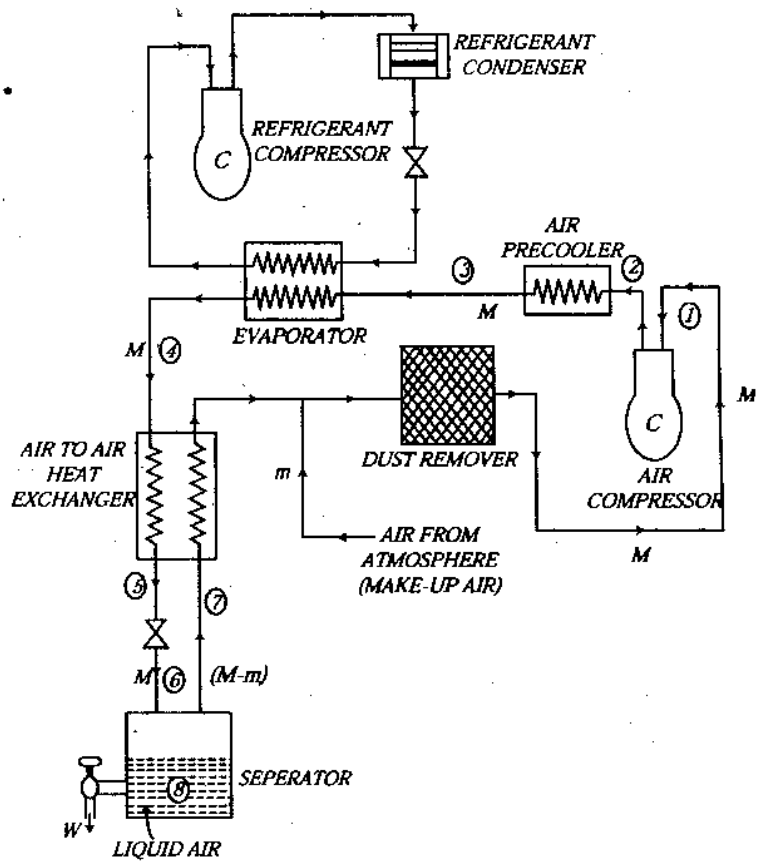
৪.০ ভূমিকা (Introduction) ঃ

বাতাসে কতগুলো উপাদান বিদ্যমান থাকে। যেমন- হাইড্রজেন, অক্সিজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড, নাইট্রোজেন, হিলিয়াম গ্যাস। এগুলোকে একটি নির্দিষ্ট প্রেসারে নিচে আনতে পারলে এগুলো তরলে পরিণত হয়। এই সময় এর তাপমাত্রা অনেক নিচু তাপমাত্রায় থাকে যার মাধ্যমে আমরা বিভিন্ন সংরক্ষণে ব্যবহার করতে পারি। তরল নাইট্রোজেন শাকসবজির উপর স্প্রে করে সংরক্ষণ করতে পারি। হাইড্রজেন উৎপাদনে তরল নাইট্রোজেন ও ওষুধ সংরক্ষণেও ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রজেন ও হিলিয়াম একটি গ্যাসীয় পদার্থ যা বাতাসের সাথে মিশ্রিত অবস্থায় থাকে। এগুলোও কিছু প্রসেসের মাধ্যমে তরলীকরণ করা যায়। উৎপাদন ও সংরক্ষণে হাইড্রজেন ও হিলিয়াম তরলীকরণের প্রয়োজন হয়। হাইড্রজেন ও হিলিয়াম নির্দিষ্ট প্রেসার ও তাপ অপসারণের মাধ্যমে তরলীকরণ করা যায়। যখন তরলে পরিণত করা হয় তখন এর তাপমাত্রা খুব নিচু তাপমাত্রা থাকে যা বিভিন্ন ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়।

৪.১ বায়ু তরলীকরণে লীন্ডে সিস্টেম (Air liquefaction of Linde system) ঃ

এই পদ্ধতিকে Hampson (হেমপসন) পদ্ধতিও বলা হয়। জার্মানির লিন্ডে এই পদ্ধতিকে ১৮৯৫ সালে আরো উন্নয়ন করেন। বৈজ্ঞানিক লিন্ডের নামানুসারে এই সিস্টেমের নাম হয় লিন্ডের সিস্টেম।



চিত্র ঃ ৪.১ বায়ু তরলীকরণে লীন্ডের পদ্ধতি

কার্যাবলি ঃ এই System-এর কার্যপদ্ধতি খুবই সহজ। পরিষ্কার ভিজা বাতাস Dust remove-এর মধ্যে দিয়ে Air compressor টেনে নিয়ে compressed করে 200 bar তে এই high pressos যুক্ত Air precooler এর মধ্যে দিয়ে যাবার সময় কিছুটা ঠাণ্ডা হয়। ইভাপোরেটরে আরও ঠাণ্ডা হয়ে এই High pressureযুক্ত Air counter flow air to air heat exchanger-এর মধ্যে খুব ঠাণ্ডা হয়ে এক্সপানশন ভালভ-এর চাপে কার্যে তরলে পরিণত হয়ে সেপারেটরে জমা হয়। সেপারেটর থেকে তরল বাতাস সংগ্রহ করা হয়। Pre-cooler ব্যবহারের মাধ্যমে উক্ত cycle-এর ক্ষমতা বৃদ্ধি করা হয়।

লীন্ড সিস্টেম এর বিশ্লেষণ (Analysis of Linde System) ঃ

T-s Diagram থেকে পাই,

m_2 = কম্প্রেসরের সংকুচিত বাতাসের ভর

m_5 = সেপারেটরের তরল

m_6 = Low pressure-এর বাতাসের ভর যা Heat exchanger দিয়ে প্রবাহিত হচ্ছে।

$m_6 = m_2 - m_5$

Heat balance of the heat exchanger.

$m_2(H_2-H_3) = m_6(H_1-H_6)$

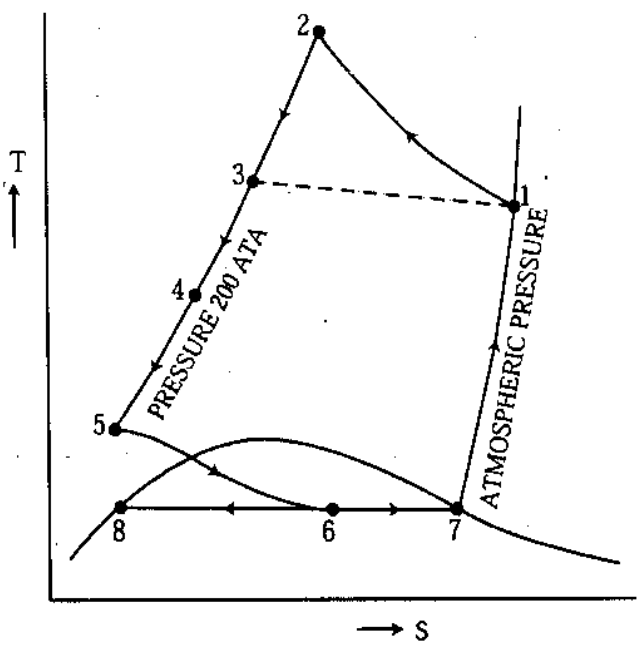
$= (m_2-m_5)(H_1-H_6)$

Heat balance of the separator,

$m_2H_4 = m_5H_5+m_6H_6$

$= m_5H_5+(m_2-m_5)H_6$

$m_2H_3 = m_5H_5+(m_2-m_5)H_6$ [$\because H_3=H_4$]



চিত্র ঃ ৪.২ বায়ু তরলীকরণে লীন্ডের PH ডায়াগ্রাম

1-2→ Compression process considering isentropic efficiency

2-3 → Cooling Air in the pre-cooler

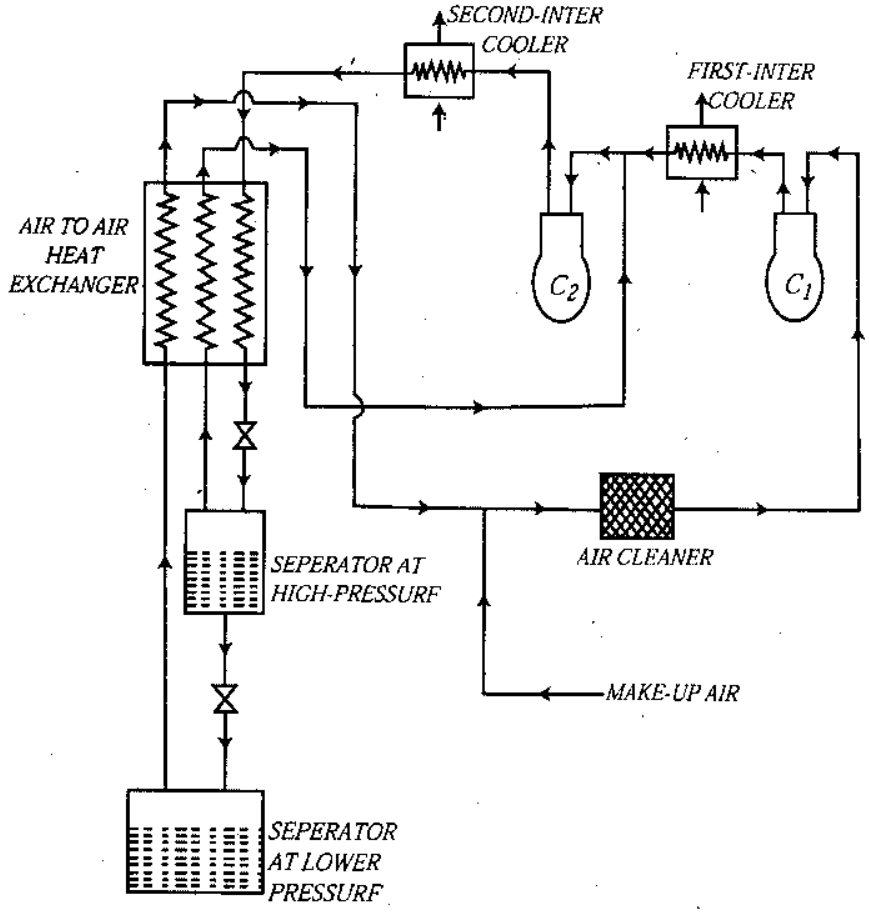
3-4 → পুনরায় Evaporator দ্বারা Cooling করা হয়।

4-5→ উচ্চ চাপে চূড়ান্ত Cooling পদ্ধতি

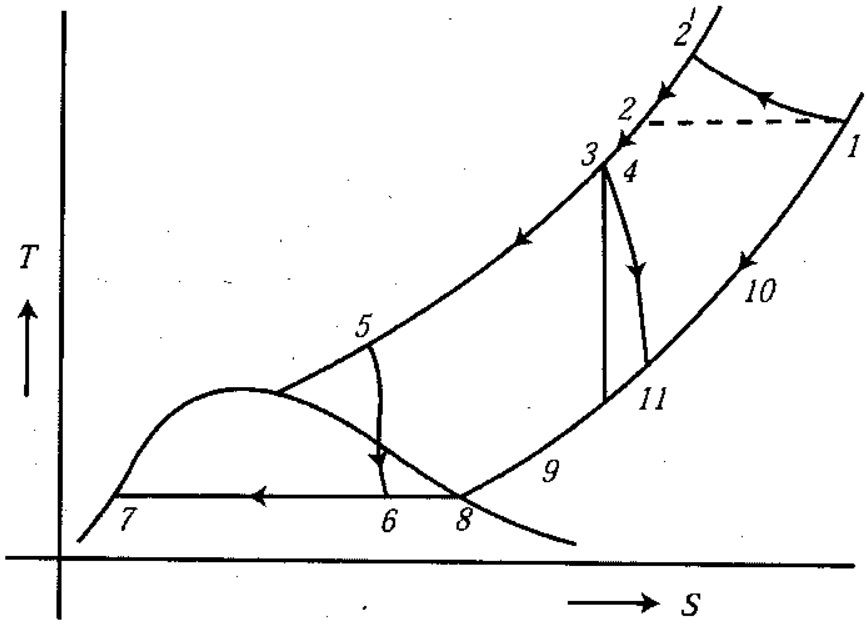
5-6 → Condition of air which is not liquefied

8 → Liquied বাতাস

৪.২ বাতাস তরলীকরণের ক্লাউড সিস্টেম (Air liquefaction claude system) ঃ



চিত্র ঃ ৪.৩ বাতাস তরলীকরণে ক্লাউড সিস্টেম



চিত্র ঃ ৪.৪ বাতাস তরলীকরণে ক্লাউড সিস্টেমের T-S ডায়াগ্রাম

এই পদ্ধতির সাহায্যে উচ্চ চাপের বাতাসকে প্রথমে Heat exchanger এর দ্বারা কিছুটা ঠাণ্ডা করা হয়। এই ঠাণ্ডা বাতাসের কিছু অংশ (80%) point ও থেকে আলাদা হয়ে Expander point 3 & 8 -এ সম্প্রসারিত এবং ঠাণ্ডা হয়। অবশিষ্ট বাতাস (20%) Heat exchanger (Point 3 and 4) এর মধ্য দিয়ে যায় এই বাতাসকে (point 4 & 5) বায়বীয় চাপে এ পদ্ধতিতে সম্প্রসারণ করা হয়। সেপারেটর থেকে তরল বাতাস অপসারণ করা হয়। Expander থেকে আগত বাতাস সেপারেটর থেকে আগত বাতাসের সাথে মিলিত হয়। তারপর বাকি বাতাস দুটি Heat exchanger হয়ে এবং Make up air এর সাথে মিশে (১) নং পয়েন্টে এসে কম্প্রেসরে আসে। তারপর আবার চক্র সম্পন্ন হয়।

ক্লাউড সিস্টেম বিশ্লেষণ কর (State the analysis of claude system) ঃ Claude system হল জুল থমসনের effect & expansion ইঞ্জিনের সমন্বিত রূপ গ্যাস এর কার্যকারিতা নির্ভর করে তাপমাত্রা খুব বেশি ড্রপ হয় যখন বাতাস এক্সপানশন হয়ে Throatting valve এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়। এই প্রক্রিয়ার মাধ্যমে claude system বাতাস কে তরলে পরিণত করে Linde syatem অপেক্ষা বেশি কার্যকর।

প্রথমে বাতাস মেক আপ এয়ার লাইন (Make up air Line) দিয়ে প্রবেশ করে। Air cleaner এ পরিণত হয়ে compressor এ যায়। প্রথম compressor এ বাতাস কে compressed করে First inter cooler এ পাঠায়। 1st inter cooler-এ বাতাস কিছুটা ঠাণ্ডা হয়। Compressor এই ঠাণ্ডা বাতাসকে টেনে আরও High pressure দিয়ে 2nd Inter cooler-এ পাঠায় high pressure বাতাস ঠাণ্ডা হয়ে Heat exchanger এ এসে খুব ঠাণ্ডা করা হয়। Heat exchanger থেকে বাতাস কিছুটা তরলে পরিণত হয়ে High pressure সমৃদ্ধ Separator এ আসে। এখান থেকে কিছু তরলীভূত বাতাস Expansion valve pressure drop করে Low pressure separator-এ আসে Low pressure separator থেকে বাতাস সংগ্রহ করা হয়।

High pressure separator -এ কিছু বাতাস তরলীভূত হয় না। এই ভেজা তরলীভূত বাতাস Air to Air heat exchahger এর মধ্যে দিয়ে compressor এ আসে। Low pressure separator এ কিছু বাতাস তরলীকৃত হয় না। এই বাতাস পুনরায় Air to Air heat exchanger এর মধ্যে দিয়ে ১ম condenser এ যায়। যতটুকু Make up air এর প্রয়োজন হয় ততটুকু Air প্রথম compressor make up line এর মাধ্যমে Atmosphere থেকে টেনে নেয়। Make up air এর সাথে মিশে (1) নং পয়েন্টে আসে ওখান থেকে compressor এ আসে। এভাবেই চক্রটি সম্পন্ন হয়।

Claude system-এর বিশ্লেষণ

M = Compressor হতে আগত

M_1 = Expander হতে by-passed কৃত বাতাসের ভর

$M_2 = (M - M_1)$

m = mass of air liquefied in the air separator এবং $M_3 = (M_2 - m)$

আমরা জানি,Enthalphies যথাক্রমে h_1, h_2, h_7, h_8 এবং $h_5 = h_6$

h_3 এর মান আমরা জানি, এবং h_{11} এর মান বাহির করতে হয়।

ভররে সমতা (mass balance) হতে পাই

$M = M_1 + M_2$

$M_2 = M_3 + m$

এনথালপি $h_9 \dfrac{M_1 h_{11} + M_3 h_8}{(M_1 + M_3)}$

তাপের সমতা হতে পাই (Heat exchanger HE_1 এর জন্য)

$M(h_2 - h_3) = (M - M)(h_1 - h_{10})$

আবার,

তাপের সমতা হতে পাই (Heat exchanger HE_2 এরপর)

$M_2(h_3 - h_5) = (M - M)(h_{10} - h_9)$

আবার, Separator এর জন্য heat balance হতে পাই

$[M_2 h_6 = m h_7 + (M_2 - m)$ kg.

জুল থমসন কো-ইফিসেয়েন্ট (State Jules Thomson co-efficent) ঃ

কন্সট্যান্ট অ্যানথালপির (Constant enthalpy) সাপেক্ষে চাপ পরিবর্তনের সাথে সাথে তাপমাত্রার পরিবর্তন হওয়াকে জুল থমসন কো-ইফিসিয়েন্ট বলে।

গাণিতিক ভাবে, $\mu = (\frac{dt}{df})_H$

এখানে,

μ = আদর্শ গ্যাসের পরিমাণ

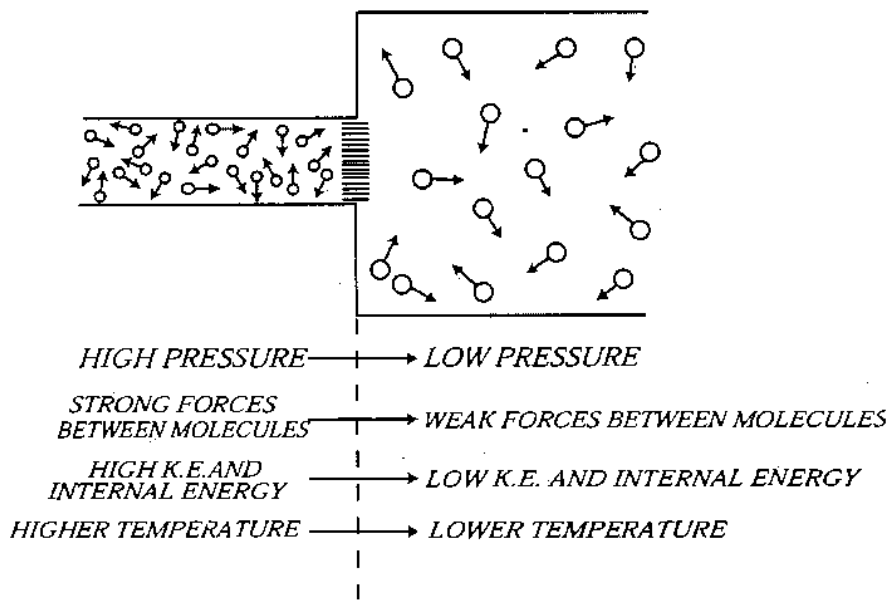
dt = তাপমাত্রার পরিবর্তন

dp = চাপের পরিবর্তন

H = কন্সট্যান্ট অ্যানথালপি

চিত্রসহ জুল থমসম ক্রিয়া (Explain the principle of Joule Thomson effect with sketch) ঃ

Joule Thomson effect ঃ হাই প্রেসার (High pressure) এবং হাই টেম্পারেচার (High temperature) এর গ্যাস কে সরু ছিদ্র দিয়ে নিয়ে গিয়ে Low pressure স্থানে দিয়ে গেলে সম্প্রসারিত হয় ফলে ঠাণ্ডা প্রবাহ পাওয়া যায় একে জুল থমসন ইফেক্ট বলে।



চিত্র ঃ ৪.৫ জুল থমসন ইফেক্ট ডায়াগ্রাম

গ্যাস তরলীকরণে সার্বজনীনভাবে জুল থমসন প্রভাব (Reason of universal use of Joul's Thomson effect in gas liquidification) ঃ

গ্যাস তরলীকরণের জন্য Cascade system খুব সাফল্যজনকভাবে ব্যবহৃত হয়েছিল। কিন্তু বিভিন্ন ধরনের গ্যাসকে জুল থমসন এর মাধ্যমে খুব কম খরচে তরলীকরণ করা যায়। বর্তমান সময়ে রকেট প্রোপোল তরল অক্সিজেন এবং প্রাকৃতিক গ্যাস; যেমন- ফুয়েল বহুলভাবে ব্যবহৃত হচ্ছে। তরল N_2 অনেক ইন্ডাস্ট্রিয়াল পদ্ধতিতে ব্যবহৃত হচ্ছে এবং হাইড্রোজেন ও হিলিয়াম অন্যান্য ইন্ডাস্ট্রিতে ব্যবহৃত হচ্ছে।

জুল থমসন ইফেক্ট ব্যবহার জেনিক শিল্পে অনেক বেশি কার্যকর পদ্ধতি। এই পদ্ধতিতে গ্যাস Compress করে একটি ভালভের মধ্যে দিয়ে প্রবাহিত হয়। এর ফলে pressure drop-এর সাথে সাথে তাপমাত্রারও উল্লেখযোগ্য পরিমাণ হ্রাস পায়। বর্তমানে থমসন ভালভ কে ২য় বাষ্পীভবন পদ্ধতিতে অথবা আরো বেশি কার্যকর ফল লাভের জন্য একটি এক্সপানসন ইঞ্জিন দ্বারা সৃষ্ট সাইকেল-এ যুক্ত করা হচ্ছে।

লীন্ড সিস্টেম হতে ক্লাউড সিস্টেম-এর সুবিধাসমূহ হলো–

(a) ক্লাউড সিস্টেমে বাতাসকে 40 বায়ুমণ্ডলী চাপে সংকোচিত করা হয় এবং লীন্ড সিস্টেমে বাতাসকে 100-200 বায়ু চাপে সংকোচিত করা হয়।

(b) ক্লাউড সিস্টেমে 80% বাতাসকে expanded করা হয় reversibley পদ্ধতির মাধ্যমে এবং বাকি 20% বাতাসকে irreversibly করা হয়।

(c) ক্লাউড সিস্টেমে Liquefacation এর মান অধিক উন্নত।

(d) ক্লাউড পদ্ধতিতে Specific work কম।

৪.৩ নাইট্রোজেন তরলীকরণ পদ্ধতি (The Nitrogen liquefaction process) ঃ

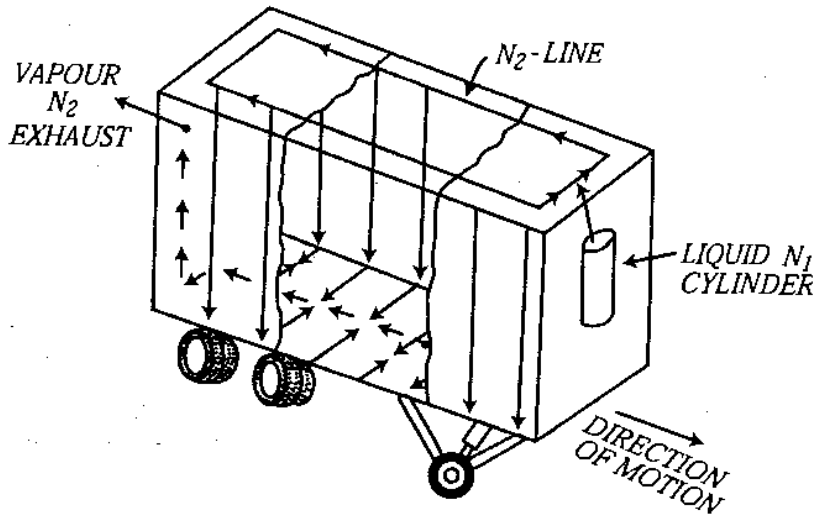
হিমায়িত খাদ্যদ্রব্য পরিবহন ও রেফ্রিজারেটেড যানে মালামাল ঠাণ্ডা রাখার জন্য তরল নাইট্রোজেন ও কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস ব্যবহৃত হয়। এই পদ্ধতিতে কোন কনডেনসিং ইউনিটের দরকার হয় না। ঠাণ্ডা করার প্রধান উপায় হল হিমায়কের বাষ্পায়ন প্রক্রিয়া। তরল হিমায়ক সিলিন্ডার থেকে ছেড়ে দিলে যেমন দ্রুত ঠাণ্ডা আনা সম্ভব তেমনি পরিবহনে তরল হিমায়ক ছেড়ে দিলে দ্রুত বাষ্পীভবনের ফলে দ্রুত ঠাণ্ডা পাওয়া যায়।

নাইট্রোজেন দুটি পদ্ধতিতে পরিবহনে কাজ করে। যেমন–

(ক) কোল্ড প্লেট কুলিং সিস্টেম (Cold plate cooling system)

(খ) স্প্রে কুলিং সিস্টেম (Spray cooling system)

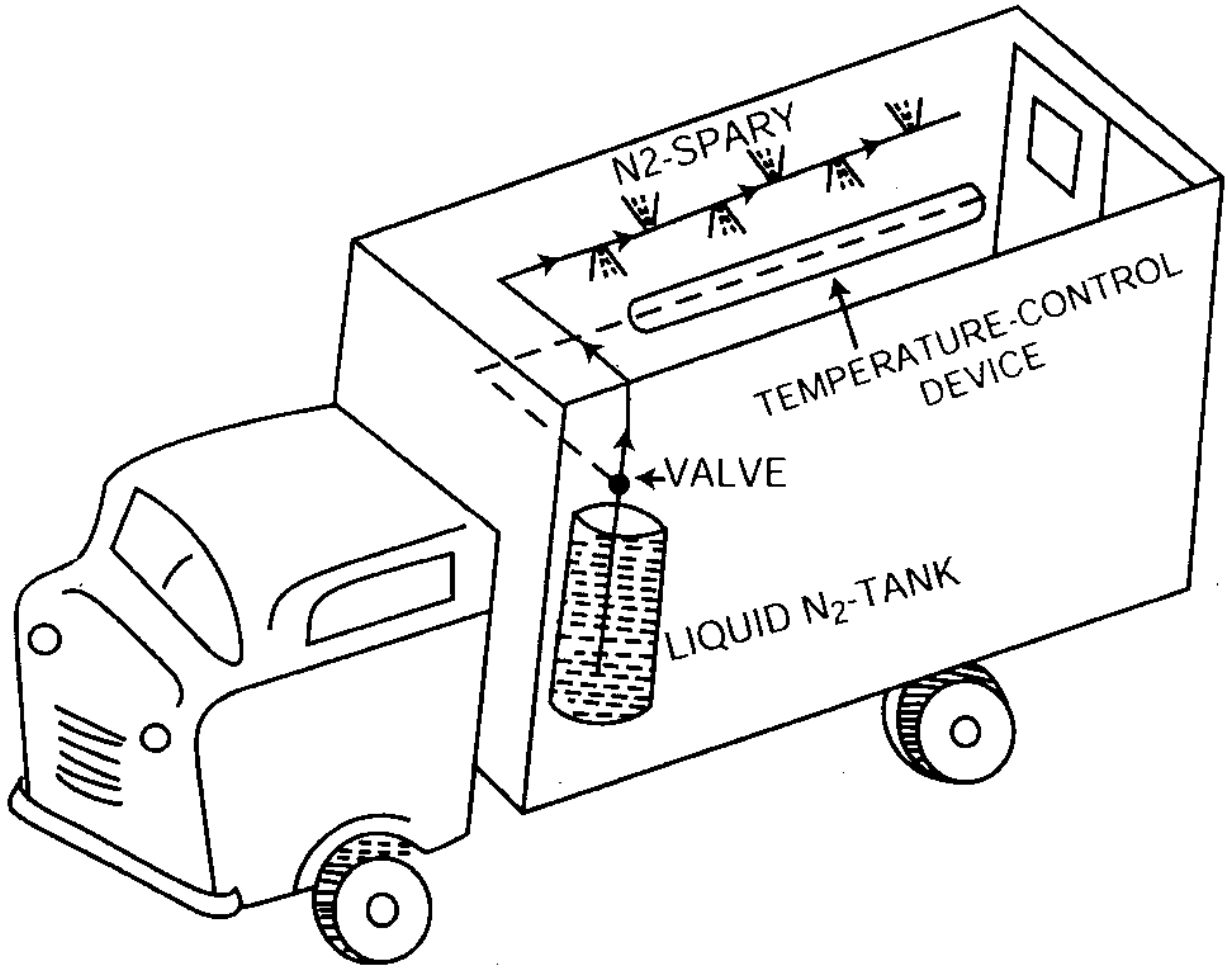
কোল্ড প্লেট কুলিং সিস্টেম ঃ পরিবহনযোগ্য এবং তাপ প্রবাহরোধ যোগ্য ইন্সুলেটেড কেবিনের ভিতরে কতগুলো প্লেট থাকে। প্লেটগুলোকে বলা হয় কোল্ড প্লেট। কোল্ড প্লেটের তরল নাইট্রোজেন প্রবাহ করানো হয়।



চিত্র ঃ ৪.৬ তরল নাইট্রোজেনের সাহায্যে কোল্ড প্লেট কুলিং সিস্টেমে হিমায়ন

৪.৬ নং চিত্রের ন্যায় একটি তরল নাইট্রোজেন সিলিন্ডার থেকে পাইপের মাধ্যমে তরল নাইট্রোজেন ছেড়ে দেয়ার ব্যবস্থা থাকে। কেবিনেটের ভিতরে মালামালের সাথে নাইট্রোজেনের কোন স্পর্শ হয় না। কারণ নাইট্রোজেন গ্যাস প্লেটের ভিতর বসানো টিউবের ভিতর প্রবাহিত হয়। নাইট্রোজেনের প্রবাহ নিয়ন্ত্রণের জন্য একটি নিয়ন্ত্রক বা কন্ট্রোলার থাকে। কেবিনেট ঠাণ্ডা হয়ে গেলে সেন্সোর কন্ট্রোলারকে নাইট্রোজেন প্রবাহ বন্ধ করতে বলে। কন্ট্রোলার নির্দেশিত হয়ে প্রবাহ বন্ধ করে। আবার কেবিনেটের তাপমাত্রা বাড়লে সেনসর কন্ট্রোল ভালভকে খুলে দেয়ার সংকেত দেয়। তাই কন্ট্রোলার ভালভ খুলে দেয়। ফলে নাইট্রোজেনের প্রবাহ ঘটে। এভাবে স্বয়ংক্রিয়ভাবে পরিবহনযোগ্য ইন্সুলেটেড কেবিনেটের মধ্যে 30°C থেকে 20°C তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণ করে রাখা সম্ভব হয়। এতে পচনশীল খাদ্যদ্রব্য হিমায়িত করে দূর-দূরান্তে স্থানান্তর করা সম্ভব।

স্প্রে কুলিং ঃ পরিবহন কার্গো তৈরি করার পরে যদি কেহ কেবিনেট ঠাণ্ডা করতে চায় তাহলে কম খরচে ৪.৭ নং চিত্রের ন্যায় ব্যবস্থা করা যায়। এতে নাইট্রোজেন মালামালের সংস্পর্শে আসে। ফল, তরকারি, মাছ, ইত্যাদি পরিবহন করার সময় যদি ঠাণ্ডা দরকার মনে করে তাহলে এভাবে করা যেতে পারে। কোল্ড প্লেটের মত এক্ষেত্রেও নাইট্রোজেন বা কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করার ব্যবস্থা থাকে। তাপমাত্রা বাড়লে প্রবাহ বাড়ে আর তাপমাত্রা কমলে প্রবাহ কমে।



চিত্র ঃ ৪.৭ তরল নাইট্রোজেনের মাধ্যমে ভ্যানে স্প্রে কুলিং সিস্টেম

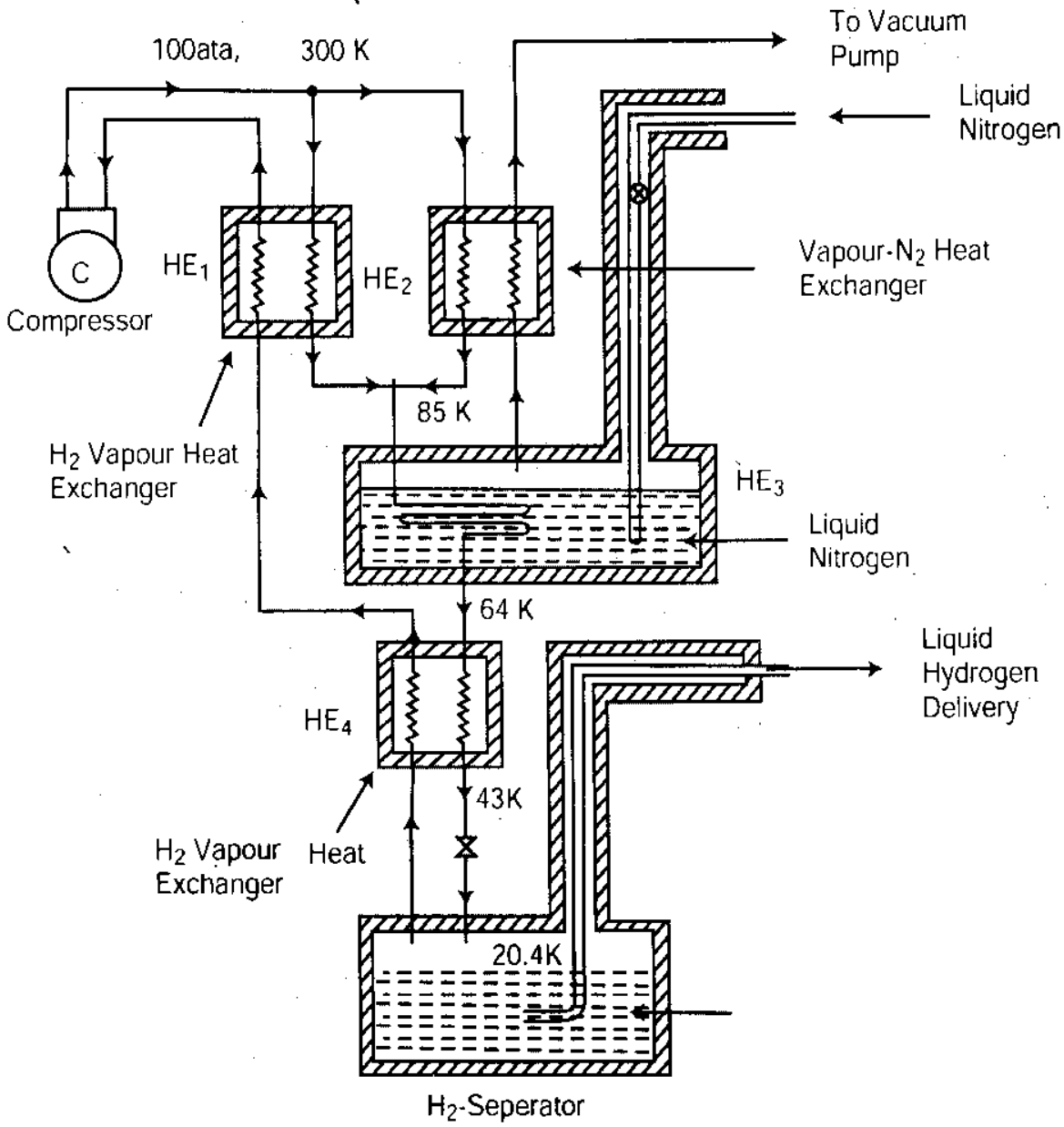
কোল্ড প্লেট পদ্ধতিতে দেওয়ালের ভিতরের পাইপে নাইট্রোজেন গ্যাস ছাড়া হয় কিন্তু স্প্রে পদ্ধতিতে কেবিনেটের ভিতরে মালামাল রাখার স্থান নেই। নাইট্রোজেন ছাড়া হয়। এ পদ্ধতিতে সুবিধা ও অসুবিধা দুটোই পাওয়া যায়। কার্গোর ভিতরের নাইট্রোজেন বা কার্বন ডাই অক্সাইড বায়ুমণ্ডলে ছেড়ে দেয়া হয়। এ গ্যাস যাওয়ার সময় কার্গোতে রক্ষিত ফল, শাকসবজি বা মাছের অক্সিজেন নিয়ে যায়। সাবধান থাকতে হবে যে, মালামাল বাহির করা ও ঢুকানোর সময় স্প্রে বন্ধ রাখতে হবে। কারণ তরল নাইট্রোজেন গায়ে লাগলে চামড়া ঠাণ্ডায় জ্বলে যেতে পারে। তা ছাড়া জীবন্ত প্রাণী ভিতরে রেখে নাইট্রোজেন স্প্রে করা যাবে না।

নাইট্রোজেন ব্যবহারের সুবিধা হল ঃ

১। নাইট্রোজেন সস্তা।

২। পরিবেশের জন্য ক্ষতিকারক নয়।

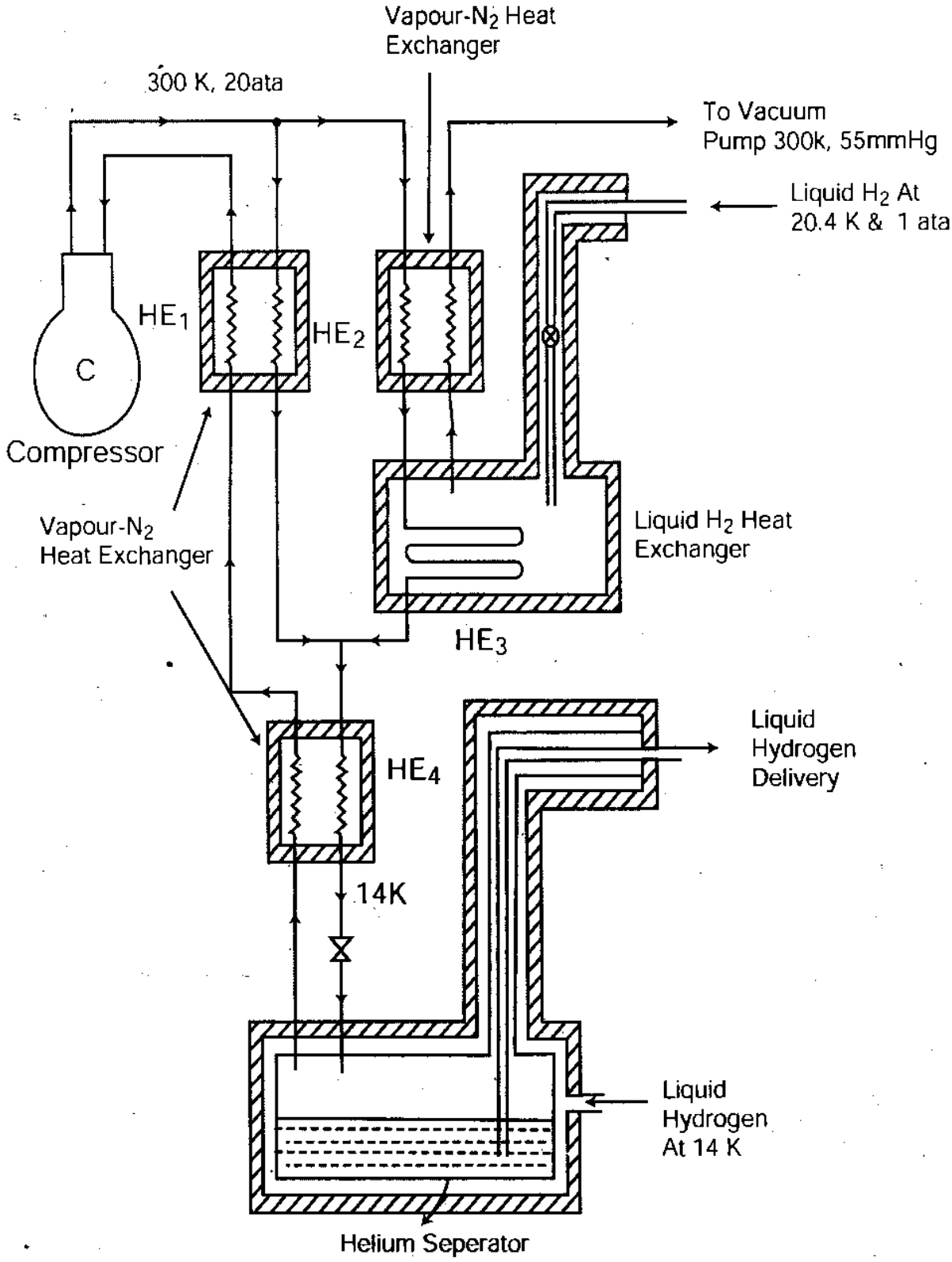
৪.৪ হাইড্রজেন তরলীকরণ পদ্ধতি (Hydrogen liquefication process with sketch) ঃ



চিত্র ঃ ৪.৮ হাইড্রজেন তরলীকরণ পদ্ধতি

এই পদ্ধতিতে বিশুদ্ধ হাইড্রজেন গ্যাসকে 100 atm চাপে 27°C তাপমাত্রায় সংকোচন করে HE_1 ও HE_2 Heat exchanger এ পাঠানো হয় এবং Pre cooling হয়। HE_1-তে উচ্চ চাপের H_2 কে নিম্ন চাপের আগত H_2 দ্বারা এবং Heat Exchanger 'HE_2'তে তরল N_2 দ্বারা ঠাণ্ডা করা হয়। উভয় Heat exchanger (HE_1 ও HE_2) থেকে আগত H_2 থেকে ৩য় H.E (C)-এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়। এখানে তরল N_2 এর সাহায্যে −207°C এ ঠাণ্ডা করা হয়। এই H_2 কে আবার -230°C তাপমাত্রায় ঠাণ্ডা করা হয় এবং সেপারেটর থেকে আগত নিম্ন চাপের ও তাপের H_2 দ্বারা H.E.(D) থেকে বায়ুমণ্ডলীয় চাপে Throthing এর মাধ্যমে H_2 কে তরল করা হয় সেপারেটরে। সেপারেটর থেকে তরল H_2 কে অপসারণ করা হয়। অবশিষ্ট গ্যাস D ও A H.E হয়ে Make up air-এর সাথে সংযুক্ত হয়ে কম্প্রেসরে আসে।

৪.৫ হিলিয়াম তরলীকরণ পদ্ধতি (The Helium liquefaction process with sketch) ঃ



চিত্র ঃ ৪.৯ হিলিয়াম তরলীকরণ পদ্ধতি

হিলিয়াম তরলীকরণের পদ্ধতি ঃ হিলিয়াম একমাত্র গ্যাস যা 14K তাপমাত্রার নিচে তরল অবস্থায় থাকে। অন্য সকল গ্যাস হতে এটি তরল করা বেশি কঠিন। এটি সর্বোচ্চ 40K তাপমাত্রায় সম্পূর্ণ বাষ্পে পরিণত হয়।

এর Boiling Point 4.2K। Hilium 20 Bar চাপে সংকুচিত হয়ে তরলীকারক বা Liquifier এ প্রবেশ করে। প্রবাহ দুই দিকে বিভক্ত হয়ে একটি দিক HE_1 অপরটা HE_2 তে প্রবেশ করে। হিলিয়াম বাষ্প দ্বারা উচ্চ চাপীয় এবং উচ্চ তাপীয় হিলিয়ামকে ঠাণ্ডা করা হয়। HE_2 হিলিয়ামকে বাষ্পীয় হাইড্রজেন দ্বারা ঠাণ্ডা হয়ে হ্রাসকৃত চাপে (55mm of 1 Hg) ফুটন্ত তরল হাইড্রজেন দ্বারা আরো ঠাণ্ডা HE_3 তে। হাইড্রজেন স্ফুটনাঙ্ক হচ্ছে 14K। HE_3 এর নিচে এসে HE_1 হতে আগত এবং HE_3 হতে আগত উচ্চ চাপীয় বাষ্পের লাইন দুটি একত্রিত হয়ে HE_4 এ প্রবেশ করে এবং সেখানে হিলিয়াম বাষ্প দ্বারা ঠাণ্ডা করা হয়। সেখান থেকে থ্রেটল ভালভের মাধ্যমে চাপ কমিয়ে নিম্ন চাপে হিলিয়ামকে তরলে পরিণত করা হয়। তরল হিলিয়াম এবং কিছু বাষ্প স্পেরেটরে জমা থাকে এখান থেকে লিকুইড হিলিয়াম লাইন দ্বারা তরল হিলিয়াম সংগ্রহ করা হয়।

ক্লাউড নীতিতে ঐ পদ্ধতি পরিচালিত হয়। ঐ পদ্ধতিতে প্রতি ঘন্টায় ২৫ হতে ৩২ লিটার হিলিয়াম তৈরি করার জন্য ৪৫KW পাওয়ার খরচ হয়।

৪.৬ তরল নাইট্রোজেন, হাইড্রজেন এবং হিলিয়াম এর প্রয়োগ বা ব্যবহার ক্ষেত্রগুলো (Mention the uses of liquid nitrogen, hydrogen and helium) ঃ

নাইট্রোজেনের ব্যবহার ঃ

(i) হিমায়িত খাদ্য পরিবহণ করে।

(ii) হিমায়িত মোটরযানে মালামাল ঠাণ্ডা রাখে।

(iii) নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টি করে।

হাইড্রজেনের ব্যবহার ঃ

(i) হিলিয়াম তরল করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

(ii) নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টি করতে ব্যবহৃত হয়।

(iii) জেট প্রপালেশনের জ্বালানি হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

(iv) অ্যাবজর্পশন রেফ্রিজারেশন পদ্ধতির ইভাপোরেটর কয়েলে এটি ব্যবহার করা হয়।

হিলিয়ামের ব্যবহার ঃ

(i) তরল Helium NMR মেশিন ঠাণ্ডা করলে ব্যবহৃত হয়।

(ii) আর্ক ওয়েল্ডিং রকেট এবং নিম্ন তাপমাত্রার গবেষণাগারে ব্যবহৃত হয়।

(iii) গবেষণাগারে নিষ্ক্রিয় পরিবেশে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটার সময় হিলিয়াম ব্যবহৃত হয়।

(iv) ইনফ্রারেড হিট ডিটেকরেড জায়গায় ঐ পরমশূন্য তাপমাত্রা বজায় রাখতে তরল হিলিয়াম ব্যবহৃত হয়।

(v) গভীর পানির তলায় ডুবুরীগণ হিলিয়াম ও অক্সিজেন মিশ্রণের সাহায্যে শ্বাস-প্রশ্বাস গ্রহণ করে।

অনুশীলনী-৪

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **জুল থমসম কো-ইফিসিয়েন্ট কাকে বলে?** [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৭, ০৮, ১৩, ১৪, ১৫(পরি)

অথবা, জুল থমসম কো-ইফিসিয়েন্টের সংজ্ঞা দাও। [বাকাশিবো-২০০৬, ১১

অথবা, জুল থমসন কো-ইফিসিয়েন্ট কী? [বাকাশিবো-২০০৬, ১০(পরি)

উত্তর ঃ কন্সট্যান্ট অ্যানথালপির (Constant enthalpy) সাপেক্ষে চাপ পরিবর্তনের সাথে সাথে তাপমাত্রার পরিবর্ত হওয়াকে জুল থমসন কো-ইফিসিয়েন্ট বলে।

২। **হিট এক্সচেঞ্জার এর কাজ কী?**

উত্তর ঃ হিট এক্সচেঞ্জার এর কাজ হল তাপের বিনিময় ঘটানো।

৩। **বাতাস তরলীকরণের দুটি পদ্ধতির নাম উল্লেখ কর।** [বাকাশিবো-২০০৭, ১০, ১৪

উত্তর ঃ বাতাস তরলীকরণের দুইটি পদ্ধতি হলো ঃ

(ক) লীন্ডর পদ্ধতি

(খ) ক্লাউড পদ্ধতি।

৪। **নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টির জন্য নাইট্রোজেনের একটি ব্যবহার লেখ।** [বাকাশিবো-২০১

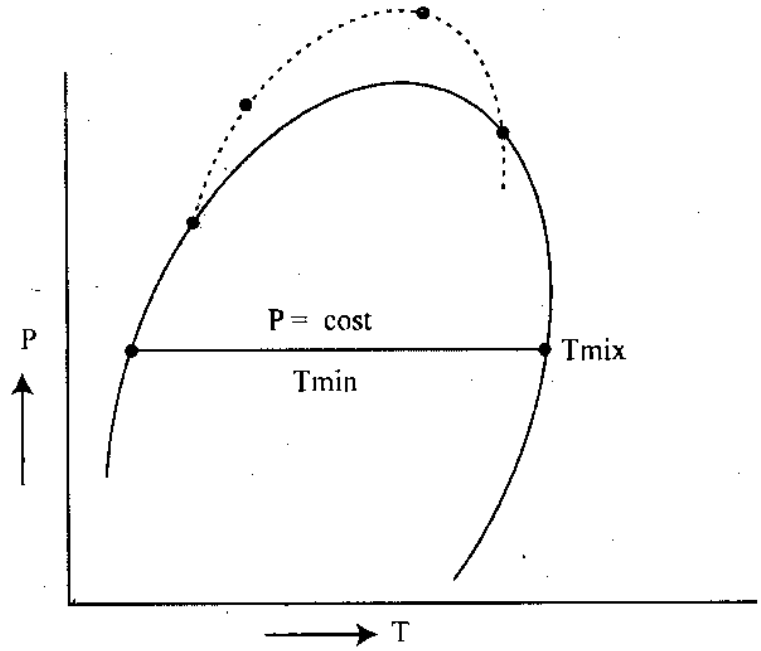
উত্তর ঃ (i) হিমায়িত খাদ্য পরিবহণ করার জন্য

(ii) মোটরযানে মালামাল ঠাণ্ডা রাখার জন্য

(iii) নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টি করার জন্য।

৫। **ইনভার্শন কার্ভ কাকে বলে?** [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৮, ১০(পরি), ১

উত্তর ঃ যখন কোন Substance উচ্চচাপ হতে নিম্নচাপে যায় throttling-এর মাধ্যমে এবং উক্ত সময়ে তাপমাত্রা ক যায়। তাকে যে কার্ভ এর মাধ্যমে দেখানো হয় তাকে ইনভার্শন কার্ভ বলে।



সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **জুল থমসম কো-ইফিসিয়েন্ট বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো–২০০৭, ০৮, ১৪]

অথবা, জুল থমসন কো-ইফিসিয়েন্ট ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৭]

অথবা, জুল থমসন নীতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৮, ১০(পরি)]

অথবা, জুল থমসন কো-ইফিসিয়েন্টর গাণিতিক সূত্র লেখ। [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর ঃ কন্সট্যান্ট অ্যানথালপির (Constant enthalpy) সাপেক্ষে চাপ পরিবর্তনের সাথে সাথে তাপমাত্রার পরিবর্তন হওয়াকে জুল থমসন কো-ইফিসিয়েন্ট বলে।

গাণিতিক ভাবে, $\mu = (\frac{dt}{df})_H$

এখানে,

μ = আদর্শ গ্যাসের পরিমাণ

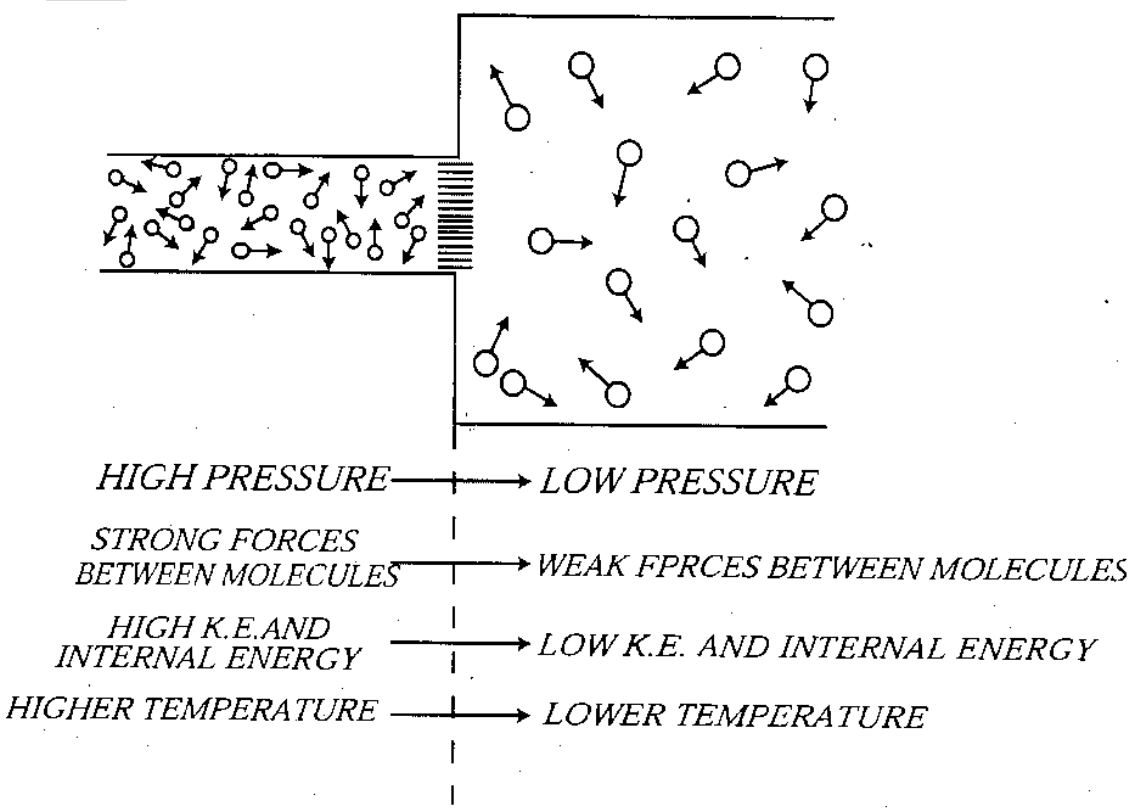
dt = তাপমাত্রার পরিবর্তন

dp = চাপের পরিবর্তন

H = কন্সট্যান্ট অ্যানথালপি

২। **জুল থমসনের চিত্রটি অঙ্কন কর।**

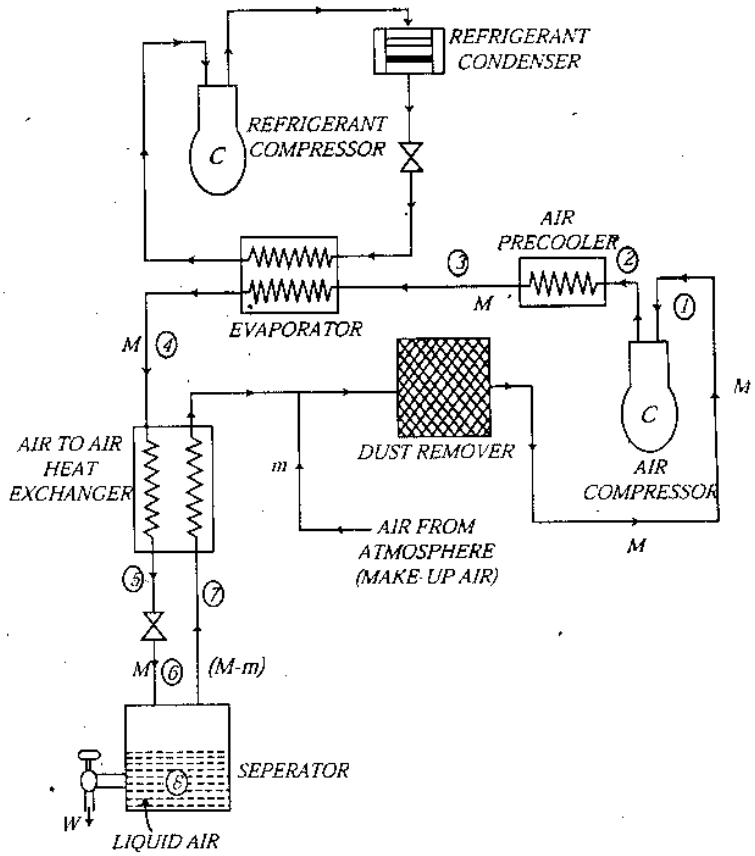
উত্তর ঃ



চিত্র ঃ জুল থমসন ইফেক্ট ডায়াগ্রাম

৩। **লীন্ড সিস্টেমের ফ্লো ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।** [বাকাশিবো-২০১১, ১৪(পরি)]
অথবা, লীন্ড পদ্ধতিতে বায়ু তরলীকরণের প্রবাহ চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ



চিত্র ঃ বায়ু তরলীকরণে লীন্ডের পদ্ধতি

৪। **ক্লাউড সিস্টেম কী?** [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ এই পদ্ধতির সাহায্যে উচ্চ চাপের বাতাসকে প্রথমে Heat exchanger এর দ্বারা কিছুটা ঠাণ্ডা করা হয়। এই ঠাণ্ডা বাতাসের কিছু অংশ (80%) point ও থেকে আলাদা হয়ে Expander point 3 & 8 -এ সম্প্রসারিত এবং ঠাণ্ডা হয়। অবশিষ্ট বাতাস (20%) Heat exchanger (Point ও and 4) এর মধ্য দিয়ে যায় এই বাতাসকে (point 4&5) বায়বীয় চাপে এ পদ্ধতিতে সম্প্রসারণ করা হয়। সেপারেটর থেকে তরল বাতাস অপসারণ করা হয়। Expander থেকে আগত বাতাস সেপারেটর থেকে আগত বাতাসের সাথে মিলিত হয়। তারপর বাকি বাতাস দুটি Heat exchanger হয়ে এবং Make up air এর সাথে মিশে কম্প্রেসরে আসে। তারপর আবার চক্র সম্পন্ন হয়।

৫। **হাইড্রজেন কোন কোন ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়, তা লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৭, ০৮, ১৩, ১৫(পরি)]
অথবা, তরল হাইড্রোজেনের ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৮, ১০(পরি), ১০, ১১, ১৪]
অথবা, তরল হাইড্রোজেন কোন কোন ক্ষেত্রে ব্যবহার করা যায়? [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

উত্তর ঃ হাইড্রজেনের ব্যবহার ঃ

(i) হিলিয়াম তরল করার জন্য ব্যবহৃত হয়।
(ii) নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টি করতে ব্যবহৃত হয়।
(iii) জেট প্রপালেশনের জ্বালানি হিসেবে ব্যবহার করা হয়।
(iv) অ্যাবসর্পশন রেফ্রিজারেশন পদ্ধতিতে ইভাপোরেটর কয়েলে এটি ব্যবহার করা হয়।

৬। **হিলিয়াম এর প্রয়োগক্ষেত্রগুলো লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৮, ১৩, ১৪]
অথবা, হিলিয়ামের ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৮, ১০ (পরি), ১০]

উত্তর ঃ হিলিয়ামের প্রয়োগক্ষেত্রগুলো হল ঃ

(i) তরল Helium NMR মেশিন ঠাণ্ডা করলে ব্যবহৃত হয়।
(ii) আর্ক ওয়েল্ডিং রকেট এবং নিম্ন তাপমাত্রার গবেষণাগারে ব্যবহৃত হয়।
(iii) গবেষণাগারে নিষ্ক্রিয় পরিবেশে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটার সময় হিলিয়াম ব্যবহৃত হয়।
(iv) ইনফ্রারেড হিট ডিটেকরেড জায়গায় ঐ পরমশূন্য তাপমাত্রা বজায় রাখতে তরল হিলিয়াম ব্যবহৃত হয়।
(v) গভীর পানির তলায় ডুবুরীগণ হিলিয়াম ও অক্সিজেন মিশ্রণের সাহায্যে শ্বাস-প্রশ্বাস গ্রহণ করে।

৭। **হাইড্রজেন গ্যাসের তরলীকরণের অসুবিধাগুলো লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর ঃ হাইড্রজেন গ্যাসের তরলীকরণ অসুবিধাগুলো হল ঃ

(ক) তরলীকরণ পদ্ধতি জটিল ও ব্যয়বহুল। (খ) নাইট্রোজেন গ্যাসের প্রয়োজন হয়। (গ) হিট এক্সচেঞ্জার স্থাপন ব্যয়বহুল।

৮। **গ্যাস তরলীকরণের ক্ষেত্রে Joule's Thompson Effect-এর সর্বজনীন ব্যবহারের কারণ কী?**

উত্তর ঃ জুল থমসন ইফেক্ট ব্যবহার জেনিক শিল্পে অনেক বেশি কার্যকর পদ্ধতি। এই পদ্ধতিতে গ্যাস Compress করে একটি ভালভের মধ্যে দিয়ে প্রবাহিত হয়। এর ফলে pressure drop-এর সাথে সাথে তাপমাত্রারও উল্লেখযোগ্য পরিমাণ হ্রাস পায়। বর্তমানে থমসন ভালভ কে ২য় বাষ্পীভবন পদ্ধতিতে অথবা আরো বেশি কার্যকর ফল লাভের জন্য একটি এক্সপানসন ইঞ্জিন দ্বারা সৃষ্ট সাইকেল-এ যুক্ত করা হচ্ছে।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **চিত্রসহ জুল-থমসন ক্রিয়া বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০৭, ০৮]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.২ নং এর "জুল থমসন ক্রিয়া" দ্রষ্টব্য।

২। **গ্যাস তরলীকরণে সার্বজনীনভাবে জুল থমসম প্রভাব ব্যবহারের কারণ ব্যাখ্যা কর।** [বাকাশিবো-২০০৫, ১২(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.২ নং এর "গ্যাস তরলীকরণে সার্বজনীনভাবে জুল থমসম প্রভাব" দ্রষ্টব্য।

৩। **বায়ু তরলীকরণে লিন্ডে সিস্টেমের বর্ণনা দাও (চিত্রসহ)।** [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]
অথবা, লিন্ডে সিস্টেম বিশ্লেষণ কর। [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]
অথবা, বায়ু তরলীকরণের একটি প্রবাহ চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০০৯, ১২(পরি)]
অথবা, লিন্ড পদ্ধতি বায়ু তরলীকরণের প্রবাহ চিত্র এবং TS ডায়াগ্রাম আঁক। [বাকাশিবো-২০০৪, ১১, ১৩]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.১ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **বায়ু তরলীকরণে ক্লাউড সিস্টেম বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ১০]
অথবা, ক্লাউড সিস্টেম বিশ্লেষণ কর।
অথবা, ক্লাইড সিস্টেমে বাতাস তরলীকরণ পদ্ধতি সচিত্র বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৮, ১০(পরি), ১৪]
অথবা, ক্লাউড পদ্ধতিতে বায়ুর তরলীকরণের প্রবাহ চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০০৬]
অথবা, বাতাস (Air) তরলীকরণ পদ্ধতি ক্লাইড সাইকেল এবং টি-এস ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.২ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **চিত্রসহ হাইড্রজেন তরলীকরণ পদ্ধতি বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০৬, ০৯, ১০, ১২(পরি), ১৩, ১৪]
অথবা, হাইড্রোজেন তরলীকরণ সচিত্র বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৯, ০৭, ০৮]
অথবা, হাইড্রোজেন তরলীকরণ পদ্ধতির চিত্র অঙ্কন করে সকল অংশ চিহ্নিত কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৬। **চিত্রসহ হিলিয়াম তরলীকরণ পদ্ধতি বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০৬, ০৭, ১১, ১৩, ১৫(পরি)]
অথবা, হিলিয়াম গ্যাস তরলীকরণ পদ্ধতির ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে বিভিন্নঅংশ চিহ্নিত কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৪.৫ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৫

লো-টেম্পারেচারের প্রয়োগক্ষেত্র
(The Application of Low Temperature)

৫.০ ভূমিকা (Introduction) ঃ

প্রতিটি কাজের জন্য একটি করে ক্ষেত্র থাকে এরূপ লো-টেম্পারেচার এরও প্রয়োগ ক্ষেত্র আছে। যেখানে লো টেম্পারেচার প্রয়োগ করা হয়। যেমন- গ্যাস তরলীকরণ, ওষুধ শিল্পে, ওষুধ সংরক্ষণে প্রয়োগ ক্ষেত্র ছাড়া কোন কিছু উপাদান অর্থহীন। ঐ নিম্ন তাপমাত্রা হিমায়ন প্রযুক্তি প্রয়োগের ফলে অর্থনৈতিক ক্ষেত্রে বাস্তব সাফল্য অর্জিত হয়।

৫.১ লো-টেম্পারেচারের প্রয়োগ ক্ষেত্র (List the Low Temperature Application) ঃ

প্রযুক্তি সমৃদ্ধ বর্তমান বিশ্বে লো-টেম্পারেচারের প্রয়োগ ক্ষেত্র ব্যাপকভাবে বিস্তৃত। বিশেষ করে গবেষণাকেন্দ্র, পারমাণবিক প্রতিষ্ঠান, চিকিৎসা বিজ্ঞানসহ ইলেকট্রনিক্স টেকনোলজির বিভিন্ন ইন্সট্রুমেন্ট এর উৎপাদনে লো-টেম্পারেচার প্রয়োগ করা হয়।

লো-টেম্পারেচারের প্রয়োগক্ষেত্র হল ঃ

(i) ড্রাই-আইস তৈরিতে।
(ii) গ্যাস তরলীকরণে।
(iii) আইসক্রীম ফ্যাক্টরিতে
(iv) ঔষধ শিল্পে
(v) মহাশূন্য গবেষণায়
(vi) শুক্রাণু (Semen) সংরক্ষণে
(vii) ভূ-গর্ভস্থ বিদ্যুৎ সরবরাহে
(viii) ক্রায়োসার্জারিতে
(ix) ইলেকট্রনিক্স সামগ্রী তৈরিতে
(x) টেক্সটাইল শিল্পে
(xi) পেট্রোলিয়াম শিল্পে
(xii) অটোমোবাইল শিল্পে
(xiii) কেমিক্যাল শিল্পে
(xiv) ফুড প্রডাকশন ইত্যাদি।

নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতব পদার্থের বৈশিষ্ট্যের প্রভাব হল ঃ

(i) দৃঢ়তা (Strength)
(ii) তাপীয় গুণাবলি/ বৈশিষ্ট্য (Thermal properties)
(iii) অতিপরিবাহিতা বা সুপার কন্ডাক্টিভিটি (Super conductivity)
(iv) সুপার ফ্লুইডিটি (Super fluidity)

নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতব পদার্থের বৈশিষ্ট্যের প্রভাবগুলোর বর্ণনা নিম্নরূপ ঃ

(i) দৃঢ়তা (Strength) ঃ নিম্ন তাপমাত্রার প্রভাবে বিভিন্ন ধাতুর ভৌত অবস্থা বা বৈশিষ্ট্য ঘটনার জন্য বিপজ্জনক তাপমাত্রা অর্জন করে যা ভঙ্গুর।

সাধারণত ধাতুর যে সমস্ত (B.C.C) Body contred cubic থাকে তার Yield strength বৃদ্ধি পায়। এবং তাপমাত্রা কমার সাদৃশ্য এর নমনীয়তা হ্রাস পায়। এরূপ ধাতুর অন্তর্ভুক্ত হলো আয়রন, টাং স্টেন এবং মলিবডেনাম (Molybdenium) যা নিম্নতাপ তাপমাত্রায় উৎপাদন সন্তোষজনক নয়।

অপরদিকে যে সময় ধাতুর (F.C.C) Face Contred cubic থাকে তার Yield strength সামান্য বৃদ্ধি পায় এবং কক্ষ তাপমাত্রায় অব্যাহত থাকে যার মিশ্রণ নিম্ন তাপমাত্রায় 77°k এরূপ ধাতুর অন্তর্ভুক্ত হলো কপার, নিকেল, অ্যালুমিনিয়াম।

(ii) তাপীয় গুণাবলি (Thermal property) ঃ নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতুর পরিবাহিতায় বিশেষ প্রভাব পড়ে। এখানে লক্ষণীয় যে পরিবাহিতা সর্বোচ্চ সীমা 20°k থেকে 50°k এবং সর্বোচ্চ সীমা 20°k থেকে 30°k এই তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ ধাতুর পরিবাহিতা 100 times বা গুণ বৃদ্ধি পায় তাদের alloy থেকে আপেক্ষিক তাপ বৃদ্ধিতে তাপমাত্রা কমে। এক Pic কপারের তাপমাত্রা 300°k থেকে 3001°k বৃদ্ধি করতে 600 times বা গুণ Heat প্রয়োগ করতে হয়। অনুরূপে 2°k থেকে 3°k তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য একই পরিমাণ Heat প্রয়োগ করতে হয়।

(iii) অতি পরিবাহিতা (Super conductivity) ঃ যে নিম্ন তাপমাত্রায় কোন ধাতুর অভ্যন্তরীণ Regintance শূন্য (০) হয় এবং Electrictiy প্রবাহের জন্য ঘর্ষণবিহীন এবং Undimimshed প্রবাহ প্রদর্শন করে তাকে অতিপরিবাহিতা বা Super conductivity বলে। যে ধাতব পদার্থ নিম্ন তাপমাত্রায় এই বৈশিষ্ট্য প্রদর্শন করে তাকে Super conductor বলে। এর জন্য নির্দিষ্ট বৈজ্ঞানিক ব্যাখ্যা আছে।

বর্তমানে 25টি উপাদান এবং 900 টি যৌগ 0.3°k থেকে 18°k 18°k তাপমাত্রার মধ্যে Super conductor হয়। Super conductor-এর গুরুত্ব অপরিসীম। এর বেলায় কিছু কারিগরি বিষয় বিবেচনা করা হয়। কারিগরিভাবে দেখা যায় Super conductor পদার্থগুলো অধিক শক্ত বা Hard হয়ে থাকে। Lead, tin, mercury হল Soft Super conductor অপরদিকে Hard super conductor শূন্য (০) Electrical Regintonce দেখায় এবং বহন করতে পারে বৃহৎ পরিমাপে Current অনেক দূরত্ব পর্যন্ত এ দুটি Super conductor হল Alloy of Nibium Zir Conium এবং Alloy of Nibolium and tin দূরত্ব পর্যন্ত।

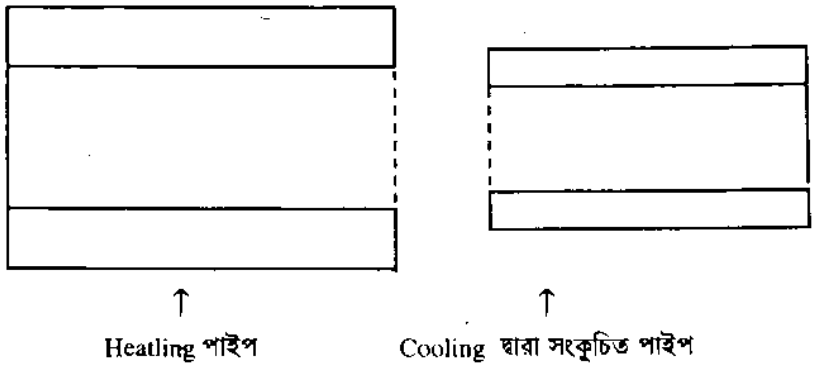
সুপার ফ্লুইডিটি ঃ এটি প্রবাহীর এমন একটি বৈশিষ্ট্য বা ধর্ম যা অন্য কোন ব্যবস্থায় কোন ফাটল বা ছিদ্র স্থানান্ত বা নির্দেশ করতে ব্যর্থ ক্ষেত্রেও কার্যকর। একে Super Fluidity বা অতি প্রবহমানতা বলে। 2.2°k বা তার নিচের তাপমাত্রায় কেবলমাত্র তরল হিলিয়াম এই বৈশিষ্ট্য বা গুণ সম্পন্ন হয়। হিলিয়াম- (10) এর Viscosity $\frac{1}{1000}$ এই Micropoin থেকেও কম যা অন্য কোন গ্যাসের Viscosity থেকে 10 ভাগ ছোট। এটি খুব ভাল তাপ পরিবাহী। এটি বাতাসে শব্দ প্রেরণ করা থেকে 10 ভাগ বেশি বা দ্রুততর তাপ প্রেরণ করতে পারে এই কারণে হিলিয়াম কে সুপার কন্ডাকটিভিটি বলা হয়।

৫.২ সংযোগের সম্প্রসারণ ও সংকোচন পদ্ধতি (Expansion and shrink fittings) ঃ

Interference fitting পাঁচ প্রকার–

(a) Pressfitting
(b) Expansion fitting
(c) Shrink fitting
(d) Snap fitting
(e) Retaining fings.

Shrink ফিটিং ঃ দুইটি পাইপ কে জোড়া দেওয়ার জন্য উক্ত পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। উক্ত পদ্ধতিতে বহিঃস্থ অংশকে তাপ দ্বারা বৃদ্ধি করা হয় এবং অভ্যন্তরীণ অংশকে কক্ষ তাপমাত্রা অথবা cooling দ্বারা সংকুচিত করা হয় এইভাবে পাইপ দুইটিকে জোড়া দেওয়ার পদ্ধতিকে Shrink ফিটিং বলে। নিম্নে চিত্রে Shrink ফিটিং পদ্ধতি দেখানো হলো ঃ



চিত্র ঃ ৫.১ Shrink ফিটিং

Expansion fitting ঃ দুইটি পাইপ কে একে অপরের সাথে জোড়া দেওয়ার জন্য Expansion fitting পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। অভ্যন্তরীণ অংশ বা পাইপকে Cooling এর মাধ্যমে সংকুচিত করা হয় এবং বহিঃস্থ অংশকে বা পাইপকে inter ference-এর মাধ্যমে সম্প্রসারণ করা হয় তাকে Expansion fitting বলে।

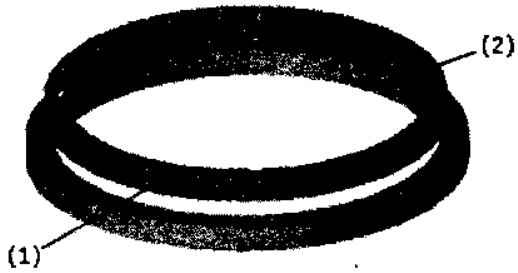
Shrink এবং Expansion fitting নিম্ন লিখিত ডিভাইসে ব্যবহার করা হয়–

(a) গিয়ার ফিটিং-এর সময়,

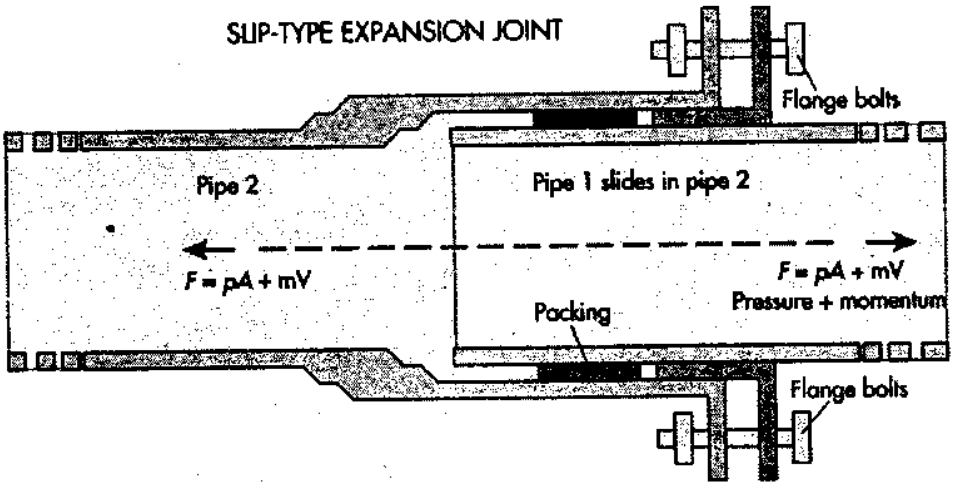
(b) পুলি ফিটিং-এর সময়,

(c) পাইপ ফিটিং-এর সময়।

নিম্নে চিত্রে Expansion fitting দেখানো হলো ঃ



চিত্র ঃ ৫.১ এক্সপানশন ফিটিং



চিত্র ঃ ৫.৩ স্লিপ-টাইপ এক্সপানশন জয়েন্ট

৫.২.১ নিম্নে প্রসারণ এবং সংকোচন ফিটিং এর পার্থক্য লেখা হল ঃ

সংকোচন	প্রসারণ
১। দুইটি পাইপকে জোড়া দেওয়ার জন্য উক্ত পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।	১। দুইটি পাইপকে একে অপরের সাথে জোড়া দেওয়ার জন্য উক্ত পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।
২। বহিঃস্থ অংশে তাপ বৃদ্ধি করা হয়।	২। বহিঃস্থ অংশ ইন্টার ফেস এর মাধ্যমে সম্প্রসারণ করা হয়।
৩। অভ্যান্তরীণ অংশকে কক্ষ তাপমাত্রা অথবা Cooling দ্বারা সংস্কৃচিত করা হয়।	৩। অভ্যান্তরীণ অংশকে Cooling এর মাধ্যমে সংকুচিত করা হয়।

৫.৩ শ্রিঙ্ক (সংকোচন) ফিটিংস এর সুবিধা (Advantages of shrink fittings) ঃ

শ্রিংক ফিটিংস-এর সুবিধাসমূহ হল ঃ

(i) এটি Oxidi মাত্রায় পৌছায় বা oxidid হয় না।
(ii) বিকৃত বা বাঁকা হয় না।
(iii) Fittings পদ্ধতি সহজ।
(iv) কোন তাপের প্রয়োজন হয় না কঠিন অংশের নমনীয়তায়।
(v) কম সময়ের প্রয়োজন হয়।
(vi) খরচ তুলনামূল কম।
(vii) Energy saving
(viii) Controlled heating.

৫.৪ নিম্ন তাপমাত্রার সাহায্যে/ব্যবহারে শুক্রাণু (Semen) সংরক্ষণে ক্রায়োবায়োলজী এবং ক্রায়োসার্জারি (Describe the low temperature application process in cr-yobiology semen preservation and cryo surgery) ঃ

(i) ক্রায়োবায়োলজী (Cryobiology) ঃ এ শব্দটি মৌলিক জীববিজ্ঞান সম্পর্কীয় বিজ্ঞান। জীববিজ্ঞানের এ শাখায় নিম্ন তাপমাত্রায় মানব জীবনের উপর কী প্রভাব পড়ে তা নিয়ে বিস্তারিত আলোচনা করা হয়। ০°C থেকে 50°C তাপমাত্রা মানুষের জন্য বিপজ্জনক কিন্তু cryogenic তাপমাত্রা (− 100°C থেকে − 273°C) মানুষের জন্য ক্ষতিকর নয়। নিম্ন তাপমাত্রা মানুষের আয়ুকাল ও সৌন্দর্য বৃদ্ধির জন্য অধিক উপযোগী।

(ii) শুক্রাণু সংরক্ষণে (Semen Preservation) ঃ বর্তমানে ষাঁড়ের শুক্রানু সংরক্ষণ সম্পূর্ণভাবেই Cryogenic operation হিসেবে হচ্ছে। অধিকাংশ সংস্থা তরল নাইট্রোজেনের মাধ্যমে শুক্র জমিয়ে স্থানান্তর করেছে। মার্কিন যুক্তরাষ্ট্র প্রতিদিন ৬ টন তরল নাইট্রোজেন ষাঁড়ের শুক্র সংরক্ষণ ও স্থানান্তরের জন্য ব্যবহার করছে।

টেস্ট টিউব পদ্ধতিতে মানব শিশু উৎপাদনের জন্যও Cryogenic পদ্ধতিতে মানব শুক্রানু সংরক্ষণের দ্বারা অবারিত করেছে। ফলে বড় ধরনের যুদ্ধ বিপর্যয়ের পর মানব জীবনের ধারা অটুট রাখার জন্য এক যুগান্তরকারী সম্ভাবনা Low temperature ব্যবহারের কারণেই সম্ভব হবে।

এছাড়াও এটি অধিক মেধা ও সুষম স্বাস্থ্যের মানব সৃষ্টির দ্বার উন্মোচিত করছে।

(iii) ক্রায়োসার্জারি (Cryosurgery) ঃ পারকিন্স রোগের চিকিৎসা এক নতুন পদ্ধতিতে অভূতপূর্ব সাফল্য পাওয়া গেছে। রোগটি হল ক্রমাগত নার্ভাস থেকে ব্রেনের এক প্রকার থিচুনী। চিকিৎসা পদ্ধতি হল, ব্রেনের সংস্পর্শে সংশ্লিষ্ট যে অংশ এজন্য দায়ী সেখানে সুই আকৃতির ১টি Device থাকে। যাকে ক্যানুলা বলে। ব্রেনের বেস অংশে রোগীকে লোকাল এনেস্থেশি অবস্থায় প্রবেশ করানো হয়। ক্যানুলার ভিতর Tube দিয়ে - 10°C তাপমাত্রায় তরল নাইট্রোজেন সেখানে প্রবাহিত করে। এর অগ্রভাগকে ঠান্ডা করা হয়। ফলে ব্রেনের ঐ অংশ ঠান্ডা হয়ে থিচুনী বন্ধ করে দেয়। এভাবে ক্রমাগত ৩ মিনিট ঠান্ডা করতে থাকলে - 40°C তাপমাত্রায় রোগ সম্পূর্ণ ভালো হয়। এতে ব্রেনের অন্য অংশের ক্ষতি হয় না।

৫.৫ মহাশূন্য গবেষণায় ও কম্পিউটার শিল্পে নিম্ন তাপমাত্রার ব্যবহার (Low temperature application process in space research and computer) ঃ

মহাশূন্য গবেষণায় (Inspace research) ঃ মহাশূন্য অভিযানের জন্য ব্যবহৃত যানের ট্যাংকে Pre Cooling এবং পারিপার্শ্বিক তাপমাত্রা থেকে Cryogenic তাপমাত্রা পর্যন্ত পৌছাতে Cryogenic liquid হিসাবে তরল N_2 ব্যবহার করা হয়। এর দাম কম এবং কোনরূপ ক্ষতিকারণ রাসায়নিক বিক্রিয়া নেই।

Cryogenic propellent হিসেবে O_2 এবং H_2 ব্যবহার করার কারণ ঃ

(i) অন্যান্য যে কোন গ্যাসীয় ফুয়েল যাদের High specific volume সে সকল ফুয়েল অপেক্ষা ব্যবহার সহজ।
(ii) Liquid propellent ব্যবহৃত Protor thrunt এর উচ্চ আপেক্ষিক মান প্রদান করে।
(iii) নিম্ন আণবিক ওজনের Exhaunt product কেবলমাত্র cryogenic তাপমাত্রায় তরল হিসেবে পাওয়া যায়।

কম্পিউটার শিল্প (In computer) ঃ ১টি electronic Digital computer এমন একটি Device যা বেশি পরিমাণ তথ্য সংরক্ষণ এবং বৈজ্ঞানিক সমস্যা ও গাণিতিক সমস্যার সমাধান করে এমন গতিতে যা মানুষের সমস্ত প্রচেষ্টার সম্ভব নয়। বর্তমানে তথ্য জমা রাখার জন্য ক্ষুদ্র সংকুটি Unit হিসেবে Computer-এর গুরুত্ব অপরিসীম। এই unit কে উচ্চগতিতে চলতে হবে এবং কম Power খরচ করতে হবে।

আমরা যদি একটি Automatic computer-এর কথা চিন্তা করি যাতে এক Million operating element থাকে ; প্রত্যেকটি Element যদি গড়ে low power খরচ করে তবে ১টি computer চালানোর জন্য 80 Mw power খরচ হবে। যা খুবই ব্যয়বহুল।

নিম্ন তাপমাত্রার মাধ্যমে এই power খরচ কমানো যায়। মানুষের ব্রেনে (10^{10})টি switching element আছে যা একই সময়ে মাত্র 60w power খরচ করে। এই কাজের জন্য ক্ষুদ্র Superconducting switch এর প্রয়োজন অত্যবশ্যকীয়।

Cryeston একটি Super conductor যা এই উদ্দেশ্যে ব্যবহৃত হয় এবং এর মূলনীতি হল power খরচ যথাসম্ভব কম করা বা রাখা। কারণ Super conductor এর মধ্য দিয়ে Current প্রবাহের সময় কোন Registance থাকে না। ফলে কোন Power খরচ করে না। আধুনিক Computer-এ ১ ঘন ইঞ্চি (10^{10}) component cryestons একত্রে সন্নিবেশ না করে সংযোগ করা থাকে।

আন্ডার গ্রাউন্ড পাওয়ার প্ল্যান্ট সাপ্লাই (Underground power plant or supply) ঃ উন্নত দেশে শহরের মধ্যে High voltage বিদ্যুৎ লাইন মাটির নিচে বসানো হয়। ঠাণ্ডা করা ছাড়া উচ্চ ভোল্টেজের হাজার হাজার মেগাওয়াট বিদ্যুৎ সরবরাহ লাইনে খুব ঘন ঘন বিপর্যয় ঘটে। ঠাণ্ডা করে দশগুণ বেশি ও উন্নতমানের বিদ্যুৎ সরবরাহ নিশ্চিত করা যায়। সেজন্য আমেরিকায় অনেক ব্যস্ত শহরের মাটির নিচে বিদ্যুৎ সরবরাহ লাইন ঠাণ্ডা রাখার জন্য দশ থেকে পনের কিলো পরপর তরল নাইট্রোজেনের মাধ্যমে কুলিং স্টেশন আছে। তখন নাইট্রোজেনের যাধ্যমে ইলেকট্রিক ক্যাবল (-160°C) পর্যন্ত ঠাণ্ডা করে উন্নতমানের বিদ্যুৎ নিশ্চিত করা হয়।

মিসেলানিয়াস (Miscellaneous uses) ঃ তেজস্ক্রিয় পদার্থ থেকে বর্জ্য পদার্থ ক্রিপ্টন এবং জেনন cryogenic তাপমাত্রায় সহজেই অপসারণ করা যায় এবং নিরাপদে অপসারণ করা যায়।

Cryogenic তাপমাত্রায় Infrared detector -এর Sensitivity এবং Range বৃদ্ধি পায়।

Cryogenic তাপমাত্রায় Infrared camera অন্ধকারে থেকেও ফটো তুলতে সক্ষম।

৫.৬ ভূ-গর্ভস্থ পাওয়ার প্ল্যান্টে নিম্ন তাপমাত্রার প্রয়োজনীয়তা (Cryogenic for underground power plant) ঃ

উন্নত দেশে শহরের মধ্যে High voltage বিদ্যুৎ লাইন মাটির নিচে বসানো থাকে। ঠাণ্ডা করা ছাড়া High Voltage-এর হাজার হাজার মাইল বিদ্যুৎ সরবরাহ লাইনে খুব ঘন ঘন বিদ্যুৎ বিপর্যয় ঘটে। এই Underground ঠাণ্ডা করে দশগুণ বেশি ও উন্নতমানের বিদ্যুৎ সরবরাহ নিশ্চিত করা যায়। সেজন্য U.S.A ও অন্যান্য ব্যস্ত শহরে মাটির নিচের বিদ্যুৎ সরবরাহ লাইন ঠাণ্ডার জন্য 10 – 15 km পর পর তরল N_2-এর Cooling station আছে। তরল N_2 এর মাধ্যমে electric cable বা সরবরাহ লাইনে (-160°c) পর্যন্ত ঠাণ্ডা করা যায়।

Berring উৎপাদন করতে ও Low temperature-এর প্রয়োজনে আধুনিক রাষ্ট্রে প্রোপালশন ব্যবস্থায় তরল হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন ব্যবহার করা হয় যা নিম্ন তাপমাত্রায় উৎপাদিত হয়।

৫.৭ নিম্ন তাপমাত্রার বিবিধ ব্যবহার (Miscellaneous uses of low temperature) ঃ

Newclear reactor এর পরিত্যক্ত উপাদান হলো তেজস্ক্রিয় গ্যাস ও নিষ্ক্রিয় গ্যাস (Keypton and mion) প্রচলিত পদ্ধতিতে এই উপাদান অপসারণ ও ত্যাগ করতে কিছু অসুবিধার সৃষ্টি হয়। এই সমস্ত তেজস্ক্রিয় পদার্থকে Characal unit এর সাহায্যে ঠাণ্ডা করে নিরাপদে অপসারণ বা ছাড়া যায়। Cryogenic তাপমাত্রায় Infresed dedector এর দক্ষতা ও পরিধি বৃদ্ধি পায়। Cryogenically ঠাণ্ডাকৃত Intrased dedector খুব সীমিত ব্যবহার করা হয়। এ ছাড়াও Infrased camera তে Cryogenic তাপমাত্রা ব্যবহার করা হয়। অন্ধকারে ছবি তোলার জন্য অতি পরিবাহী Magmetic bearing or friction less এতেও low temperature fech ব্যবহার করা হয়। তাছাড়াও স্ক্যানিং ইলেকট্রনিক মাইক্রোস্কপি (SEM) ব্যবহার করা হয়। Superconductor Fabrication ব্যবহার করা হয়, plasma environment-এর জন্য ব্যবহার করা হয়।

অনুশীলনী-৫

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **লো-টেম্পারেচারের ৪টি প্রয়োগ ক্ষেত্র লিখ।** [বাকাশিবো-২০০২, ০৭, ০৮, ০৯]

অথবা, নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহারে দুটি ক্ষেত্র উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর ঃ **লো-টেম্পারেচারের প্রয়োগ হল ঃ**

(i) ড্রাই-আইস তৈরিতে।

(ii) বিভিন্ন প্রকার গ্যাস তরলীকরণে।

(iii) আইসক্রীম ফ্যাক্টরিতে

(iv) ঔষধ শিল্পে

২। **নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতব পদার্থের বৈশিষ্ট্য লিখ।**

অথবা, ধাতুর যেসব গুণাবলি লো-টেম্পারেচার দিয়ে প্রভাবিত হয়, তা বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৮, ১০(পরি)]

উত্তর ঃ **নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতব পদার্থের বৈশিষ্ট্য হল ঃ**

(i) দৃঢ়তা

(ii) তাপীয় গুণাবলি/ বৈশিষ্ট্য

(iii) অতিপরিবাহিতা বা সুপার কন্ডাক্টিভিটি

(iv) সুপার ফ্লুইডিটি

৩। **সুপার ফ্লুইডিটি কী?** [বাকাশিবো-২০০৫, ০৮, ১৪(পরি), ১৪, ১৫(পরি)]

অথবা, সুপার ফ্লুইডিটি বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৪, ০৬, ১১]

উত্তর ঃ এটি প্রবাহীর এমন একটি বৈশিষ্ট্য বা ধর্ম যা অন্য কোন ব্যবস্থায় কোন ফাটল বা ছিদ্র স্থানাঙ্ক বা নির্দেশ করতে ব্যর্থ ক্ষেত্রেও কার্যকর। একে Super Fluidity বা অতি প্রবহমানতা বলে।

৪। **এক্সপানশন ও শ্রিংক ফিটিং কাকে বলে?** [বাকাশিবো-২০০৭, ০৮]

অথবা, শ্রিংক (Shrink) ফিটিংস্ কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৫, ০৮, ১২(পরি)]

উত্তর ঃ সংকোচন এবং প্রসারণের মাধ্যমে একই Diameter এর Female এবং Male post দুটি যদি একত্রে সংযুক্ত হয়ে একটি পদার্থের ন্যায় আচরণ করে বা ২টি পদার্থের সৃষ্টি হয় তখন তাকে Expansion and shrink fitting বলে।

৫। **কম্পিউটার শিল্পে নিম্ন তাপমাত্রার প্রয়োজন কেন?**

উত্তর ঃ একটি Automatic computer-এর কথা চিন্তা করি যাতে এক Million operating element থাকে। প্রত্যেকটি Element যদি গড়ে low power খরচ করে তবে ১টি computer চালানোর জন্য 80 Mw power খরচ হবে। যা খুবই ব্যয়বহুল। নিম্ন তাপমাত্রার মাধ্যমে এই power খরচ কমানো যায়।

৬। **নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতবের স্ট্রেংথ-এর উপর কী প্রভাব পড়ে।** [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, নিম্ন তাপমাত্রায় BCC (Body Centered Cubic) লেটিসযুক্ত ধাতবের Strength-এর উপর প্রভাব কী? [বাকাশিবো-২০০৯]

অথবা, নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতুর গুণাগুণের কী ক্ষতি হয়? [বাকাশিবো-২০০৭]

অথবা, নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত পদার্থের কী কী প্রভাব পড়ে? [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর ঃ নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতুর যে সমস্ত B.C.C (Body Contered Cubic) থাকে তার Yield Strength বৃদ্ধি পায় এবং তাপমাত্রার কমার সাদৃশ্য এর নমনীয়তা হ্রাস পায়।

৭। **ক্রায়োবায়োলজী কী?** [বাকাশিবো-২০০৬, ১০(পরি)]

উত্তর ঃ এ শব্দটি মৌলিক জীববিজ্ঞান সম্পর্কীয় বিজ্ঞান। জীববিজ্ঞানের এ শাখায় নিম্ন তাপমাত্রায় মানব জীবনের উপর কী প্রভাব পড়ে তা নিয়ে বিস্তারিত আলোচনা করা হয়। ০°C থেকে 50°C তাপমাত্রা মানুষের জন্য বিপজ্জনক কিন্তু cryogenic তাপমাত্রা (− 100°C থেকে − 273°C) মানুষের জন্য ক্ষতিকর নয়। নিম্ন তাপমাত্রা মানুষের আয়ুকাল ও সৌন্দর্য বৃদ্ধির জন্য অধিক উপযোগী।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **নিম্ন তাপমাত্রার ব্যবহার লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৬, ০৭, ০৮, ১০, ১২, ১৫(পরি)]

অথবা, নিম্ন তাপমাত্রার হিমায়ন পদ্ধতির ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)]

অথবা, লো টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশনের প্রয়োগক্ষেত্র লিখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৮]

অথবা, নিম্ন তাপমাত্রার চারটি ব্যবহার ক্ষেত্রের নাম উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

অথবা, নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহারের বিভিন্ন ক্ষেত্রের নাম উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

অথবা, ক্রায়োজেনিক সার্জারের ক্ষেত্রে নিম্ন তাপমাত্রার ব্যবহার পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর ঃ **নিম্ন তাপমাত্রার ব্যবহার ক্ষেত্র হল-**

১। সলিড কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরিতে
২। বিভিন্ন প্রকার গ্যাস তরলীকরণে
৩। আইসক্রীম ফ্যাক্টরিতে
৪। ঔষধ শিল্পে
৫। ক্রায়োবায়োলজি
৬। ক্রায়োসার্জারি
৭। মহাশূন্য গবেষণায়
৮। আন্ডারগ্রাউন্ড ইলেকট্রিক সাপ্লাই
৯। এক্সপানশন ফিটিংস বা শ্রিংক ফিটিংস
১০। ষাড়ের সুক্র সংরক্ষণে
১১। কম্পিউটার
১২। বায়ু তরলীকরণে।

২। **সুপার ফ্লুইডিটি সংক্ষেপে ব্যাখ্যা কর।** [বাকাশিবো-২০০৪, ০৬, ০৭]

অথবা, সুপার ফ্লুইডিটি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

উত্তর ঃ এটি প্রবাহীর এমন একটি বৈশিষ্ট্য বা ধর্ম যা অন্য কোন ব্যবস্থায় কোন ফাটল বা ছিদ্র স্থানান্ত বা নির্দেশ করতে ব্যর্থ ক্ষেত্রেও কার্যকর। একে Super Fluidity বা অতি প্রবহমানতা বলে। 2.2°k বা তার নিচের তাপমাত্রায় কেবলমাত্র তরল হিলিয়াম এই বৈশিষ্ট্য বা গুণ সম্পন্ন হয়। হিলিয়াম- (10) এর Viscosity $\frac{1}{1000}$ এই Micropoin থেকেও কম যা অন্য কোন গ্যাসের Viscosity থেকে 10 ভাগ ছোট। এটি খুব ভাল তাপ পরিবাহী। এটি বাতাসে শব্দ প্রেরণ করা থেকে 10 ভাগ বেশি বা দ্রুততর তাপ প্রেরণ করতে পারে এই কারণে হিলিয়াম কে সুপার কন্ডাকটিভিটি বলা হয়।

৩। **শ্রিংক ফিটিং এর সুবিধা লিখ।** [বাকাশিবো–২০০৬, ০৭, ১০]

অথবা, প্রসারণ ফিটিং অপেক্ষা Shrink ফিটিং-এর সুবিধা লেখ। [বাকাশিবো-২০০৯]

অথবা, Shrink fitting-এর সুবিধা ও অসুবিধা লিখ। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর শ্রিংক ফিটিংস-এর সুবিধাসমূহ হল ঃ

(i) এটি Oxidi মাত্রায় পৌছায় বা oxidid হয় না।

(ii) বিকৃত বা বাঁকা হয় না।

(iii) Fittings পদ্ধতি সহজ।

(iv) কোন তাপের প্রয়োজন হয় না কঠিন অংশের নমনীয়তায়।

৪। **এক্সপানশন ফিটিং পদ্ধতি বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো–২০০৬, ০৯, ১৫(পরি)]

অথবা, নিম্ন তাপমাত্রা প্রয়োগে এক্সপানশন ফিটিং পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর **Expansion fitting ঃ** দুইটি পাইপ কে একে অপরের সাথে জোড়া দেওয়ার জন্য Expansion fitting পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। অভ্যন্তরীণ অংশ বা পাইপকে Cooling এর মাধ্যমে সংকুচিত করা হয় এবং বহিঃস্থ অংশকে বা পাইপকে inter ference-এর মাধ্যমে সম্প্রসারণ করা হয় তাকে Expansion fitting বলে।

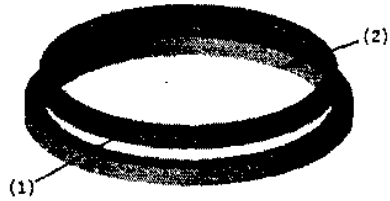
Shrink এবং Expansion fitting নিম্ন লিখিত ডিভাইসে ব্যবহার করা হয়–

(a) গিয়ার ফিটিং-এর সময়,

(b) পুলি ফিটিং-এর সময়,

(c) পাইপ ফিটিং-এর সময়।

নিম্নে চিত্রে Expansion fitting দেখানো হলো ঃ



চিত্র ঃ এক্সপানশন ফিটিং

৫। **সুপার কন্ডাকটিভিটি বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো–২০০৮, ১০, ১৪(পরি)]

অথবা, সুপার কন্ডাকটিভিটি কী? [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৮, ১২, ১৩]

অথবা, সুপার কন্ডাকটিভিটির সংক্ষিপ্ত বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর **অতি পরিবাহিতা (Super conductivity) ঃ** যে নিম্ন তাপমাত্রায় কোন ধাতুর অভ্যন্তরীণ Regintance শূন্য (০) হয় এবং Electrictiy প্রবাহের জন্য ঘর্ষণবিহীন এবং Undimimshed প্রবাহ প্রদর্শন করে তাকে অতিপরিবাহিতা বা Super conductivity বলে। যে ধাতব পদার্থ নিম্ন তাপমাত্রায় এই বৈশিষ্ট্য প্রদর্শন করে তাকে Super conductor বলে। এর জন্য নির্দিষ্ট বৈজ্ঞানিক ব্যাখ্যা আছে।

বর্তমানে 25টি উপাদান এবং 900 টি যৌগ 0.3°k থেকে 18°k 18°k তাপমাত্রার মধ্যে Super conductor হয়। Super conductor-এর গুরুত্ব অপরিসীম। এর বেলায় কিছু কারিগরি বিষয় বিবেচনা করা হয়। কারিগরিভাবে দেখা যায় Super conductor পদার্থগুলো অধিক শক্ত বা Hard হয়ে থাকে। Lead, tin, mercury হল Soft Super conductor অপরদিকে Hard super conductor শূন্য (০) Electrical Regintonce দেখায় এবং বহন করতে পারে বৃহৎ পরিমাপে Current অনেক দূরত্ব পর্যন্ত এ দুটি Super conductor হল Alloy of Nibium Zir Conium এবং Alloy of Nibolium and tin দূরত্ব পর্যন্ত।

৬। **আন্ডার গ্রাউন্ড পাওয়ার প্ল্যান্টে নিম্ন তাপমাত্রার প্রয়োজনীয়তা বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০৭, ১১, ১২]

অথবা, আন্ডারগ্রাউন্ড পাওয়ার প্ল্যান্টের জন্য নিম্ন তাপমাত্রা প্রয়োগের বিষয় ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০০৭, ১১]

অথবা, ভূ-গর্ভস্থ পাওয়ার প্ল্যান্টে নিম্ন তাপমাত্রার প্রয়োজনীয়তা সংক্ষেপে লেখ। [বাকাশিবো-২০১২(পরি), ১৩, ১৪]

উত্তর ঃ **আন্ডার গ্রাউন্ড পাওয়ার প্ল্যান্ট সাপ্লাই (Underground power plant or supply) ঃ** উন্নত দেশে শহরের মধ্যে High voltage বিদ্যুৎ লাইন মাটির নিচে বসানো হয়। ঠাণ্ডা করা ছাড়া উচ্চ ভোল্টেজের হাজার হাজার মেগাওয়াট বিদ্যুৎ সরবরাহ লাইনে খুব ঘন ঘন বিপর্যয় ঘটে। ঠাণ্ডা করে দশগুণ বেশি ও উন্নতমানের বিদ্যুৎ সরবরাহ নিশ্চিত করা যায়। সেজন্য আমেরিকায় অনেক ব্যস্ত শহরের মাটির নিচে বিদ্যুৎ সরবরাহ লাইন ঠাণ্ডা রাখার জন্য দশ থেকে পনের কিলো পরপর তরল নাইট্রোজেনের মাধ্যমে কুলিং স্টেশন আছে। তখন নাইট্রোজেনের মাধ্যমে ইলেকট্রিক ক্যাবল ($-160^{\circ}C$) পর্যন্ত ঠাণ্ডা করে উন্নতমানের বিদ্যুৎ নিশ্চিত করা হয়।

৭। **প্রসারণ এবং সংকোচন ফিটিং এর মাঝে পার্থক্য কী?**

উত্তর ঃ নিম্নে প্রসারণ এবং সংকোচন ফিটিং এর পার্থক্য লেখা হল ঃ

সংকোচন	প্রসারণ
১। দুইটি পাইপকে জোড়া দেওয়ার জন্য উক্ত পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।	১। দুইটি পাইপকে একে অপরের সাথে জোড়া দেওয়ার জন্য উক্ত পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।
২। বহিঃস্থ অংশে তাপ বৃদ্ধি করা হয়।	২। বহিঃস্থ অংশ ইন্টার ফেস এর মাধ্যমে সম্প্রসারণ করা হয়।
৩। অভ্যন্তরীণ অংশকে কক্ষ তাপমাত্রা অথবা Cooling দ্বারা সংকুচিত করা হয়।	৩। অভ্যন্তরীণ অংশকে Cooling এর মাধ্যমে সংকুচিত করা হয়।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতব পদার্থের যে সকল বৈশিষ্ট্যের প্রভাব পড়ে তার বর্ণনা দাও।** [বাকাশিবো-২০০৫, ০৭, ১১, ১২, ১৫(পরি)]

অথবা, ধাতুর যেসব গুণাবলি লো-টেম্পারেচার দিয়ে প্রভাবিত হয় তা লিখ। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৫.১নং এর **"নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতব পদার্থের বৈশিষ্ট্যের প্রভাবের বর্ণনা"** দ্রষ্টব্য।

২। **নিম্ন তাপমাত্রার সাহায্যে/ ব্যবহারে শুক্রাণু সংরক্ষণে ক্রায়োবায়োলজি এবং ক্রায়োসার্জারি বর্ণনা কর।**

অথবা, ক্রায়োবায়োলজি ও ক্রায়োসার্জারি নিম্ন তাপমাত্রার ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-২০০৪, ১১]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৫.৪নং দ্রষ্টব্য।

৩। **মহাশূন্য গবেষণায় ও কম্পিউটার শিল্পে নিম্ন তাপমাত্রার ব্যবহার বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৫.৫ নং এর **"মহাশূন্য গবেষণায় ও কম্পিউটার শিল্প"** দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৬

লো-টেম্পারেচার ইন্সুলেশন
(The low Temperature Insulation)

৬.০ ভূমিকা (Introduction) ঃ

ইন্সুলেশন হল এক প্রকার তাপরোধী পদার্থ। ইনসুলেশন এর মাধ্যমে তাপ শক্তির প্রবাহের হার নিয়ন্ত্রণ করা যায়। রেফ্রিজারেশনের ক্ষেত্রে ইনসুলেশনের গুরুত্ব অপরিসীম : অনেক ক্ষেত্রে ইনসুলেশন সঠিকভাবে করা না হলে রেফ্রিজারেশন প্লান্টের দক্ষতা হ্রাস পায়। ইনসুলেশন নিম্নলিখিত কার্য সম্পাদন করে থাকে।

১। তাপের আদান প্রদান হ্রাস করে

২। সারফেস তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণ করে

৩। প্রক্রিয়ার তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণের সহজ হয়

৪। ভেপার প্রবাহে বাধা দেয়

৫। অপারেটিং দক্ষতা বৃদ্ধি করে

৬। Corrosive প্রতিরোধ করে

৭। বায়ুমণ্ডলে দূষণকারী নির্গমন কমায়।

যখন তাপমাত্রা –75°C থেকে 815°C -এর মধ্যে তখন তাকে Thermal insulation বলে। আবার তাপমাত্রা যখন –75°C-এর নিচে থাকে তখন তাকে "Cryogene" এবং তাপমাত্রা যখন 815°C এর উপরে তখন তাকে "refractory" বলে।

৬.১ নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত ইন্সুলেশনের তালিকা (List the insulation used in low temperature application) ঃ

নিম্ন তাপমাত্রার ইন্সুলেশন নির্বাচন করা একটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। সঠিক ইন্সুলেশন নির্বাচন না করলে System-এর দক্ষতা হ্রাস পায়। ইন্সুলেশন Radiative heat transfer হ্রাস করে, Convective হিট ট্রান্সফার হ্রাস করে এবং soild conductance media হ্রাস করে। ইন্সুলেশন নির্বাচনের সময় দুইটি বিষয় বিশেষভাবে লক্ষ রাখতে হয় ১। Thermal effectiveness. ২। cost, তাছাড়াও কিছু বিষয়ের দিকে লক্ষ রাখা প্রয়োজন তাহলো ইন্সুলেশনের আয়তন ওজন, শক্ততা সহজ fabrication, সহজে হ্যান্ডলিং করা যায়।

লো-টেম্পারেচারে যে সব ইন্সুলেশন ব্যবহার করা হয় তার তালিকা নিচে দেয়া হল ঃ

(i) হাই ভ্যাকুয়াম অথবা রিফ্লেকটিভ ইন্সুলেশন (High vacuam or reflective insulation)

(ii) ইভাকুয়েটেড পাউডারস (Evaquated powder's)

(iii) রিজিড ফোমস (Rigid foams)

(iv) সুপার ইন্সুলেশন (Super insulation)

(v) মাল্টিলেয়ার ইন্সুলেশন (Multilayer insulation)

রিজিড ফোমস ইন্সুলেশনের নাম

(ক) গ্লাস ফোম

(খ) পলিইউরেথিন ফোম

(গ) রাবার ফোম

(ঘ) আইসো-সাইনেট ফোম।

আরও কিছু ইন্সুলেশন ব্যবহার করা হয়।

(i) সেলুলার গ্লাস

(ii) Elastomeric Foamed প্লাস্টিক

(iii) গ্লাস ফাইবার

(iv) মিনারেল ফাইবার

(v) Polyethylene

(vi) Polyisocyannrate

(vii) Polystyrene.

৬.২ নিম্ন তাপমাত্রায় ইন্সুলেশন ব্যবহারের অসুবিধাসমূহ (Mention insulation difficulties encountered in low temperature application) ঃ

নিম্ন তাপমাত্রার ইন্সুলেশন একটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। নিম্ন তাপমাত্রার ইন্সুলেশনের এর চাহিদা দিন দিন বৃদ্ধি পাচ্ছে। নিম্ন তাপমাত্রায় মিডিয়াসমূহ যেমন LNG, LPG, LEG, Methanol, ammonia ইত্যাদি। পরিবহনের সময় অথবা সংরক্ষণ জন্য, ইন্সুলেশনের প্রয়োজন জন্য নিম্ন তাপমাত্রার ইন্সুলেশন ব্যবহারের কিছু অসুবিধা হয় যেমন–

১। কিছু দিন ব্যবহার করার ফলে দেখা যায়

২। দক্ষতা কমে যায়

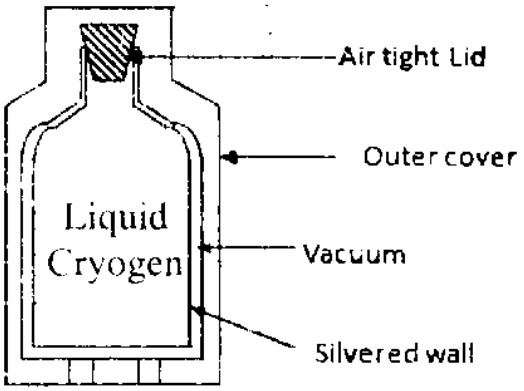
৩। অধিক লেয়ারের ইন্সুলেশন ব্যবহার করতে হয়

৪। Corrosion দেখা দেয়

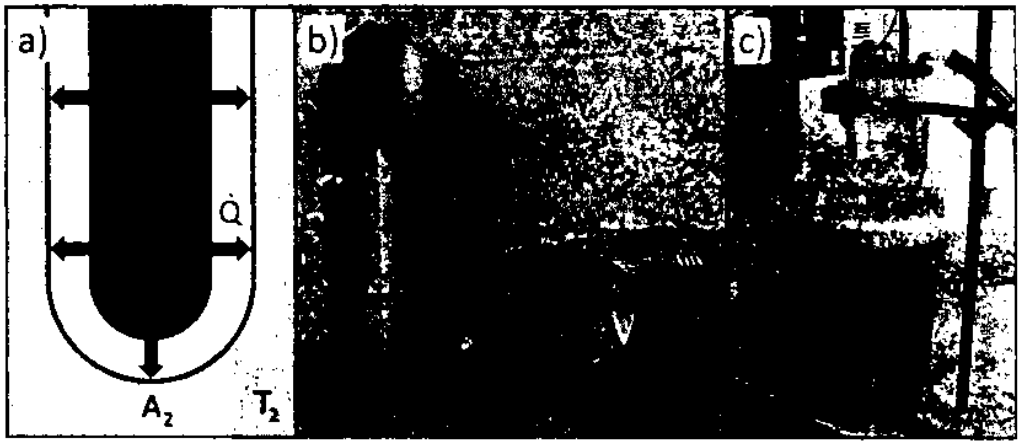
৫। Working Area কমিয়ে দেয়।

৬.৩ হাই-ভ্যাকুয়াম-রিফ্লেকটিভ ইন্সুলেশন পদ্ধতি (Descrive high vacuum reflective insulation) ঃ

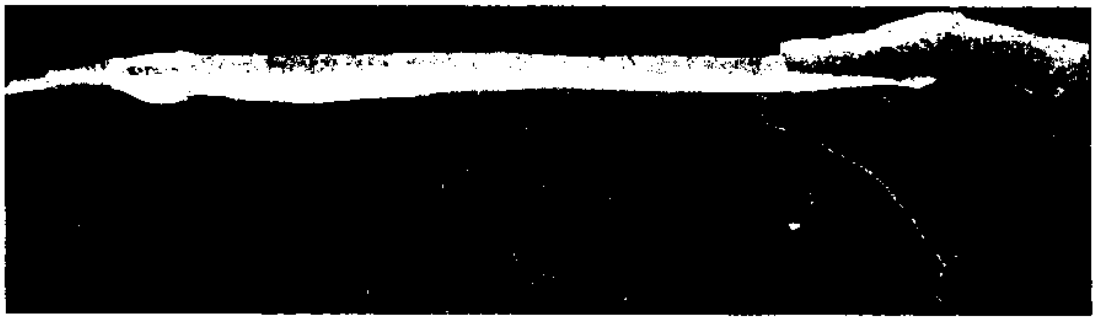
ইন্সুলেশন ব্যবহার করলে James Dewar প্রথম Liquid hydrogen সংরক্ষণ এর জন্য ভ্যাকুয়াম হাই ব্যাকুয়াম রিফ্লেকটিভ ইন্সুলেশন খুবই গুরুত্বপূর্ণ। তরল অক্সিজেন, নাইট্রোজেন এবং হাইড্রজেন পরিবহনের সময় হাই ভ্যাকুয়াম রিফ্লেকটিভ ইন্সুলেশন ব্যবহার করা হয়। উক্ত পদ্ধতিতে Cryogenic তরলকে দুইটি ওয়াল দ্বারা গঠিত বক্সে-এর মাঝে রাখা হয়। ওয়াল দুইটি মধ্যে Air গ্যাপ রাখা হয় এবং উক্ত স্থান থেকে বাতাস বাহির করে বায়ুশূন্য করে সিল করা হয়। ওয়াল দুইটির মধ্যে 20mm গ্যাপ রাখা হলে সর্বনিম্ন Conduction এবং Convection Heat transfer হয়। বন্ধ করা যায় না ফলে ইন্সুলেশন পদ্ধতির দক্ষতা কিছুটা কমে যায়। সাধারণত গ্যাসের তাপ স্থানান্তর 10^{-3}m-এর নিচে থাকে। নিম্নে চিত্রে একটি হাই ভ্যাকুয়াম রিফ্লেকটিভ ইন্সুলেশন দেখানো হল।



চিত্র ঃ ৬.১ হাই-ভ্যাকুয়াল রিফ্লেকটিভ ইন্সুলেশন



চিত্র ঃ ৬.৩ ভ্যাকুয়াম ইন্সুলেশন পদ্ধতি



চিত্র ঃ ৬.৩ ভ্যাকুয়াল ইন্সুলেশন প্যানেল

৬.৪ নিম্ন তাপমাত্রার ইভাকুয়েটেড পাউডার ইন্সুলেশন বর্ণনা (Evacuated powders low temperature Insulation) ঃ

Low Temperature ইন্সুলেশন এর জন্য ইভাকুয়েটেড পাউডার ইন্সুলেশন খুব কার্যকর পদ্ধতি। উক্ত পদ্ধতির মাধ্যমে gas convection হ্রাস করা হয়। ইভাকুয়েটেড পাউডার ইন্সুলেশন পদ্ধতিতে যে সমস্ত পাউডার ব্যবহার করা হয় তা হলো পেয়ারলাইট, সিলিকা, এয়োজেল ইত্যাদি। উক্ত পাউডারসমূহের তাপ পরিবাহিতা খুব নিম্ন মানের। উক্ত পদ্ধতির মূল সুবিধা হলো Low thermal conductivety, Low density এবং Low Particle distribution ইভাকুয়েটেড পাউডার ইন্সুলেশনের মাধ্যমে vibration ও কমানো যায়। Evacuated এবং Non Evacuated উভয় পদ্ধতিতে Powder ইন্সুলেশন ব্যবহার করা যায়। Powder ইন্সুলেশনের কিছু কিছু অসুবিধাও আছে যেমন– আর্দ্রতা ও বায়ু Material হতে Cold surface বিস্তৃত হয়। পাউডারসমূহ Vibration, thermal contraction এবং Expansion এর জন্য একটি স্থানে জন্য হওয়ার প্রবণতা থাকে। যার ফলে অনেক সময় ভালো ফলাফল পাওয়া যায় না। উক্ত পদ্ধতির মাধ্যমে sold conduction বৃদ্ধি করে। gas filled পাউডার ইন্সুলেশন এর জন্য Nusselt এবং Bayer নিম্ন লিখিত সূত্রের মাধ্যমে K_A factor নির্ণয় করেন।

$$K_A = \left[\frac{V_s}{K_s} + \left[\frac{K_g}{(1-V_s)} + \frac{43T^3d}{V_r}\right]^{-1}\right]^{-1}$$

এখানে,

V_r = solid particul এর অনুপাত

K_s এবং K_g = সলিড এবং গ্যাস Thermal conductivity.

T = গড় তাপমাত্রা

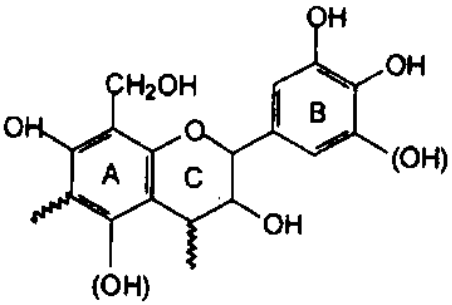
δ = Stefan - Boltzmann constant

$= 5.670400 \times 10^{-8}$ w/m^2 K^{-4}

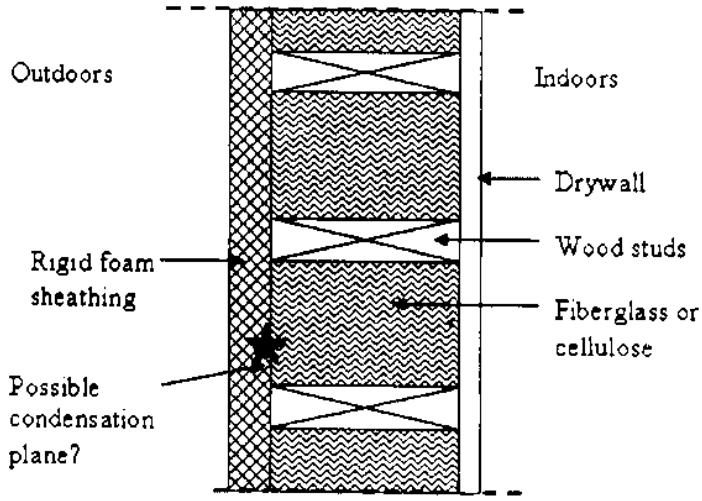
নিম্নে কিছু material-এর K_A এবং density (ρ_a) দেওয়া হল এবং কার্যকারী তাপমাত্রা 77K থেকে 300K পর্যন্ত।

Insutation	ρ (kgk/m^3)	K(mw/mk)
perlite	50	26
Silica Areogel	80	19
Fiber glass	10	25
Rockwool	160	35

চিত্র ঃ ৬.৪ স্প্রিঙ্কড ফোমস ইন্সুলেশন



চিত্র ঃ ৬.৫ General structure of flavonoid linked in position 4 and 6 with other flavonoids molecules and hydroxymethyl substituted in position 8.



চিত্র ঃ ৬.৬ ফোম সেথিং ওয়াল সেকশন

৬.৫ নিম্ন তাপমাত্রায় রিজিড ফোমস ব্যাখ্যা (Describe Rigid foams low temperature) ঃ

রিজিড ফোমস ইন্সুলেশন হলো এক ধরনের ইন্সুলেটিং পদার্থ যা কোষ আকৃতির সর্বোচ্চ আয়তনে অতি বিবর্তনে গ্লাস প্রস্তুতি করার সময় এটি উৎপন্ন হয়। উক্ত পদ্ধতি –196°C পর্যন্ত নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহার করা যায়। রিজিড কোমস ইন্সুলেশন ব্যবহার করলে reliquefaction এর সময় Low evaporation loss এবং Low Energy wob হয় ও নিরাপদে স্টোরেপ করা যায়। উক্ত ইন্সুলেশন ব্যবহারে খরচ কম ও সহজ। রিজিড কোমস ইন্সুলেশন এর অসাধারণ স্থায়িত্ব ও কম ওজনের হয়। উক্ত ইন্সুলেশন এর মেকানিক্যাল স্থায়িত্ব ও কম wat:· absorption হয় রিজিড ফোম ইন্সুলেশন এর নিম্নে Flammability আছে। নিম্নে চিত্রে রিজিড ফোমস ইন্সুলেশন পদ্ধতি দেখানো হলো। রিজিড ফোমস ইন্সুলেশন পদ্ধতিতে যে সমস্ত ফোম ব্যবহার করা হয়– গ্লাস ফোম, পলিউরেমিন ফোম, আইসোসাইনেট ফোম, রাবার ফোম ও ফাইবার গ্লাস। ফাইবার গ্লাস-এর পরিবাহিতা হলো 1330 যেখানে হিলিয়াম গ্যাসের পরিবাহিতা 1100। পলিউরেমিন এক প্রকার প্লাস্টিক কোষ জাতীয় পদার্থ। এটি কম খরচে সম্পন্ন ইন্সুলেটিং পদার্থ যেখানে তাপমাত্রা নিম্ন নয় সেখানে ব্যবহার করা যায়। পলিউরেমিন এর তাপ পরিবাহিতা হলো 0.055w/m–K যখন সেল সাইজ হয় 600μ.

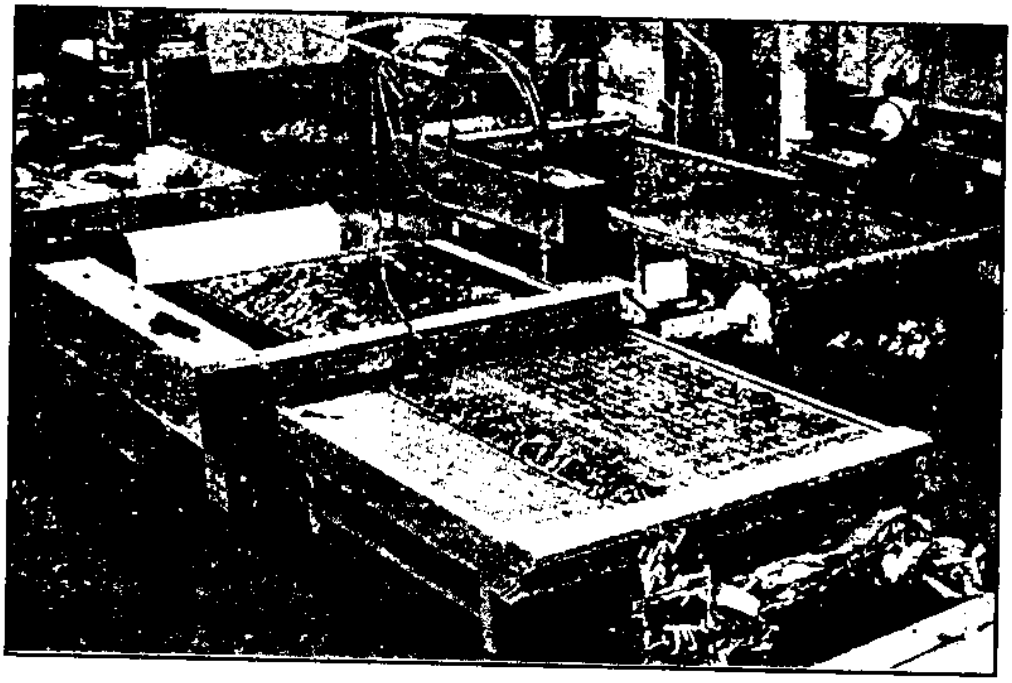
৬.৬ নিম্ন তাপমাত্রায় সুপার ইন্সুলেশন ব্যবহার পদ্ধতি (Describe the super insulation in low temperature application) ঃ

সুপার ইন্সুলেশন হলো পরিবর্তিত লেয়ার এর এলুমিনিয়াম। যে পাইপ বা সিলিন্ডারের ইন্সুলেশন করা হবে তার গায়ে বিভিন্ন লেয়ার এর মাধ্যমে জড়িয়ে দেওয়া হয়। নিম্ন পরিবাহী উপাদান যেমন গ্লাস ফোম অথবা ডেলটার পেপার দ্বারা গঠিত হয়। যে সমস্ত জায়গায় সব সময় নিম্ন তাপ মাত্রা থাকে বা সরবরাহ করা লাগে সেখানে ব্যবহার করা হয়। সুপার ইন্সুলেশনে এলুমিনিয়াম লেয়ার ব্যবহার করা হয়। প্রতিটি লেয়ার প্রতিফলিত সীল্ড এর ন্যায় কাজ করে। অতি নিম্ন তাপমাত্রায় হেভী ডিউটি ইন্সুলেশন ব্যবহার করা হয়। লেয়ারের মাত্রা তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল হয়। ইনসাইড এবং আউটসাইডের তাপমাত্রার পার্থক্য বেশি হলে লেয়ার বেশি দিতে হবে এবং তাপমাত্রার পার্থক্য কম হলে লেয়ার কম দিতে হবে।

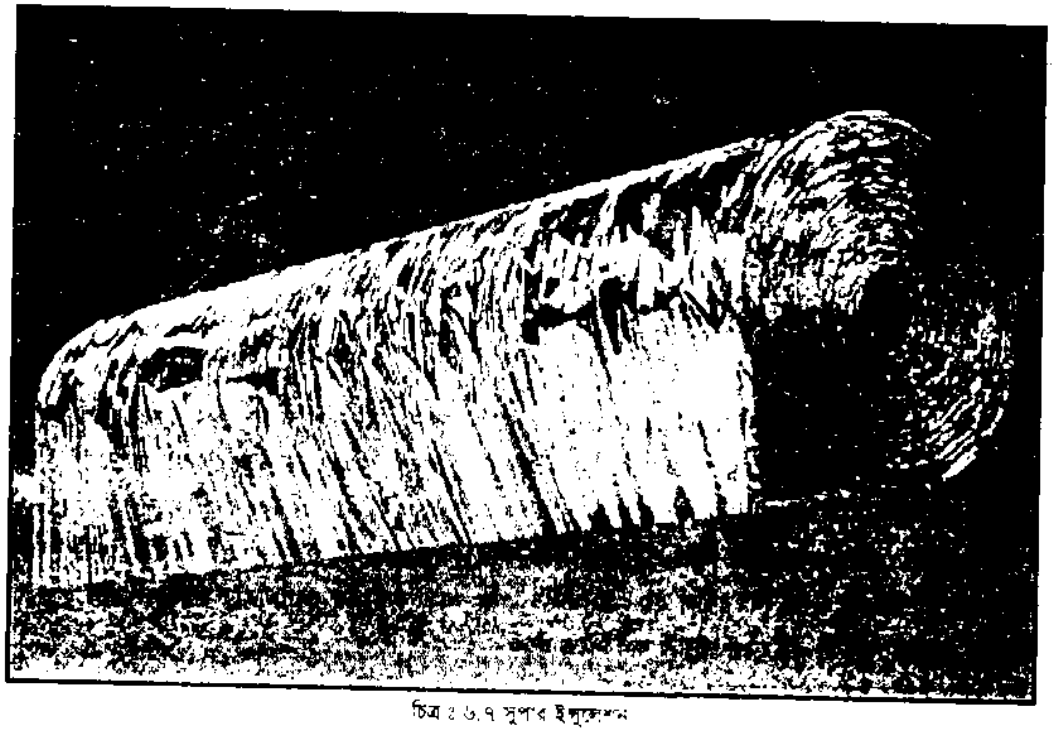
নিম্নলিখিত স্থানে সুপার ইন্সুলেশন ব্যবহার করা হয়–

(a) MRI
(b) HTS generators
(c) Physical experiments
(d) Liquid hydrogen strorage
(e) HTS cable
(f) NMR etc.

নিম্নে সুপার ইন্সুলেশন এর চিত্র দেওয়া হলো।



প্রস্তুতকৃত সুপার ইনসুলেশন



চিত্র : ৬.৭ সুপার ইন্সুলেশন

অনুশীলনী-৬

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **নিম্ন তাপমাত্রায় ইন্সুলেশনের কাজ কী?** [বাকাশিবো-২০০৬, ১০(পরি)]

উত্তর ঃ তাপমাত্রার পার্থক্য বজায় রাখে।

২। **নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত ইন্সুলেশনের নাম লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৬, ০৮, ১৩, ১৪]

অথবা, নিম্ন তাপমাত্রা প্রয়োগক্ষেত্রে ব্যবহৃত চারটি ইনসুলেটরের নাম লিখ। [বাকাশিবো-২০০৭]

অথবা, নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত দুটি ইনসুলেশনের নাম লিখ। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৬, ০৯, ১০, ১২]

অথবা, লো টেম্পারেচারে ব্যবহারযোগ্য ইনসুলেশনের নাম লিখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৮]

অথবা, ক্রায়োজেনিক ইন্সুলেশনের ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর ঃ **নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত ইন্সুলেশনের নাম হল ঃ**

(i) হাই ভ্যাকুয়াম অথবা রিফ্লেকটিভ ইন্সুলেশন

(ii) ইভাকুয়েটেড পাউডারস

(iii) রিজিড ফোমস

(iv) সুপার ইন্সুলেশন

(v) মাল্টিলেয়ার ইন্সুলেশন

৩। **সুপার ইন্সুলেশন কী কী উপাদানে গঠিত হয়?** [বাকাশিবো-২০১৪(R)]

উত্তর ঃ **সুপার ইন্সুলেশনের উপাদানগুলো হল–**

(ক) এলুমিনিয়াম লেয়ার

(খ) গ্লাস ফোমস

(গ) ডেন্টার পেপার।

৪। **সুপার ইন্সুলেশন বলতে কী বুঝ?** [বাকাশিবো-২০০৪, ০৮, ১৪, ১৫(পরি)]

উত্তর ঃ পরিবর্তিত layer-এর Alluminium এবং নিম্ন পরিবাহী উপাদান, যেমন– Glass foam অথবা Denter paper দ্বারা গঠিত উপাদানকে সুপার ইন্সুলেশন বলে।

৫। **ইন্সুলেশনের বৈশিষ্ট্য লিখ।**

উত্তর ঃ **ইন্সলেশনের বৈশিষ্ট্য হল–**

(ক) লো-থার্মাল কন্টাকটিভিটি

(খ) শুষ্ক, শক্ত ও দৃঢ়তা।

৬। **সুপার কন্টাকটরগুলোর নাম লিখ।**

অথবা, দু'টি সুপার কন্ডাক্টরের নাম লিখ। [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর ঃ **সুপার কন্টাকটরগুলোর নাম হল–**

(ক) সোনা

(খ) কপার

(গ) এলুমিনিয়াম এলয়

(ঘ) স্টেইনলেস স্টীল

(ঙ) গ্লাস।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **নিম্ন তাপমাত্রায় রিজিড ফোমসগুলোর নাম লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর ঃ **নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত রিজিডগুলোর নাম হল ঃ**

(ক) গ্লাস ফোম (গ) রাবার ফোম

(খ) পলিইউরেথিন ফোম (ঘ) মাইসো সাইনেট ফোম।

২। **নিম্ন তাপমাত্রায় ইন্সুলেশন ব্যবহারে অসুবিধাসমূহ লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৪, ১৫(পরি)]

উত্তর ঃ **নিম্ন তাপমাত্রায় Insulation ব্যবহারের অসুবিধাসমূহ হল–**

(i) 100°C পারিপার্শ্বিক তাপমাত্রায় ক্রায়োজোনিক তরলসমূহকে সংরক্ষণ করা অত্যন্ত কঠিন।

(ii) অত্যন্ত নিম্ন তাপমাত্রায় উপযুক্ত থার্মাল ইন্সুলেশন নির্বাচন অত্যন্ত কঠিন।

(iii) নিম্ন তাপমাত্রায় Insulation ব্যবহারে অনেক সমস্যা সৃষ্টি হয়।

৩। **হাই ভ্যাকুয়াম রিফ্লেকটিভ ইন্সুলেশনের বর্ণনা দাও।** [বাকাশিবো-২০০৫, ০৮, ১৪(পরি)]

উত্তর ঃ হাই ভ্যাকুয়াম ইন্সুলেশন পদ্ধতি বা উচ্চ বায়ু শূন্যতা ইন্সুলেশন খুবই গুরুত্বপূর্ণ। এটি সহজবোধ্য এবং যখন বাস্ত বায়িত হয় তখন অবশ্যই তাপ স্থানান্তরের দুটি প্রধান ধর্ম পরিবহন ও সঞ্চালন বর্জন করে। এতে স্থানান্তরিত জায়গার বিপরীতে দুটি প্রতিফলিত তল নিয়ে গঠিত হয়। বায়ুশূন্যতায় সাধারণত গ্যাসের তাপ স্থানান্তরে $10^{-2}\mu$ এর নিচে থাকে। তাপ বিকিরণের মাধ্যমে তাপ স্থানান্তর কমানো যায় বা পরে থার্মাল ইন্সুলেটেড প্যারালাল সীল্ড তলের মধ্যে প্রতিফলিত। এরূপে ভাল প্রতিফলিত ফল হলে অ্যালুমিনিয়াম ফয়েল গোল্ড এর ইলেকট্রো অধঃক্ষেপ সিলভার (Silver) এর রাসায়নিক অধঃক্ষেপ যায় ইনেসংসেটিস সারফেস হল নিম্ন যা 0.02।

৪। **রিজিড ফোম ইন্সুলেশন পদ্ধতি বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০৯]

অথবা, রিজিড ফোম ইনসুলেশন পদ্ধতি ব্যবহৃত উপাদানের তালিকা কর। [বাকাশিবো-২০০৬]

অথবা, রিজিড ফোম ইনসুলেশন পদ্ধতি লেখ। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর ঃ Rigid foams insulation হলো এক ধরনের Insulating পদার্থ যা কোষ আকৃতির। সর্বোচ্চ আয়তনে অতি বিবর্তনে gas প্রস্তুতি করার সময় এটি উৎপন্ন হয়। সাধারণত যে সমস্ত Foam ব্যবহার করা হয়– Glass foam, polyrethine foam, isocyanate foam and Rubber foam, fibre glass এর পরিবাহিতা, হল 1330 যেখানে Hilium গ্যাসের পরিবাহিতা 1100 Fibreglams নাইট্রোজেন গ্যাস 260 ধারণ করে যেখানে বাতাসে N_2 এর পরিমাণে 170. Polyruethine এক প্রকার Plastic কোষ জাতীয় পদার্থ। এটি কম খরচে সম্পন্ন Insulating পদার্থ যেখানে তাপমাত্রা নিম্ন নয় সেখানে ব্যবহার করা হয়। Polyurethane এর তাপ পরিবাহিতা হল 0.055w/m-k যখন cell size হয় 600μ.

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **হাই-ভ্যাকুয়াম রিফ্লেকটিভ ইন্সুলেশন পদ্ধতি বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৩ নং দ্রষ্টব্য।

২। **নিম্ন তাপমাত্রায় ইন্সুলেশন পদ্ধতির বর্ণনা দাও।** [বাকাশিবো-২০০৬, ০৭, ১০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.১ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **নিম্ন তাপমাত্রায় ইন্সুলেশনে ইভাকুয়েটেড পাউডার এর বর্ণনা দাও।**

অথবা, নিম্ন তাপমাত্রায় ইন্সুলেশন প্রদানের একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ১০(পরি)]

অথবা, নিম্ন তাপমাত্রায় ইন্সুলেশন প্রদানের পদ্ধতি বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **নিম্ন তাপমাত্রায় সুপার ইনসুলেশন পদ্ধতি বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০৬, ০৭, ০৮, ১১, ১৪(পরি)]

অথবা, সুপার ইনসুলেশন পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৬, ০৭, ১১]

অথবা, সুপার ইন্সুলেশনের বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০১০(পরি)]

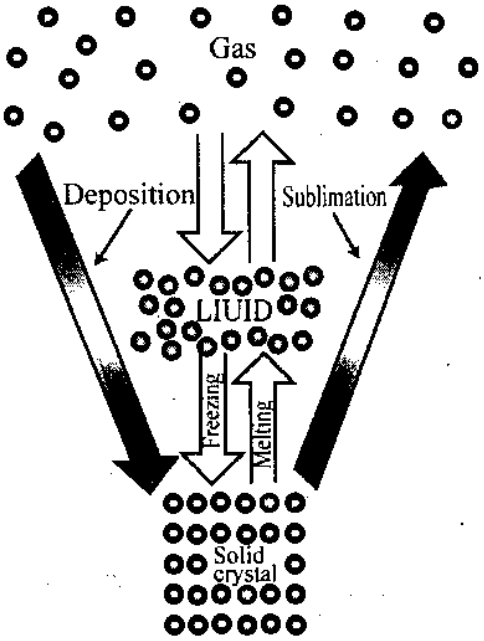
উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৬ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৭

লো ফ্রিজিং
(The low Freezing)

৭.০ ভূমিকা (Introduction) ঃ

ফ্রিজিং হলো খাদ্য সংরক্ষণের প্রাচীনতম এবং বহুল ব্যবহৃত পদ্ধতি। উক্ত পদ্ধতির মাধ্যমে খাবারের স্বাদ ও পুষ্টিমান বজায় রাখা যায়। নিম্ন তাপমাত্রার খাদ্য সংরক্ষণ করলে খাদ্যের মধ্যে অণুজীবসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়া হ্রাস করে এবং সেলুলার বিপাকীয়া প্রতিক্রিয়া বিলম্বিত হয়। যার ফলে খাদ্যবস্তু সহজে নষ্ট হয় না। কৃষি পণ্যের মান অপরিবর্তিত রেখে দীর্ঘ সময় স্টোরেজ করার জন্য উক্ত পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। যখন উচ্চ মানের কাঁচামাল ব্যবহার করা হয় তখন হিমায়ত পণ্যের নিরাপত্তা এবং পুষ্টিমান রক্ষা করা যায়। ফ্রিজিং এর গুরুত্ব অনস্বীকার্য। খাদ্য বস্তুসমূহকে দীর্ঘমেয়াদী সংরক্ষণের জন্য উক্ত পদ্ধতি ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। উক্ত পদ্ধতিতে খাদ্য বস্তুসমূহের shelf life বৃদ্ধি করতে বিশেষ ভূমিকা পালন করে।



চিত্র ঃ ৭.১ ফ্রিজিং পদ্ধতি

৭.১ ফ্রিজিং (Term freezing) ঃ

ফ্রিজিং শব্দের অর্থ হলো জমাটকরণ একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা কোন একটি বস্তু বা দ্রব্যকে একটি নির্দিষ্ট সময় পর্যন্ত জমাট করে রাখা। বস্তুর freezing তাপমাত্রার নিচে তরল কোন বস্তুকে কঠিন বস্তুতে রূপান্তর করা হয়। প্রায় সকল বস্তুর Melting এবং Freezing তাপমাত্রা একই। কিছু কিছু বস্তুর ক্ষেত্রে বিভিন্নতা দেখা যায় যেমন– Agar এর melting তাপমাত্রা 85°C এবং Solidifies তাপমাত্রা 31° to 40°C

ফ্রিজিং পদ্ধতি ঃ

বাণিজ্যকভাবে ফ্রিজিং পদ্ধতি মূলত তিন প্রকার ঃ

১। বাতাসের মাধ্যমে ফ্রিজিং

২। ইনডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং (Refrigerant)

৩। ডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং (Refrigerant)

নিম্নে বাণিজ্যিক ফ্রিজিং এর প্রকারভেদ দেওয়া হলো ঃ

বাতাসের মাধ্যমে ফ্রিজিং	ইনডাইরেক্ট ফ্রিজিং	ডাইরেক্ট ফ্রিজিং
(ক) শার্প ফ্রিজিং	সিংগেল plate	হিট এক্সচেঞ্জ ফ্লুইড
(খ) ব্লাস্ট n	ডবল প্লেট	কমপ্রেস গ্যাস
(গ) ফ্লুইড বেড ফ্রিজার	প্রেসার প্লেট	রেফ্রিজারেন্ট স্প্রে
(ঘ) কুইক ফিজিং	স্লাশ ফ্রিজার কুইক ফ্রিজিং	কুইক ফ্রিজিং

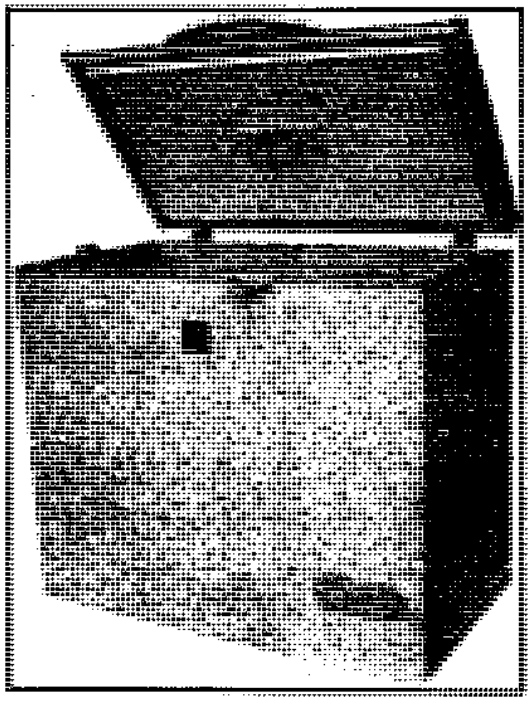
৭.২ কুইক ফ্রিজিং (State quick freezing) ঃ

খাদ্য বস্তুসমূহে দুইভাবে ফ্রিজিং করা যায় একটি হলো কুইক ফ্রিজিং এবং অপরটি হলো স্লো ফ্রিজিং। কুইক ফ্রিজিংকে Fast ফ্রিজিংও বলে এবং স্লো ফ্রিজিং কে শার্প ফ্রিজিং বলে। যখন কোন খাদ্যবস্তুর তাপমাত্রা -20°C এর নিচে নামিয়ে আনতে ৩০ মিনিট-এর কম সময় লাগে তাকে কুইক ফ্রিজিং বলে। Brown (1991) এর মতে কোন বস্তুর তাপমাত্রা প্রতি ঘন্টায় 50°C কমানো যায় তাকে কুইক ফ্রিজিং বলে। Jay (1996) এর মতে প্রতি ঘন্টায় ১ থেকে ১০°C পর্যন্ত তাপমাত্রা কমাতে পারে কুইক ফ্রিজিং করার সময় আইস-এর ক্রেস্টালের আকার ছোট হয়। উক্ত পদ্ধতিতে খাদ্য বস্তুর বিপাক ক্রিয়া বন্ধ থাকে নিম্ন তাপামাত্রায় খাদ্যবস্তুর অভিযোজন ক্রিয়া বন্ধ থাকে।

চিত্র ঃ ৭.২ কুইক ফ্রিজিং পদ্ধতি

৭.৩ শার্প ফ্রিজিং পদ্ধতির বর্ণনা (Describe sharp freezing method) ঃ

শার্প ফ্রিজিং-এর মাধ্যমে খাদ্য বস্তুসমূহকে ধীরগতিতে ফ্রিজিং করা হয়। উক্ত পদ্ধতিতে খাদ্যবস্তুর তাপমাত্রা কমিয়ে আনতে অধিক সময়ের প্রয়োজন হয়। শার্প ফ্রিজিং পদ্ধতিতে তাপমাত্রা হ্রাসের হার অনেক কম। Jay (1996)-এর মতে স্লো ফ্রিজিং-এর ক্ষেত্রে প্রতি ঘন্টায় ১ থেকে ১০°C পর্যন্ত তাপমাত্রা কমাতে পারে। শার্প ফ্রিজিংকে স্লো প্রিজিংও বলে। উক্ত পদ্ধতিতে তাপমাত্রা –8°C হতে –29°C এর মধ্যে থাকে তবে ক্ষেত্র বিশেষ এটা পরিবর্তন ও হয়। সময় এর উপর ভিত্তি করে শার্প ফ্রিজিং এবং কুইক ফ্রিজিং নির্ধারণ করা হয়। বাসা বাড়িতে যে সকল ফ্রিজ ব্যবহার করা হয় প্রায় সকল ফ্রিজএ শার্প বা স্লো ফ্রিজিং পদ্ধতির অন্তর্ভুক্ত। উক্ত পদ্ধতিতে তাপমাত্রা ধীরে ধীরে কমানোর জন্য অভিযোজন ক্রিয়া ধীরে ধীরে হয় এবং খাদ্যবস্তুর মধ্যে Cold shock হয় না কিন্তু বড় আকারের আইস ক্রিস্টাল তৈরি হয়।



চিত্র ঃ ৭.৩ শার্প ফ্রিজিং পদ্ধতি

৭.৪ কুইক ফ্রিজিং মেথডের তালিকা (List quick freezing methods) ঃ

কুইক ফ্রিজিং পদ্ধতি ঃ

১। এয়ার ব্লাস্ট ফ্রিজিং (Air bluest freezing)

২। ডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং (Direct contact freezing)

৩। ইনডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফিজিং (Indirect contact freezing)

৪। ইমারশন ফিজিং (Immersion freezing)।

৭.৫ স্লো এবং কুইক ফ্রিজিং-এর মধ্যে পার্থক্য (Compare slow and quick freezing) ঃ

স্লো এবং কুইক ফ্রিজিং এর মধ্যে পার্থক্য দেখানো হল ঃ

স্লো ফ্রিজিং/শার্প ফ্রিজিং	কুইক ফ্রিজিং/ফাস্ট ফ্রিজিং
১। নির্ধারিত তাপমাত্রা আনায়ন করতে দীর্ঘ সময়ের প্রয়োজন হয়।	১। নির্ধারিত তাপমাত্রা আনায়ন করতে কম সময়ের প্রয়োজন হয়।
২। দীর্ঘ সময় ধরে শীতল করার ফলে ব্যাকটেরিয়া এনজাইম বংশ বিস্তার করতে পারে।	২। অল্প সময়ের মধ্যে ফিজিং করার ফলে ব্যাকটেরিয়া বংশ বিস্তার করতে পারে না।
৩। তাপমাত্রা কমানোর হার প্রতি ঘন্টায় ১–১০°C হয়।	৩। তাপমাত্রা কমানোর হার প্রতি ঘণ্টায় ৫০°C
৪। এর তাপমাত্রা ৪°C থেকে –29°C এর মধ্যে থাকে।	৪। এর তাপমাত্রা –20°C হতে –40°C এর মধ্যে থাকে।
৫। বড় আকারের আইস ক্রিস্টাল তৈরি করে	৫। কাট আকারের আইস ক্রিস্টাল তৈরি করে।
৬। Cold shock effect হয় না।	৬। Cold shock effect হয়।
৭। নিম্ন তাপমাত্রায় অভিযোজন ধীরে ধীরে হয়।	৭। নিম্ন তাপমাত্রায় আভিযোজন হয় না।

৭.৬ শার্প ফ্রিজিং-এর তুলনায় কুইক ফ্রিজিং-এর সুবিধাসমূহ (Mention advantages of quick freezing over sharp freezing) ঃ

শার্প ফ্রিজিং এর তুলনায় কুইক ফ্রিজিং এর সুবিধাসমূহ

১। কুইক ফ্রিজিং পদ্ধতিতে ব্যাকটেরিয়া এনজাইম বংশবিস্তার করতে পারে না।
২। কুইক ফ্রিজিং পদ্ধতিতে খাদ্যদ্রব্যের অভ্যন্তরে পানি পৃথক হতে পারে না।
৩। নিম্ন তাপমাত্রা আনায়ন করতে কম সময় প্রয়োজন হয়।
৪। ছোট আকারের আইস ক্রিস্টাল তৈরি হয়।
৫। খাদ্যবস্তুর বিপাকে ক্রিয়া বন্ধ থাকে।

কুইক ফ্রিজিং পদ্ধতির অসুবিধাসমূহ ঃ

১। Cold shock effect হয়
২। কুইক ফ্রিজিং পদ্ধতিতে অভিযোজন হয় না
৩। Protective effect নাই।

শার্প ফ্রিজিং পদ্ধতির সুবিধাসমূহ ঃ

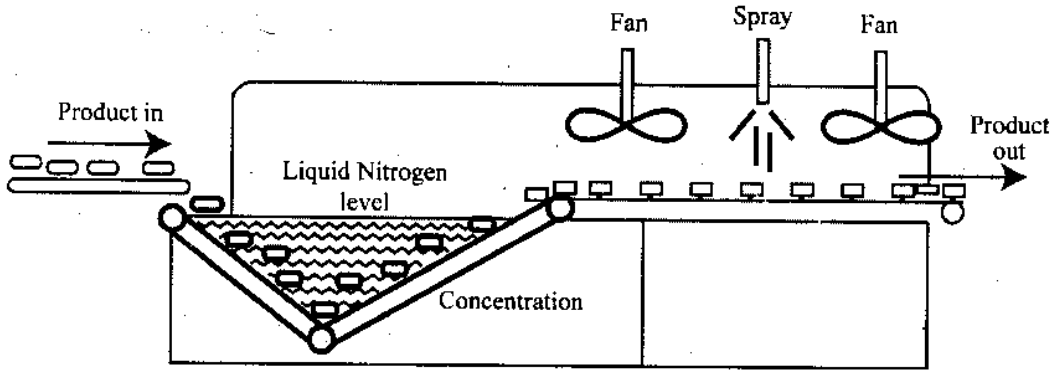
১। Cold shock effect নাই
২। Protective effecty আছে
৩। ধীরে ধীরে অভিযোজন হয়।

শার্প ফ্রিজিং পদ্ধতির অসুবিধাসমূহ ঃ

১। শার্প ফ্রিজিং পদ্ধতিতে ব্যাকটেরিয়া এনজাইম বংশবিস্তার করে।
২। বড় আকারের আইস ক্রিস্টাল তৈরি হয়
৩। নিম্ন তাপমাত্রা আনায়নে অনেক সময়ের প্রয়োজন হয়।

৭.৭ ইমারশন ফ্রিজিং পদ্ধতি (Immersion freezing method) ঃ

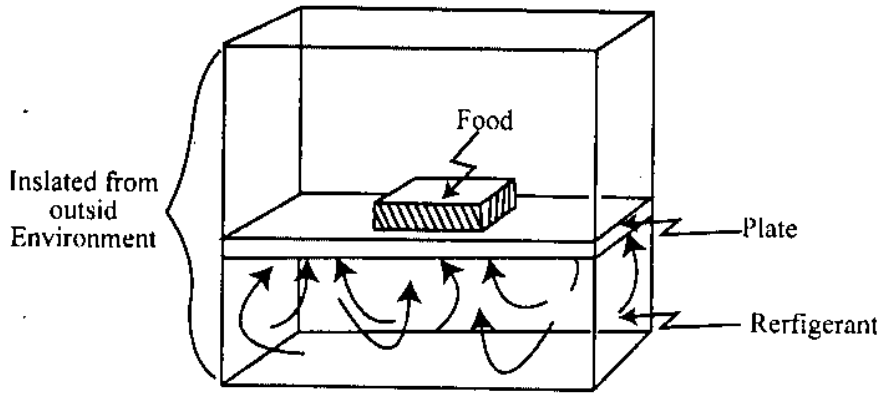
একটি ঠাণ্ডা মিডিয়া দ্বারা পূর্ণ ট্যাংক দিয়ে ইমারশন ফিজিং পদ্ধতি গঠিত হয়। ঠাণ্ডা মিডিয়া হিসাবে গ্লিসারিন সোডিয়াম ক্লোরাইড, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড এবং লবণ ও চিনির মিশ্রণ ব্যবহার করা হয়। উক্ত ঠাণ্ডা মিডিয়ার মধ্যে প্রোডাক্টকে চুবানো হয় অথবা প্রোডাক্টের উপরে স্প্রে করা হয়। যখন প্রোডাক্ট Convery belt এর মাধ্যমে ফিজিং পদ্ধতির ভেতর দিয়ে প্রবাহিত হয় তখন স্প্রে পদ্ধতি ব্যবহার করা হয় উক্ত পদ্ধতিতে সরাসরি তাপের বিনিময়ের মাধ্যমে দ্রুত তাপমাত্রা হ্রাস করা হয় (Hung and kim 1996) ডাইরেক্ট ইমারশন তরল রেফ্রিজারেন্ট ব্যবহারের ফলে অধিক পরিমাণ তাপের বিনিময় হয় যা বাতাসের মাধ্যমে সম্ভব হয় না। ইমারশন পদ্ধতিতে ব্যবহৃত দ্রীবভূত পদার্থ স্বাদ, গন্ধ, রং ছাড়াও নিরাপদ হওয়া উচিত। সঠিকভাবে ফ্রিজিং এর জন্য দ্রবীভূত পদার্থ বা মিশ্রণ এর ঘনত্ব প্রোডাক্ট এর ঘনত্বের তুলনা কম হওয়া উচিত। সাধারণত উক্ত পদ্ধতিতে বড় আকার শেল ফ্রিজিং এর জন্য ব্যবহার করা হয়। উক্ত পদ্ধতির মূল সমস্যা হলো প্রোডাক্ট এবং ঠাণ্ডা মিডিয়া তরলীকরণ হওয়ার সম্ভাবনা থাকে এটা প্রোডাক্টের ঘনত্ব প্রসেস পেরামিটার পরিবর্তন করে দেয়। George (1993) সালে প্রোডাক্ট এবং ঠাণ্ডা মিডিয়া সাথে সংস্পর্শে এড়ানোর জন্য flexible membranes ব্যবহার করেন।



চিত্র ঃ ৭.৪ ইমারশন ফ্রিজিং পদ্ধতি

৭.৮ ইনডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং এর ব্যাখ্যা (Explain the freezing by indirect contact) ঃ

ইনডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং একটি কুইক ফ্রিজিং পদ্ধতি। খাদ্যবস্তুকে ঠাণ্ডা মেটাল সারফেস এর উপর রাখা হয় এবং খাদ্যসামগ্রী সরাসরি ঠাণ্ডা মেটাল সারফেসের সাহায্যে ঠাণ্ডা হয়। উক্ত পদ্ধতিতে রেফ্রিজারেন্ট হিসাবে অ্যামনিয়া, lf$_3$, d–22, d–12, d–12 এবং ব্রাইন ব্যবহার করা হয়। ইনডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং এর মূল্য বৈশিষ্ট হলো রেফ্রিজারেন্টকে Conducting meaterial হিসাবে steel প্লেট ব্যবহার করা হয়। উক্ত পদ্ধতির মূল অসুবিধা হলো যখন খাদ্যসামগ্রীকে কোন কিছু দ্বারা মোড়ানো হয় বা প্যাকেট করা হয় তখন তাপ পরিবহন ক্ষমতা কমে যায়। যখন খাদ্যবস্তুকে metal package করা হয় তখন Corrosive effects হয়। উক্ত পদ্ধতিতে সংরক্ষিত খাদ্যবস্তুসমূহে স্বাদ এবং কালার অপরিবর্তিত থাকে। ইনডপাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং বড় আকারের আইস ক্রিস্ট, , তৈরি হয়। নিম্নে একটি ইনডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং এর চিত্র দেওয়া হলো।

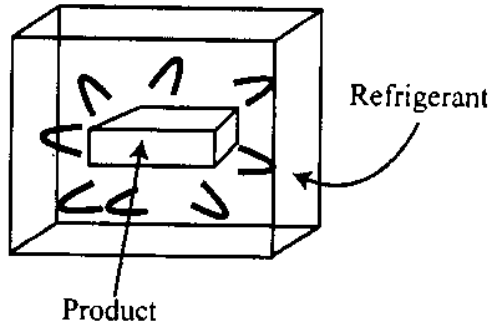


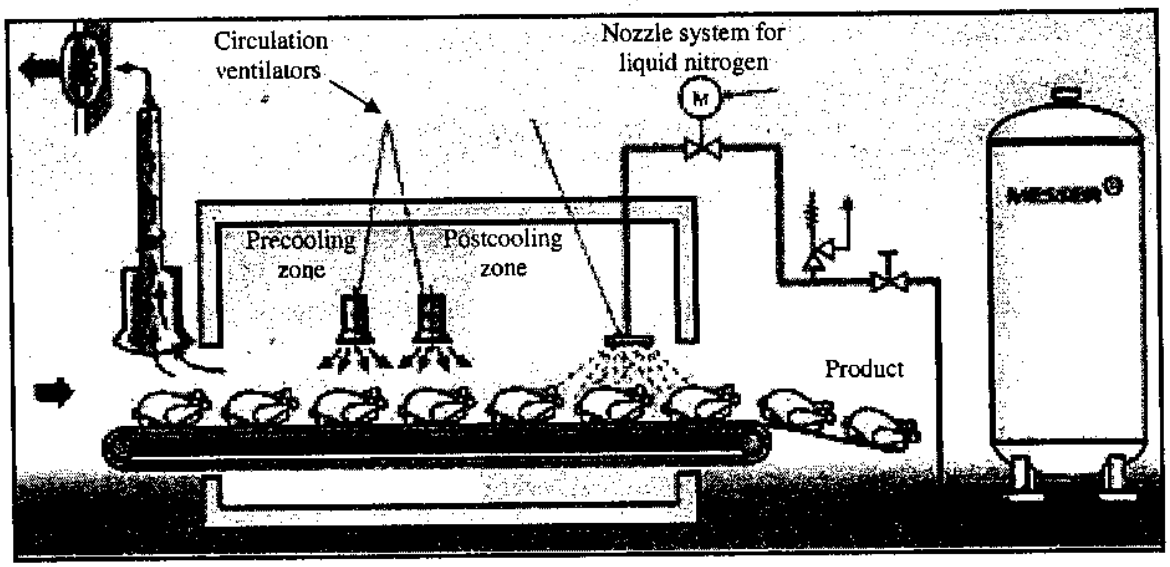
চিত্র ঃ ৭.৫ ইনডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং পদ্ধতি

৭.৯ ডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং পদ্ধতি (Direct contact freezing method) ঃ

এয়ার ব্লাস্ট ফ্রিজিং দুই প্রকার, ডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং ও ইনডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং। যখন খাদ্যবস্তু সরাসরি রেফ্রিজারেন্ট-এর সংস্পর্শে থাকে তখন তাকে ডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং বলে। ডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং পদ্ধতিকে কুইক ফিজিং পদ্ধতিও বলে। ঠাণ্ডা বাতাসকে ব্যবহার করে উক্ত পদ্ধতিতে খাদ্যসামগ্রীকে ফ্রিজিং করা হয়। ডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং এর ক্ষেত্রে Liquid নাইট্রজেন গ্যাস ব্যবহার করে খাদ্যসামগ্রীকে ফ্রিজিং করা যায়। ডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং পদ্ধতির ফিজিং দক্ষতা তুলনামূলকভাবে বেশি উক্ত পদ্ধতিতে খাদ্যসামগ্রীকে চারদিক থেকে ঠাণ্ডা করা হয় যার ফলে অধিক পরিমাণ তাপ স্থানান্তর করা যায় এবং খাদ্যবস্তু দ্রুত ঠান্ডা হয়। Mellet (1993) সালে ব্লেট এবং প্লেট টাইপ ডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং ব্যবহার করেন। এয়ার ব্লাস্ট ফ্রিজিং পদ্ধতিতে Blower দ্বারা ঠাণ্ডা বাতাসকে উচ্চ বেগে খাদ্যসামগ্রীর উপর প্রবাহ অতি দ্রুত হারে তাপ অপসারণ করে খাদ্য সামগ্রীকে জমাট বাধার কৌশলকে এয়ার ব্লাস্ট ফ্রিজিং বলে।

এয়ার ব্লাস্ট ফ্রিজিং পদ্ধতিতে ঠাণ্ডা বাতাসকে Product-এর উপর চারদিক থেকে প্রবাহিত করে বাতাস চলাচল করতে পারে। উক্ত পদ্ধতিতে তাপমাত্রা –20°C হতে –40° পর্যন্ত রাখা হয়। বাতাসের বেগ 30m/min থেকে 120m/min পর্যন্ত।





চিত্র ঃ ৭.৬ ডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং পদ্ধতি

অনুশীলনী-৭

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **কুইক ফ্রিজিং বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৫, ০৭, ০৮, ১০, ১২]
অথবা, কুইক ফ্রিজিং কীভাবে করা হয়? [বাকাশিবো-২০১১]
অথবা, কুইক ফ্রিজিং মেথড কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৫, ০৮]

উত্তর ঃ ব্লোয়ার, Brain water বা Plate freezer-এর সাহায্যে খাদ্যদ্রব্যকে দ্রুত জমাট বাঁধানোর পদ্ধতিকে, কুইক ফ্রিজিং (Quick freezing) বলে।

২। **ইমারশন ফ্রিজিং কী?** [বাকাশিবো-২০১০, ১৪(পরি)]

উত্তর ঃ যে পদ্ধতিতে খাদ্য-সামগ্রীকে নিম্ন তাপমাত্রায় তরলের মধ্যে নিমজ্জিত বা ডুবায়ে জমানোর মাধ্যমে সংরক্ষণ করা হয়, তাকে ইমারশন ফ্রিজিং বলে।

৩। **ইনডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং কাকে বলে?** [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ যে পদ্ধতির মাধ্যমে শীতল মেটাল সারফেস উপর খাদ্য সামগ্রী সংরক্ষণ করে জমা করার পদ্ধতিকে, ইনডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং (Indirect contact freezing) বলে।

৪। **ডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং বা এয়ার ব্লাস্ট ফ্রিজিং কাকে বলে?** [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর ঃ Blower দ্বারা ঠাণ্ডা বাতাসকে প্রবল বেগে খাদ্যসামগ্রীর উপর প্রবাহ করে অতি দ্রুত হারে তাপ অপসারণ করে খাদ্যসামগ্রী জমাট করার কৌশলকে এয়ার ব্লাস্ট ফ্রিজার (Air blast freezer) বলে।

৫। **ফ্রিজিং প্রধানত কত প্রকার ও কী কী?**

উত্তর ঃ ফ্রিজিং প্রধানত ২ প্রকার, যথা- (ক) গ্লো বা শার্প ফ্রিজিং, (খ) কুইক ফ্রিজিং।

৬। **ইমারশন ফ্রিজিং মেথড কাকে বলে?** [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর ঃ কুইক ফ্রিজিং এর যে পদ্ধতিতে নিম্ন তাপমাত্রায় তরল পদার্থের সাহায্যে খাদ্য সামগ্রী ইমারসেড করা হয়, তাকে ইমারশন ফ্রিজিং মেথড বলে।

৭। **প্রডাক্ট চিলিং কাকে বলে?** [বাকাশিবো-২০১৪(পরি), ২০১৫(পরি)]
অথবা, প্রডাক্ট চিলিং বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৪, ০৭, ০৮, ১৪]

উত্তর ঃ খাদ্য-সামগ্রী শীতলীকরণের সময় হিমায়িত স্থানে বাতাস এবং খাদ্যসামগ্রীর তাপমাত্রার পার্থক্য খুব বেশি থাকার কারণকে প্রডাক্ট চিলিং বলে।

৮। **এয়ার ব্লাস্ট সিজার কাকে বলে?** [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

উত্তর ঃ Blower দ্বারা ঠাণ্ডা বাতাসকে প্রবল বেগে খাদ্যসামগ্রীর উপর প্রবাহ করে অতি দ্রুত হারে তাপ অপসারণ করে খাদ্যসামগ্রী জমাট করার কৌশলকে এয়ার ব্লাস্ট ফ্রিজার (Air blast freezer) বলে।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **শার্প ফ্রিজিং মেথড বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০৬, ০৮, ০৯]
অথবা, সার্প ফ্রিজিং এবং কুইক ফ্রিজিং এর ৪টি পার্থক্য লিখ। [বাকাশিবো২০০৭, ১৪]
অথবা, মন্থর (Slow) এবং দ্রুত Quick) ফ্রিজিং এর মাঝে পার্থক্য লিখ। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর ঃ যে পদ্ধতির মাধ্যমে হচ্ছে– নিম্ন তাপমাত্রায় সংরক্ষিত একটি উন্নত Insulated room. বাতাস দ্বারা দ্রব্যের তাপ Abgorp হয় এবং প্রাকৃতিক তড়িৎ বিদ্যুতের মাধ্যমে তা রেফ্রিজারেশন কয়েলে স্থানান্তরিত হয়, তাকে শার্প ফ্রিজিং মেথড বলে।

২। **স্লো এবং কুইক ফ্রিজিং এর মধ্যে পার্থক্য লিখ।** [বাকাশিবো–২০১৪(পরি), ২০১৫(পরি)]
অথবা, মন্থর (Slow) এবং দ্রুত (Quick) ফ্রিজিং এর মাঝে পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০১০]
অথবা, শার্প ফ্রিজি ও কুইক ফ্রিজিং এর পার্থক্য লিখ। [বাকাশিবো-২০০৬, ০৮, ১০(পরি), ১১, ১২(পরি), ১৩, ১৪]
অথবা, সার্প ফ্রিজিং এবং কুইক ফ্রিজিং এর ৪টি পার্থক্য লিখ। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৭]

উত্তর ঃ স্লো এবং কুইক ফ্রিজিং এর মধ্যে পার্থক্য দেখানো হল ঃ

স্লো বা শার্প ফ্রিজিং	কুইক ফ্রিজিং
১। খাদ্যদ্রব্যকে হিমায়িত করে সংরক্ষণের উদ্দেশ্যে ধীরে ধীরে জমানোর পদ্ধতিকে Slow বা Sharp freezing বলে।	১। Fan বা Blower দ্বারা বাতাস সঞ্চালিত করে খাদ্যদ্রব্যেকে অল্প সময়ের মধ্যে জমানোর পদ্ধতিকে Quick Freezing বলে।
২। দীর্ঘ সময় শীতল করা হয়।	২। স্বল্প সময় শীতল করা হয়।
৩। পানি পৃথক হয়ে বরফ কণার সৃষ্টি করে।	৩। পানি পৃথক হতে পারে না বা বরফ কণার সৃষ্টি করতে পারে না।
৪। দীর্ঘ সময় শীতল করার ফলে ব্যাকটেরিয়া, মোল্ড, ইত্যাদি বংশ বিস্তার করতে পারে।	৪। ব্যাকটেরিয়া, মোল্ড ইত্যাদি বংশ বিস্তার করতে পারে না।
৫। তাপমাত্রা –15° C থেকে –30° C ।	৫। তাপমাত্রা –20°C থেকে –40°C

৩। **এয়ার ব্লাস্ট ফ্রিজিং বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো–২০১৪(পরি), ২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ Blower দ্বারা ঠাণ্ডা বাতাসকে প্রবল বেগে খাদ্যসামগ্রীর উপর প্রবাহ করে অতি দ্রুত হারে তাপ অপসারণ করে খাদ্যসামগ্রী জমাট করার কৌশলকে এয়ার ব্লাস্ট ফ্রিজার (Air blast freezer) বলে। এই পদ্ধতিতে নিম্ন তাপমাত্রার ঠাণ্ডা বাতাস উচ্চ বেগে Product রাখার বিভিন্ন কেবিনেট টানেল স্টোরেজ এর চার দিকে প্রবাহিত করাকে খাদ্যসামগ্রী এমন ভাবে রাখা হয় যাতে প্রবল বেগে বাতাস চারদিকে সমান ভাবে চলাচল করতে পারে। তাপমাত্রা– 20°C থেকে – 40°C পর্যন্ত রাখা হয় বাতাসের বেগ 30m/ min থেকে 120m/min পর্যন্ত হয়। Shrimp, sish, filtets, steales এবং scallop's ইত্যাদি সংরক্ষণে এই পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।

৪। **ইমারশন ফ্রিজিং পদ্ধতি কাকে বলে?** [বাকাশিবো–২০০৮, ০৯, ১১, ১২]
অথবা, ইমারশন (Immersion) ফ্রিজিং বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর ঃ Quick freezing -এর যে পদ্ধতিতে Low temperature liqued -এর সাহায্যে Product-কে Immessed করা হয় তাকে Immension freezing বলে।

৫। **কুইক ফ্রিজিং মেথড কত প্রকার ও কী কী?**

উত্তর ঃ **কুইক ফ্রিজিং মেথড তিন প্রকার, যথা–**

(i) ইমারশন ফ্রিজিং (Immersion freezing)

(ii) ইনডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং (Indirect contact freezing)

(iii) এয়ার ব্লাস্ট ফ্রিজিং বা ডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং (Air blast freezing or Direct contact Freezing)

৬। **কুইক ফ্রিজিং মেথড এর তালিকা তৈরি কর।**

উত্তর ঃ **কুইক ফ্রিজিং মেথড তৈরির তালিকা হল ঃ**

(i) ইমারশন ফ্রিজিং

(ii) ইনডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং

(iii) এয়ার ব্লাস্ট ফ্রিজিং

(iv) ডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং

৭। **শার্প ফ্রিজিং এর তুলনায় কুইক ফ্রিজিং এর সুবিধা লিখ।**

অথবা, কুইক ফ্রিজিং এর সুবিধাগুলো লিখ। [বাকাশিবো-২০০৬]

অথবা, দ্রুত জমাটকরণ (Freezing) এর সুবিধা কী? [বাকাশিবো-২০১০(পরি), ১৩, ১৪]

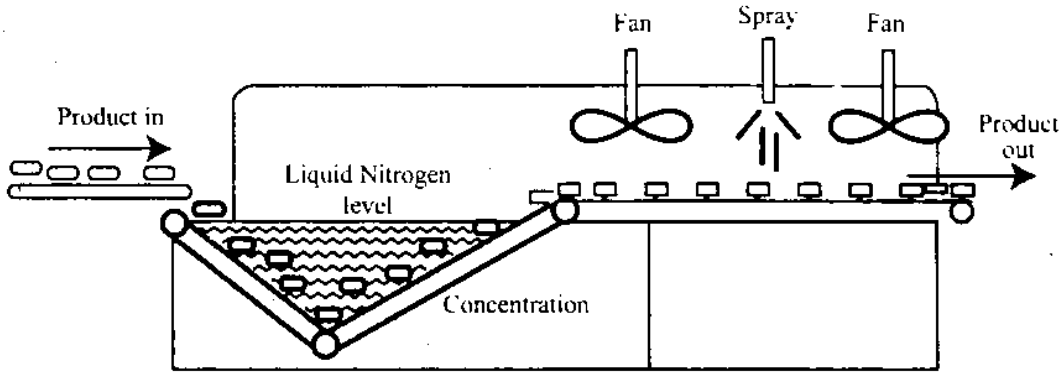
উত্তর ঃ Sharp freezer-এর তুলনায় Quick freezer-এর সুবিধা অনেক। তা হল–

(i) Quick freezer -এ খাদ্যসামগ্রী খুব দ্রুত জমানো যায় ফলে ব্যাকটেরিয়া, এনজাইমসহ ইস্ট ও অন্যান্য মোল্ড বংশ বিস্তার করতে পারে না। কিন্তু Sharp freezer-এ এগুলো বংশ বৃদ্ধি করে ফলে খাদ্যদ্রব্য নষ্ট হয়ে যায় বা যেতে পারে।

(ii) Quick freezer-এ খাদ্যদ্রব্যের অভ্যন্তরে পানি পৃথক হতে পারে না। ফলে খাদ্যদ্রব্য ভাল থাকে। Sharp freezer-এ খাদ্যদ্রব্যের অভ্যন্তরে পানি পৃথক হয়ে আলাদা বরফ কণার সৃষ্টি করে ফলে খাদ্যদ্রব্য ভাল থাকে না।

৮। **ইমারশন ফ্রিজিং পদ্ধতির চিত্র অঙ্কন কর।** [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ



চিত্র ঃ ইমারশন ফ্রিজিং পদ্ধতি

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **চিত্রসহ ইমার্শন ফ্রিজিং পদ্ধতির বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০১২(পরি), ১৪]

অথবা, ইমার্শন ফ্রিজিং মেথড বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৫, ০৬, ০৮, ০৯, ২০১০(পরি), ১১, ১২]

অথবা, ইমার্শন ফ্রিজিং পদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৭, ০৮, ০৯]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৭ নং দ্রষ্টব্য।

২। **চিত্রসহ ডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং পদ্ধতির বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০১২(পরি), ১৪, ১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৯ নং দ্রষ্টব্য।

ব্যবহারিক

হক পাবলিকেশন্স

এতে আছে

- তরল নাইট্রোজেন পদ্ধতি ও লে-আউট প্ল্যান্ট পরিদর্শন
- তরল অক্সিজেন রেফ্রিজারেশন প্লান্ট পরিদর্শন
- ফিস ফ্রিজিং প্ল্যান্ট পরিদর্শন
- ড্রাই আইস প্ল্যান্ট স্থাপন ও কুলিং ইউনিট পরিদর্শন
- ফ্রিজিং প্ল্যান্ট তৈরিতে প্রয়োজনীয় মেশিনারীজ ও ইকুইপমেন্ট পরিদর্শন
- আইস ক্রীম প্ল্যান্ট স্থাপনকরণ
- আইস প্ল্যান্টের পাইপিং সিস্টেমের মাধ্যমে কুলিং ইউনিটের লে-আউট পরিদর্শন
- ডেইরি প্ল্যান্ট স্থাপন ও পাইপিং ডায়গ্রাম পরিদর্শন
- ক্যাসকেড সিস্টেমে চেস্ট টাইপ ফ্রিজারের কার্যপদ্ধতি

জব নং-০১	তারিখ : .....
জবের নাম :	**তরল নাইট্রোজেন পদ্ধতি ও লে-আউট প্ল্যান্ট পরিদর্শন** (Visit a liquid nitrogen manufacturing plant and draw a layout of the plant)

জবের উদ্দেশ্য : তরল নাইট্রোজেন পদ্ধতি ও লে-আউট প্ল্যান্ট পরিদর্শন পূর্বক জ্ঞান অর্জন এ জবের উদ্দেশ্য।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি :

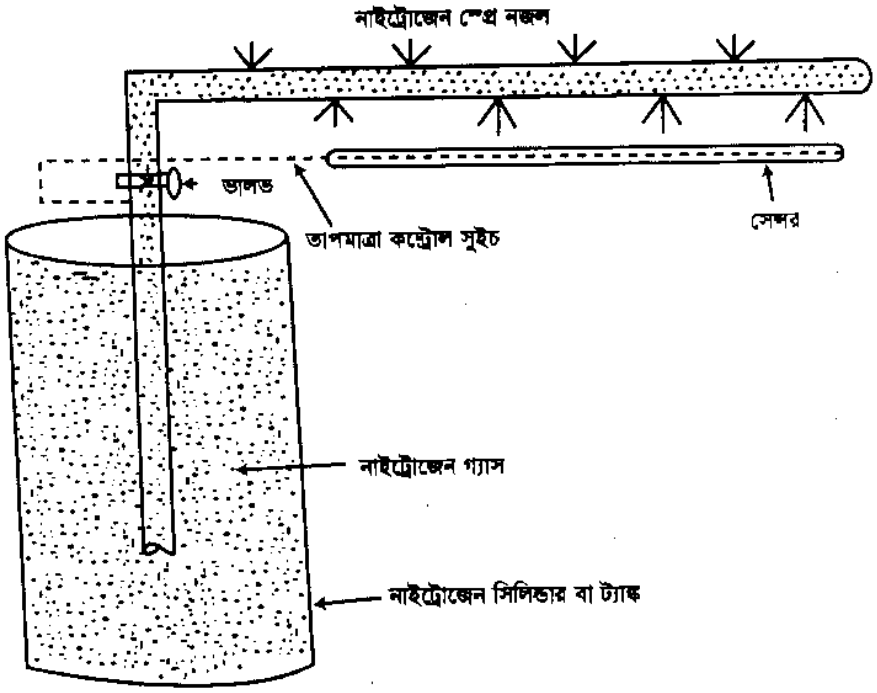
১। তরল নাইট্রোজেন ট্যাংক বা সিলিন্ডার

২। হ্যান্ড ভালভ

৩। পাইপসমূহ

৪। টেম্পরেচার কন্ট্রোল সুইচ

৫। নাইট্রোজেন স্প্রে নজল।



চিত্র : ১ তরল নাইট্রোজেন রেফ্রিজারেশন সাইকেল

কাজের ধাপ : তরল নাইট্রোজেন ট্যাংক বা সিলিন্ডার হতে পাইপের মাধ্যমে তরল নাইট্রোজেন ছেড়ে কেবিনেটের ভেতরে মালামাল রাখার স্থানে নাইট্রোজেন ছাড়া হয়। পরিবহনের ভেতরের নাইট্রোজেন বায়ুমণ্ডলে ছেড়ে দেয়া হয়। কেবিনেটের ভেতরের নাইট্রোজেন কোন স্পর্শ করে না। কারণ নাইট্রোজেন পাইপের ভেতরে প্রবাহিত করে। নাইট্রোজেনের প্রবাহ নিয়ন্ত্রণের জন্য টেম্পারেচার কন্ট্রোলিং ডিভাইস থাকে। কেবিনেট ঠাণ্ডা হয়ে থাকলে সেন্সর কন্ট্রোলারের মাধ্যমে নাইট্রোজেন প্রবাহ বন্ধ করে। কেবিনেটের তাপমাত্রা বাড়লে সেন্সর কন্ট্রোল ভালভকে খুলে দেয়ার সংকেত দেয় এবং কন্ট্রোলার ভালভ খুলে যায়। ফলে নাইট্রোজেন প্রবাহ ঘটে। স্বয়ংক্রিয়ভাবে পরিবহন যোগ্য ইন্সুলেটেড কেবিনেটের মধ্যে - ২০° হতে - ৩০° সে. তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণ রাখা হয়। তরল নাইট্রোজেন রেফ্রিজারেশন সাইকেলের মাধ্যমে পঁচনশীল খাদ্য সামগ্রী হিমায়িতকরণে একস্থান হতে অন্য স্থানে স্থানান্তর করা হয়।

মন্তব্য : তরল নাইট্রোজেন রেফ্রিজারেশন সাইকেলের মাধ্যমে পঁচনশীল খাদ্য সামগ্রী শীতলীকরণের মাধ্যমে পরিবহন করা হয়। আমার বাস্তব জীবনে কাজে আসবে বলে আশা রাখি।

জব নং-০২	তারিখ : .....
জবের নাম :	**তরল অক্সিজেন রেফ্রিজারেশন প্লান্ট পরিদর্শন** (Visit a liquid oxygen manufacturing plant and draw a layout of the process)

জবের উদ্দেশ্য ঃ তরল অক্সিজেন রেফ্রিজারেশন প্ল্যান্ট পরিদর্শনে শীপে হিমায়িত মাংস রাখা সম্পর্কে জ্ঞান অর্জন করা এ জবের উদ্দেশ্য।

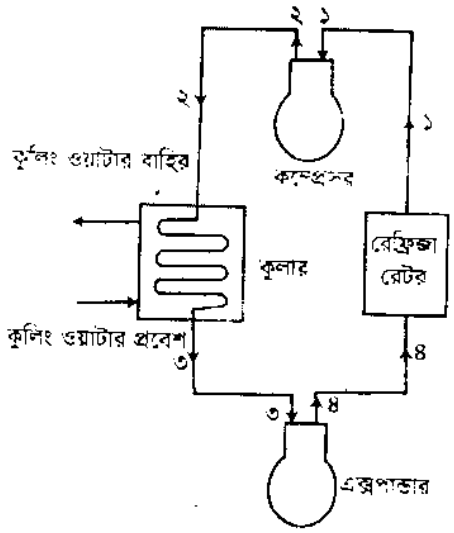
প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ঃ

১। কম্প্রেসর

২। কুলার বা হীট এক্সচেঞ্জার

৩। কুলিং চেম্বার

৪। এক্সপান্ডার



চিত্র ঃ ২ তরল অক্সিজেন রেফ্রিজারেশন প্ল্যান্ট

কাজের ধাপ ঃ তরল অক্সিজেন প্ল্যান্ট সাধারণত ৪টি ধাপে রেফ্রিজারেশন সাইকেল সম্পূর্ণ করে থাকে। ধাপগুলো নিম্নরূপ ঃ

(ক) কম্প্রেশন ঃ কুলিং চেম্বার হতে নিম্নচাপে ও তাপমাত্রায় অক্সিজেন কম্প্রেসরের সিলিন্ডারে যায় এবং সংকুচিত করে উচ্চ চাপ ও তাপমাত্রায় কুলার বা হীট এক্সচেঞ্জারে প্রেরণ করে। ঐ সময়ে অক্সিজেনের আয়তন কমে যায়

(খ) কুলিং চেম্বার ঃ কম্প্রেসর হতে আসা অক্সিজেন উচ্চ তাপ ও তাপমাত্রায় সংকুচিত অক্সিজেনকে কুলারে ঠাণ্ডা পানি প্রবাহের মাধ্যমে শীতল করে।

(গ) এক্সপানশন ঃ কুলার হতে অক্সিজেন এক্সপান্ডার সিলিন্ডারে টেনে নেয় এবং অক্সিজেনকে ঐ সিলিন্ডারের সম্প্রসারিত করে। ফলে সম্প্রসারিত অক্সিজেনের চাপ ও তাপমাত্রায় হ্রাস পায়।

(ঘ) রেফ্রিজারেশন ঃ এক্সপান্ডার হতে শীতল অক্সিজেন রেফ্রিজারেটরে প্রবাহিত হয় এবং সংরক্ষিত মালামাল থেকে তাপ গ্রহণ করে মালামাল গুলোকে ঠাণ্ডা বা শীতল করে তোলে ঐ ভাবে রেফ্রিজারেশন সাইকেল সম্পূর্ণ করে পুনরায় চলার পথ তৈরি থাকে।

মন্তব্য ঃ তরল অক্সিজেন রেফ্রিজারেশন সাইকেল পরিচালনা করে শীপে ব্যবহৃত হিমায়িত মাংস শীতল করে রাখে, যা আমার বাস্তব জীবনে কাজে আসবে বলে আশা রাখি।

জব নং-০৩	তারিখ : .....
জবের নাম :	**ফিস ফ্রিজিং প্ল্যান্ট পরিদর্শন** (Visit a fish freezing (blast freezing) plant and draw the piping diagram of the plant)

জবের উদ্দেশ্য : ফিস ফ্রিজিং প্ল্যান্ট পরিদর্শন করে ফিসকে তাঁজা রাখিয়া রপ্তানিমুখী করে তোলা এ জবের উদ্দেশ্য।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি :

১। কম্প্রেসর

২। কনডেন্সার

৩। ইভাপোরেটর বা কুলিং চেম্বার

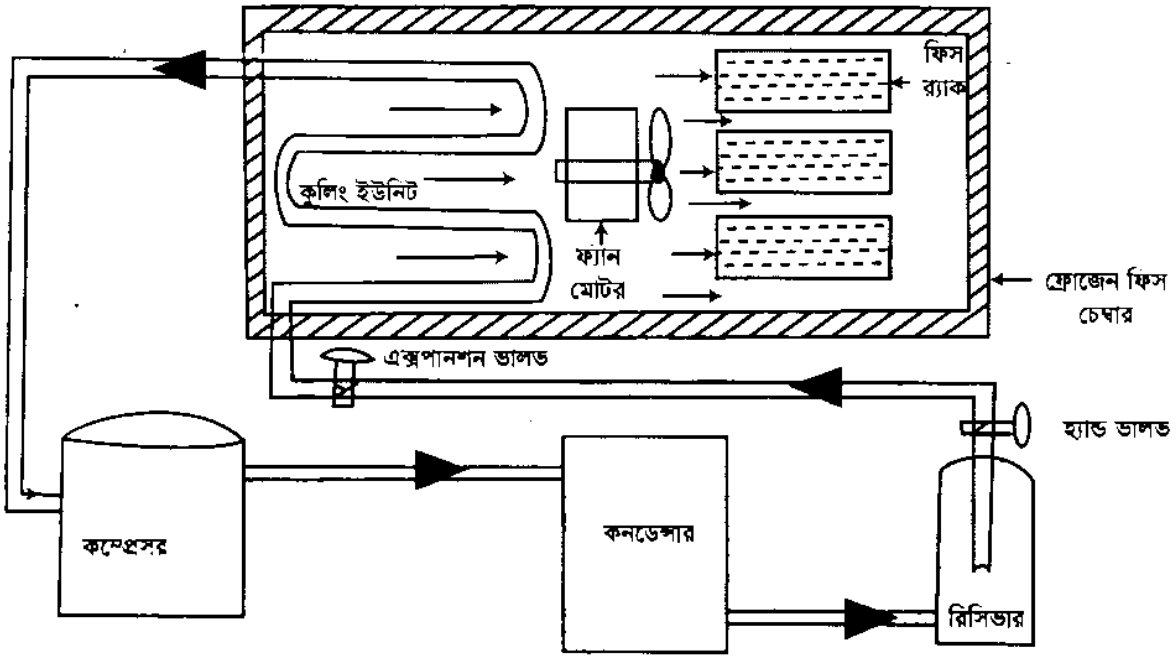
৪। রিসিভার

৫। এক্সপানশন ভালভ

৬। ফ্যান

৭। ফুড র‍্যাক

৮। ফ্রোজেন ফুড চেম্বার



চিত্র : ৩ ফিস ফ্রিজিং রেফ্রিজারেশন প্ল্যান্ট

কাজের ধাপ : উক্ত পদ্ধতির মাধ্যমে নিম্ন তাপমাত্রায় ঠাণ্ডা বাতাস উচ্চ বেগে ফিস-সামগ্রী রাখার বিভিন্ন কেবিনেট এর র‍্যাকে স্টোরেজ এর চার দিকে প্রবাহিত করে। ঠাণ্ডা বাতাস প্রবল বেগে র‍্যাকের চার দিকে সমানভাবে চলাচলের মাধ্যমে ফিস সামগ্রী হতে অতি দ্রুত হারে তাপ অপসারণের ফলে তাপমাত্রা - ২০° সে. হতে - ৪০° সে. পর্যন্ত রাখা হয় এবং বাতাসের গতিবেগ ৩০ মিটার/ মিনিট হতে ১২০ মিটার/মিনিট পর্যন্ত থাকে। ফলে ফিস সামগ্রী নিম্ন তাপমাত্রায় আনয়নের ফলে রেফ্রিজারেশন সাইকেল সম্পূর্ণ করে।

মন্তব্য : ফিস প্ল্যান্ট পরিদর্শন পূর্বক হিমায়িত সামগ্রী পঁচনের হাত থেকে রক্ষা করে এবং ব্যবসায়িক কর্ম পরিকল্পনা ও সম্পাদনের মাধ্যমে আমার বাস্তব জীবনে কাজে আসবে বলে আশা রাখি।

জব নং-০৪	তারিখ : .....
জবের নাম :	**ড্রাই আইস প্ল্যান্ট স্থাপন ও কুলিং ইউনিট পরিদর্শন** (Visit a dry ice plant and draw the piping diagram and cooling system of any)

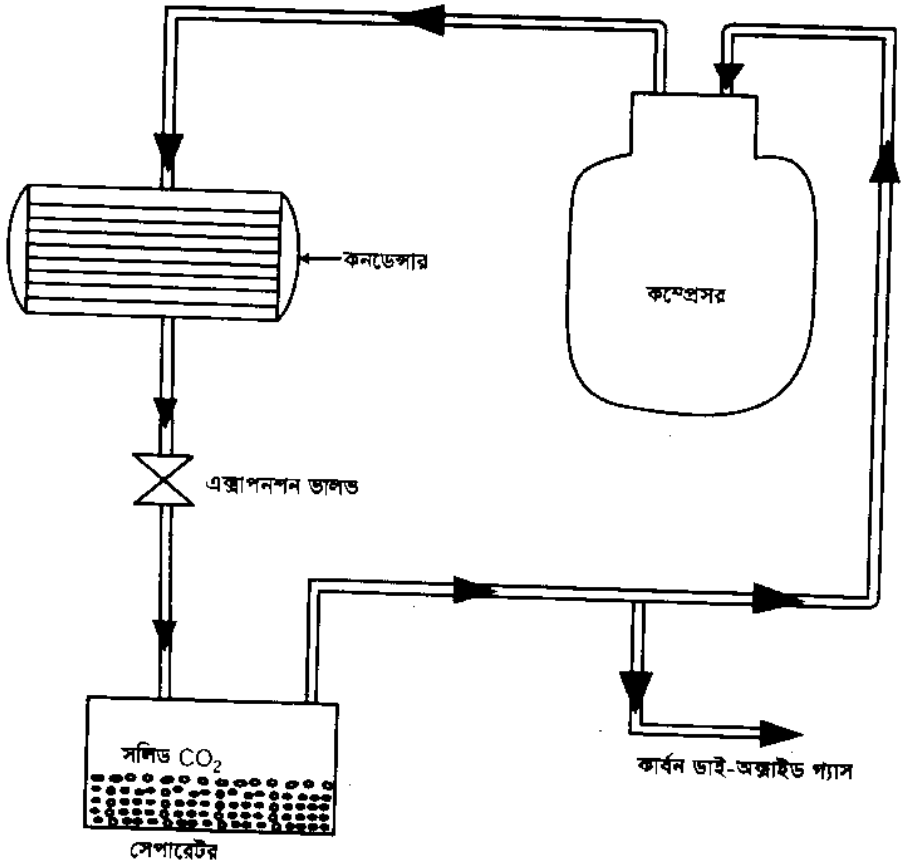
জবের উদ্দেশ্য : ড্রাই আইস প্ল্যান্ট স্থাপন ও কুলিং ইউনিট পরিদর্শন পূর্বক ড্রাই আইস সম্পর্ক জ্ঞান অর্জন করা এ জবের উদ্দেশ্য।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি :

১। বক্স প্যাকিং

২। ফুড কার্টন

৩। ড্রাই আইস ক্যান



চিত্র : ৪ ড্রাই আইস প্ল্যান্ট ও কুলিং ইউনিট

কাজের ধাপ : কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড সাইকেলের মাধ্যমে ইভাপোরেটরের এক্সপানশন ভালভের মাধ্যমে তরল রেফ্রিজারেন্টের চাপ হ্রাস করা হয়। ফলে আংশিক তরল বাষ্পীভূত হয়। বাকি তরল সুপ্ততাপ হারিয়ে কঠিন অবস্থায় রূপান্তরিত হয়। যে পরিমাণ গ্যাস সাইকেলের অভ্যন্তরে কঠিন অবস্থায় পরিণত হয়। যে পরিমাণ গ্যাস রেফ্রিজারেশন পদ্ধতিতে পূরণ করা হয়ে থাকে সেক্ষেত্রে সিলিন্ডার কম্প্রেসর সাকশন লাইনের সাথে গ্যাস পূরণের সংযোগ থাকে। সুতরাং গ্যাসের শীতলীকরণে সম্প্রসারিত হয়ে সরাসরি কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

মন্তব্য : ড্রাই আইস প্ল্যান্ট ও কুলিং ইউনিট পরিদর্শন করে জানতে পারলাম কিভাবে ড্রাই আইস তৈরি করা যায়। যা আমার বাস্তব জীবনে আমার কাজে আসবে বলে আশা রাখি।

জব নং-০৫	তারিখ : .....
জবের নাম :	**ফ্রিজিং প্ল্যান্ট তৈরিতে প্রয়োজনীয় মেশিনারীজ ও ইকুইপমেন্ট পরিদর্শন** (Visit a plate freezing & make a layout plan showing necessary machineries & equipment)

জবের উদ্দেশ্য : ফ্রিজিং প্ল্যান্ট তৈরিতে প্রয়োজনীয় মেশিনারীজ ও ইকুইপমেন্টে পরিদর্শন করে জ্ঞান অর্জন করা এ জবের উদ্দেশ্য।

প্রয়োজনীয় মেশিনারীজ ও ইকুইপমেন্টগুলোর নাম :

১। **কম্প্রেসর :**

(ক) ওয়াটার কুল্ড রেসিপ্রোকেটিং কম্প্রেসর (ওপেন টাইপ)।

(খ) আরপিএম (RPM) -৫৪০ বার।

(গ) লুব অয়েল চার্জ ২০ kg.

(ঘ) লুব অয়েল প্রেসার ২ হতে ২.৫ kg/cm^2 (৩০-৩৫ PSIG).

২। **কনডেন্সার :**

(ক) ওয়াটার কুল্ড বা ইভাপোরেটিভ কনডেন্সার।

(খ) পাইপের ব্যাস ২ ইঞ্চি বা ৫ সে. মি.

(গ) পাইপের দৈর্ঘ্য ২০ ফুট বা ৬ মিটার।

(ঘ) পাইপের সংখ্যা সর্বমোট ৪৮ টি।

৩। **ইভাপোরেটর :** বেয়ার টিউব টাইপ ইভাপোরেটর।

৪। **অয়েল সেপারেটর :**

(ক) ম্যানুয়াল অপারেটর টাইপ।

(খ) ভালভযুক্ত রিটার্ন লাইন।

৫। **রিসিভার :**

(ক) হরাইজন্টাল রিসিভার।

(খ) নিরাপত্তামূলক পার্জার।

(গ) হ্যান্ড এক্সপানশন ভালভ।

৬। **রেফ্রিজারেন্ট নিয়ন্ত্রক :**

(ক) অটোমেটিক এক্সপানশন ভালভ।

(খ) থার্মোস্ট্যাটিক এক্সপানশন ভালভ।

(গ) সলিনয়েড ভালভ।

৭। **কম্প্রেসর মোটর :**

(ক) ইন্ডাকশন মোটর (থ্রী ফেজ)

(খ) ৫০ অ্যাম্পিয়ার ৪১৫ ভোল্ট, ৪০ HP, RPM. ১৪৬০।

৮। **ব্রাইন ট্যাংক :**

(ক) জি. আই. শীট (ইন্সুলেশনযুক্ত)

(খ) ধারণ ক্ষমতা ৪০ টি।

৯। **এজিটেটর :**

(ক) ইন্ডাকশন মোটর (থ্রী ফেজ)।

(খ) ৪৪০ ভোল্ট।

(গ) ২ হতে ৫ হর্স পাওয়ার।

১০। পানির পাম্প

১১। ক্রেন ঃ

(ক) বৈদ্যুতিক মোটর।

(খ) ওভার হেড টাইপ।

(গ) ১৫০ কেজি বরফ ধারণ ক্ষমতা।

১২। আইস ক্যান ঃ

(ক) জি. আই. শিট।

(খ) (৫৫ × ২৭ × ১২০) সে. মিঃ বা (২২″ × ১১″ × ৪৭″)

১৩। সাইক্রোমিটার (ড্রাই বাল্ব ও ওয়েট বাল্ব)

১৪। ফ্যান ও ফ্যান মোটর।

মন্তব্য ঃ রেফ্রিজারেশন প্ল্যান্ট পরিদর্শন করে আমরা জানতে পারলাম মেশিনারীজ ও ইকুইপমেন্টেগুলোর নাম কর্মকারীতা, ধারণ ক্ষমতা, উৎপাদন ক্ষমতা, ব্যয়ভার ও উৎপাদনশীল বস্তুর কার্যকারীতা। যা আমার কর্মময় জীবনে কাজে আসবে বলে আশা রাখি।

জব নং-০৬	তারিখ ঃ .....
জবের নাম ঃ	**আইসক্রীম প্ল্যান্ট স্থাপনকরণ** (Build up a refrigeration unit which can produce a temperature of -25 to -300 C)

জবের উদ্দেশ্য ঃ একটি আইসক্রীম প্ল্যান্ট স্থাপন করে আইসক্রীম তৈরি করা এ জবের উদ্দেশ্য।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ঃ

১। কম্প্রেসর

২। কনডেন্সার

৩। ইভাপোরেটর

৪। রিসিভার

৫। রেফ্রিজারেন্ট

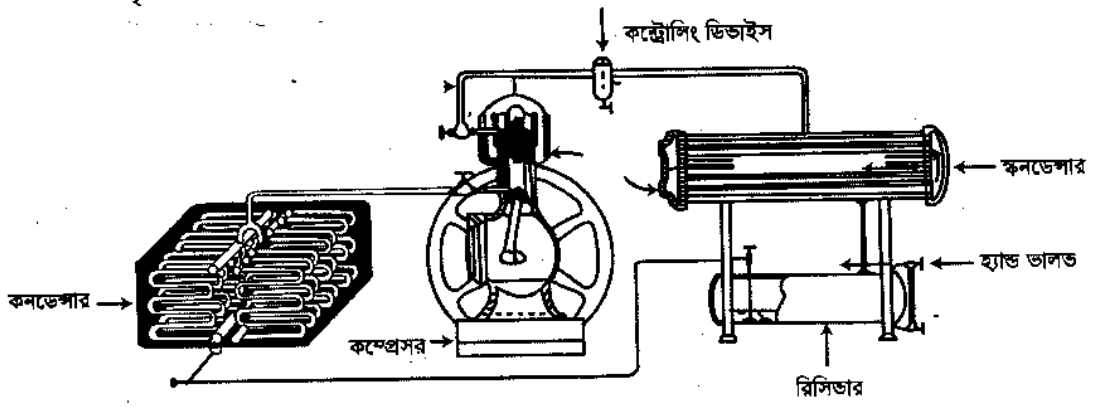
৬। নিয়ন্ত্রক ভালভ

৭। ড্রায়ার বা ফিল্টার

৮। এ্যাকুমোলেটর

৯। হীট এক্সচেঞ্জার

১০। এজিটেটর প্রভৃতি।



চিত্র ঃ ৫ আইসক্রীম প্ল্যান্ট স্থাপন

(ক) কনডেন্সিং ইউনিট স্থাপন ঃ

১। স্থান নির্বাচন, স্থানের প্রসারতা, ঠাণ্ডা, শুষ্ক, পরিষ্কার ও মুক্ত বাতাসের প্রবাহ থাকতে হবে।

২। মেশিন রুমের ভেতর টেকনিশিয়ান বা সার্ভিস ম্যান বসার ব্যবস্থা থাকতে হবে।

৩। কনডেন্সিং ইউনিটে পানি স্প্রে করার ব্যবস্থা থাকতে হবে।

৪। সমতল স্থানে ইউনিট স্থাপন করতে হবে।

৫। কনডেন্সিং ইউনিট বেসমেন্টের মাপ অনুযায়ী স্থাপন করতে হবে।

৬। বেস প্লেটের হোল বা ছিদ্র বরাবর ফাউন্ডেশন বোল্ট স্থাপন করতে হবে।

৭। ছিদ্রে ফাউন্ডেশন বোল্ট স্থাপন সঠিকভাবে গ্রাউন্ড করে কয়েকদিন আর্দ্রতা অবস্থায় রাখতে হবে।

৮। কম্প্রেসর রিসিভার স্টেইনার, ফ্যান মোটর, কনডেন্সার ইভাপোরেটর ইত্যাদি শক্তভাবে আটকাতে হবে।

৯। কনডেন্সিং ইউনিটের সাথে কুলিং ইউনিট সংযোগ স্থাপন করতে হবে।

১০। প্ল্যান্টের বৈদ্যুতিক সার্কিট এর কার্যকারিতা ও সংযোগ স্থাপন উপলব্ধি করতে হবে।

(খ) কুলিং ইউনিট স্থাপন ঃ

১। ইভাপোরেটর সুবিধামত স্থানে স্থাপন করতে হবে।

২। ইভাপোরেটরের পার্শ্বে আইস ট্যাংক স্থাপন করতে হবে।

৩। আইস ট্যাংকে ব্রাইন সঞ্চালনে এজিটেটর ব্যবহার করতে হবে।

৪। এজিটেটর হতে কুলিং ইউনিট নিরাপদ দূরত্বে রাখতে হবে।

৫। কুলিং ইউনিটে হতে সহজে ব্রাইন ওয়াটার প্রবাহিত হবার ব্যবস্থা থাকতে হবে।

৬। সংযোগ পাইপ দেওয়াল ও মেঝে শক্তভাবে আটকাতে হবে।

৭। আইস ট্যাংকের লেভেল পরীক্ষা করতে হবে।

৮। ব্রাইন পরিচালনার মোটর স্থাপন করতে হবে।

(গ) পাইপ সংযোগ স্থাপন ঃ

১। লে-আউট অনুযায়ী কনডেন্সিং ও কুলিং ইউনিট স্থাপন করতে হবে।

২। পাইপের ব্যান্ড কম থাকতে হবে।

৩। পাইপের ব্যান্ড উলম্ব রাখতে হবে।

৪। সংযোগগুলো দৃঢ়ভাবে হবে।

৫। পাইপের ফ্লায়ারিং সোয়েজিং ও ওয়েল্ডিং সঠিকভাবে সম্পাদন করতে হবে।

৬। পাইপ স্থানান্তরের সময় ব্যান্ডগুলোর সংযোগ দেখতে হবে।

৭। ইউনিট পরিচালনার দক্ষ টেকনিশিয়ান নিয়োগ করতে হবে।

মন্তব্য ঃ আইসক্রীম প্ল্যান্ট স্থাপনে বিভিন্ন অবস্থান, কারিগরি দক্ষতা পরিচালনা ও কার্যকারিতা সম্পর্কে জ্ঞান অর্জন করে আমার বাস্তব জীবনে কাজে আসবে বলে আসা রাখি।

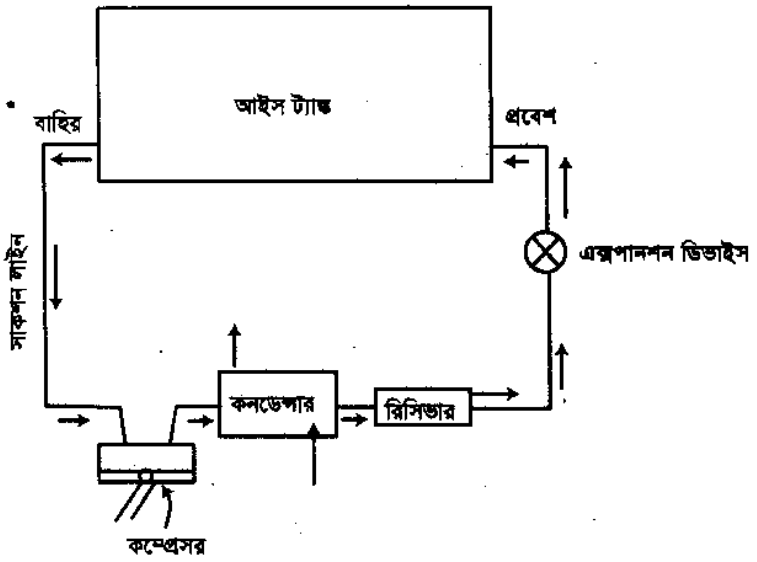
ব্যবহারিক

জব নং-০৭	তারিখ : .....
জবের নাম :	**আইস প্ল্যান্টের পাইপিং সিস্টেমের মাধ্যমে কুলিং ইউনিটের লে-আউট পরিদর্শন** (Visit a dairy plant, draw a piping diagram and record all variables)

জবের উদ্দেশ্য : আইস প্ল্যান্টের পাইপিং সিস্টেম স্থাপন করে কুলিং ইউনিটের লে-আউট পরিদর্শন করে সম্পর্কে জ্ঞান অর্জন করা এ জবের উদ্দেশ্য।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি :

১। ওয়াটার সাপ্লাই লাইন ।
২। ওয়াটার প্যান।
৩। প্লাস্টিক ওয়াটার লাইন।
৪। ওয়াটার নজল।
৫। ওয়াটার হিডার প্যান।
৬। ওয়াটার ডিস্টিবিউটর প্যান।
৭। ওয়াটার বাফল।
৮। ওয়াটার কারটেইন।



চিত্র : ৬ আইস প্ল্যান্টের পাইপিং পদ্ধতি

কাজের ধাপ : আইসক্রীম প্ল্যান্ট পরিদর্শন করে লে-আউটের পাইপিং সিস্টেম এর ধাপগুলো নিম্নরূপ :

১। লে-আউট অনুযায়ী কুলিং সিস্টেমের যন্ত্রাংশগুলোর পাইপিং সংযোগ স্থাপন।
২। পাইপিং এর লে-আউটের ব্যান্ড কম।
৩। পাইপিং এর ব্যান্ডগুলো উলম্ব।
৪। সংযোগগুলো দৃঢ়ভাবে সংযোগ।
৫। ফ্লায়ারিং, সোয়েজিং ও ওয়েল্ডিং সঠিকভাবে সংযোগ স্থাপন।
৬। পাইপগুলো রঙ করা ।
৭। যন্ত্রাংশগুলো লে-আউট অনুযায়ী সাজানো।
৮। আইস মেকার সুবিধা মতো স্থানে স্থাপন।

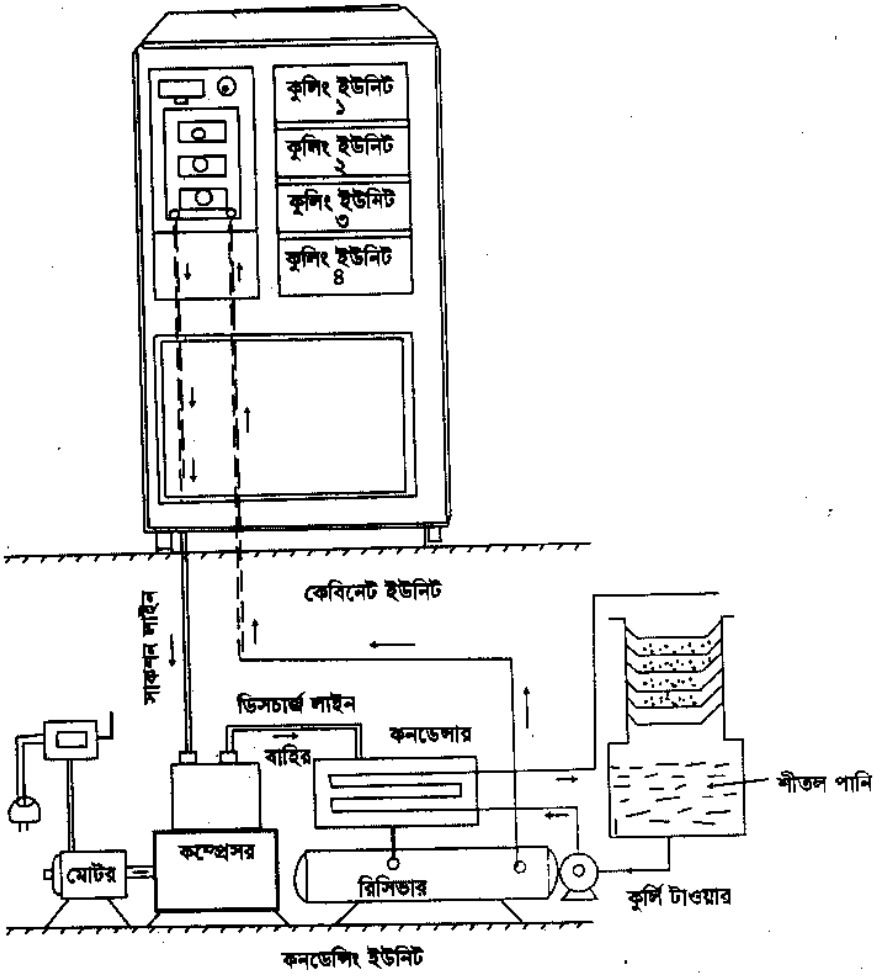
মন্তব্য : আইসক্রীম প্ল্যান্টের কুলিং ইউনিট পরিদর্শন পূর্বক জ্ঞান অর্জন যা আমার বাস্তব জীবনে কাজে আসবে বলে আশা রাখি।

জব নং-০৮	তারিখ : .....
জবের নাম :	**ডেইরি প্ল্যান্ট স্থাপন ও পাইপিং ডায়াগ্রাম পরিদর্শন** (Visit an ice cream plant, draw a schematic diagram, record all products & related storing temperature)

জবের উদ্দেশ্য : ডেইরি প্ল্যান্ট স্থাপন ও পাইপিং ডায়াগ্রাম পরিদর্শন করে বাস্তব জ্ঞান অর্জন করা এ জবের উদ্দেশ্য।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি :

১। কম্প্রেসর।
২। কনডেন্সার।
৩। কুলিং ইউনিট।
৪। রিসিভার।
৫। কুলিং টাওয়ার।
৬। শীতল পানি ট্যাংক।
৭। মোটর।
৮। কেবিনেট্ ইউনিট।



চিত্র : ৭ ডেইরি প্ল্যান্ট স্থাপন ও পাইপিং পদ্ধতি

কাজের ধাপ : কম্প্রেসরকে অন্য মোটরের সাথে সংযোগ প্রদান করে কম্প্রেসর চালু হয়ে কুলিং ইউনিট হতে নিম্নচাপ ও তাপীয় অবস্থায় বাষ্পীয় রেফ্রিজারেন্ট টেনে নেয়। উক্ত রেফ্রিজারেন্ট ডিসচার্জ লাইনের মাধ্যমে উচ্চ তাপীয় ও চাপীয় অবস্থায় রূপ ধারণ করে এবং কনডেন্সারে প্রেরিত হয়। কনডেন্সারের শীতল পানির সংস্পর্শে উক্ত রেফ্রিজারেন্টের তাপ বর্জিত হয়ে তরলে পরিণত হয়ে রিসিভারে জমা হয়। রিসিভার হতে তরল রেফ্রিজারেন্ট এক্সপানশন ডিভাইসের মাধ্যমে বাষ্পীয় রূপধারণ করে কুলিং চেম্বারে প্রেরিত হয়ে চারপাশে শীতল বা ঠাণ্ডায় রূপান্তরিত হয়।

মন্তব্য : ডেইরি প্ল্যান্ট স্থাপন ও পাইপিং ডায়াগ্রাম পরিদর্শন করে কিভাবে দুধ হিমায়িত করে রাখা হয় এবং তা পরিবহনের মাধ্যমে ভিন্নস্থানে স্থানান্তর করা যায় এ সম্পর্কে জ্ঞান অর্জন করলাম। যা আমার বাস্তব জীবনে কাজে আসবে বলে আশা রাখি।

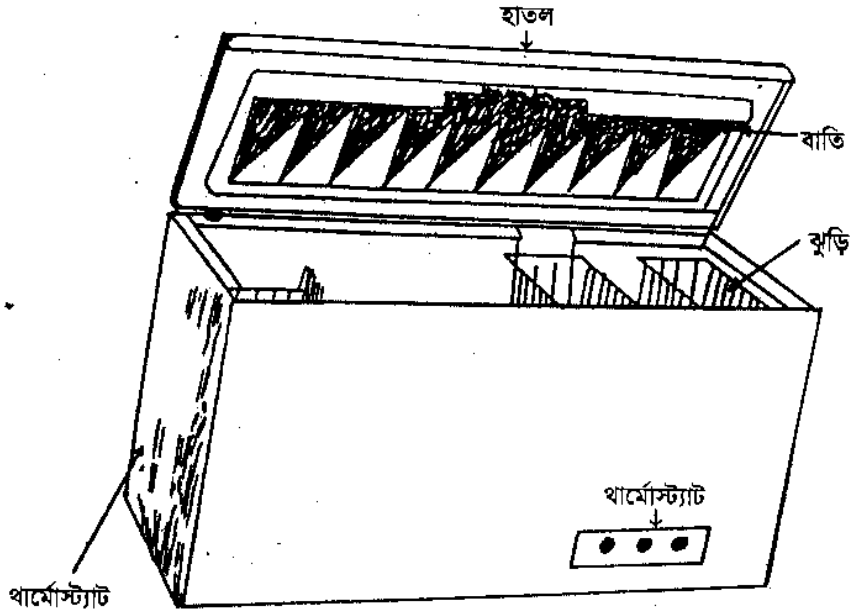
ব্যবহারিক

জব নং-০৯	তারিখ : .....
জবের নাম :	**ক্যাসকেড সিস্টেমে চেস্ট টাইপ ফ্রিজারের কার্যপদ্ধতি** (Build up a cascade system in chest type freezer)

জবের উদ্দেশ্য : ক্যাসকেড সিস্টেমে চেস্ট টাইপ ফ্রিজারের কার্যপদ্ধতি সম্পর্কে জ্ঞান অর্জন করা এ জবের উদ্দেশ্য।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি :

১। কম্প্রেসর
২। কনডেন্সার
৩। ইভাপোরেটর
৪। ফিল্টার
৫। থার্মোস্ট্যাট
৬। র‍্যাক/ঝুড়ি
৭। বাতি
৮। বডি।



চিত্র : ৮ ক্যাসকেড সিস্টেমে চেস্ট টাইপ ফ্রিজার

কাজের ধাপ : ক্যাপিলারী টিউবের মাধ্যমে ইভাপোরেটর এর মধ্যে নিম্নচাপে তরল রেফ্রিজারেন্ট গ্রহণ করে বাষ্পীভূত হয়ে পার্শ্ববর্তী স্থানসমূহ ঠাণ্ডা করে। কম্প্রেসর বাষ্পীয় রেফ্রিজারেন্ট গ্রহণ করে উচ্চ চাপ ও তাপমাত্রায় কেবিনেটের পিছনের দেওয়ালে স্থাপিত প্রি-কুলার হতে অতিরিক্ত তাপ গ্রহণ করে সংকুচিত বাষ্প কনডেন্সারে প্রবেশ করে এবং রেফ্রিজারেন্টের তাপ বায়ুমণ্ডলে সঞ্চালিত হয়। ফলে রেফ্রিজারেন্ট উচ্চ চাপে বাষ্প এবং উচ্চ তাপে তরলে পরিণত হয়। এভাবে ক্যাসকেড পদ্ধতিতে চেস্ট টাইপ ফ্রিজারের রেফ্রিজারেশন সাইকেল সম্পূর্ণ হয়। উক্ত ফ্রিজারের ভেতর ও বাহিরের আবরণ ও র‍্যাকগুলো এনামেল স্টীলের তৈরি। ইভাপোরেটরের ভেতরের আবরণের সহিত চতুর্দিকে বিস্তৃত হয়ে থাকে। রেফ্রিজারেশন সাইকেলটির কম্প্রেসর কেবিনেটের নিম্নাংশের ডান দিকে স্থাপন করা হয়।

মন্তব্য : ক্যাসকেড পদ্ধতিতে চেস্ট টাইপ রেফ্রিজারেশন সাইকেল এর সম্পূর্ণ কার্যক্রম উপলব্ধি করলাম যা আমার বাস্তব জীবনে কাজে আসবে বলে আশা রাখি।

সুপার সাজেশনস্

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ঃ

১। নিম্ন তাপমাত্রা বলতে কী বুঝ? [বাকাশিবো-২০০৪, ০৮, ০৯, ১০, ১১, ১২, ১৪]
অথবা, নিম্ন তাপমাত্রার রেফ্রিজারেশন বলতে কী বোঝায়? [বাকাশিবো-২০১০, ১২(পরি)]
অথবা, লো টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৫, ০৮, ১৩]
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। ক্রায়োজেনিক কী? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]
অথবা, ক্রায়োজেনিক বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো২০০৫, ০৬, ০৭, ০৮, ১০, ১১, ১৩, ১৪]
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। নিম্ন তাপমাত্রার দুটি ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-২০০৪, ২০০৬]
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। অ্যাবসোলিউট জিরো কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৭]
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫। নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতবের কী কী গুণাগুণের ক্ষতি হয়।
অথবা, নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতু সংরক্ষণ করা হলে ধাতুর গুণাগুণের কী কী ক্ষতি হতে পারে? [বাকাশিবো-২০০৭]
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৬ হিমায়কের সাথে অপদ্রব্য থাকলে হিমায়নে কী প্রভাব পড়ে লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৭। রেফ্রিজারেশনের ক্ষেত্রে নিম্ন তাপমাত্রার সীমা লিখ। [বাকাশিবো-২০০৪]
অথবা, হিমায়িত পণ্যের স্টোরেজ তাপমাত্রা সাধারণত কত রাখা হয়? [বাকাশিবো-২০০৪]
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৮। নিম্নতাপমাত্রা কয় ডিগ্রি সেলসিয়াম থেকে শুরু হয়? [বাকাশিবো-২০১০]
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৯। নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত হিমায়কগুলোর নাম লিখ। [বাকাশিবো-২০১২(R), ১৩, ১৪]
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

১০। কম্পাউন্ড ভ্যাপার কম্প্রেশন পদ্ধতি বলতে কী বুঝ? [বাকাশিবো-২০০৪, ০৮]
অথবা, মাল্টিস্টেজ কম্প্রেশন বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১০]
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১১। ইন্টারকুলার কেন ব্যবহৃত হয়? [বাকাশিবো-২০১৪]
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১২। ফ্লাশ চেম্বারের কাজ কী? [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)]
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। রেফ্রিজারেটিং ইফেক্ট কী?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। ক্রিটিক্যাল পয়েন্ট কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৪(পরি), ২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। ক্যাসকেড বা মাল্টিস্টেজ সিস্টেম বলতে কী বুঝ? [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৭, ০৮, ১০, ১১, ১২, ১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। ক্যাসকেড সিস্টেমে ব্যবহৃত হিমায়নের নাম লিখ। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টি পদ্ধতি কাকে বলে?
অথবা, নিম্ন তাপমাত্রা উৎপাদন পদ্ধতি কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। লো টেম্পারেচারে ব্যবহৃত দু'টি হিমায়কের নাম লিখ। [বাকাশিবো-২০০৬, ১০(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। টু-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেম কী? [বাকাশিবো-২০০৬, ১২(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

২০। ড্রাই-আইস কী? [বাকাশিবো-২০০৬, ১০, ১৩]
অথবা, ড্রাই-আইস বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৪, ০৯]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২১। ড্রাই আইস-এর ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-২০০৭, ১২, ১৪(পরি)]
অথবা, ড্রাই আইসের দুটি ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৮]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২২। কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঊর্ধ্বপাতন তাপমাত্রা কত? [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। ট্রিপল পয়েন্ট কী? [বাকাশিবো-২০১৩]
অথবা, ট্রিপল পয়েন্ট কী? পানির ট্রিপল পয়েন্ট কত? [বাকাশিবো-২০১৪]
অথবা, ট্রিপল পয়েন্ট কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৪, ০৮, ০৯, ১১]
অথবা, ট্রিপল পয়েন্ট টেম্পারেচার কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৬, ২০১০(পরি)]
অথবা, ট্রিপল পয়েন্ট বলতে কী বুঝায়? পানির ট্রিপল পয়েন্ট তাপমাত্রা কত? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। কার্বন ডাই-অক্সাইডের সুপ্ততাপ কত? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। জুল থমসম কো-ইফিসিয়েন্ট কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৭, ০৮, ১৩, ১৪, ১৫(পরি)]
অথবা, জুল থমসম কো-ইফিসিয়েন্টের সংজ্ঞা দাও। [বাকাশিবো-২০০৬, ১১
অথবা, জুল থমসন কো-ইফিসিয়েন্ট কী? [বাকাশিবো-২০০৬, ১০(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। বাতাস তরলীকরণের দুটি পদ্ধতির নাম উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৭, ১০, ১৪

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টির জন্য নাইট্রোজেনের একটি ব্যবহার লেখ। [বাকাশিবো-২০১০

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৮। ইনভার্শন কার্ভ কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৮, ১০(পরি), ১১

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। লো-টেম্পারেচারের ৪টি প্রয়োগ ক্ষেত্র লিখ। [বাকাশিবো-২০০২, ০৭, ০৮, ০৯]
অথবা, নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহারে দুটি ক্ষেত্র উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৬]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতব পদার্থের বৈশিষ্ট্য লিখ।
অথবা, ধাতুর যেসব গুণাবলি লো-টেম্পারেচার দিয়ে প্রভাবিত হয়, তা বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৮, ১০(পরি)]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। সুপার ফ্লুইডিটি কী? [বাকাশিবো-২০০৫, ০৮, ১৪(পরি), ১৪, ১৫(পরি)]
অথবা, সুপার ফ্লুইডিটি বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৪, ০৬, ১১]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩২। এক্সপানশন ও শ্রিংক ফিটিং কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৭, ০৮]
অথবা, শ্রিংক (Shrink) ফিটিংস্ কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৫, ০৮, ১২(পরি)]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩৩। কম্পিউটার শিল্পে নিম্ন তাপমাত্রার প্রয়োজন কেন?
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩৪। নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতবের স্ট্রেংথ-এর উপর কী প্রভাব পড়ে। [বাকাশিবো-২০১১]
অথবা, নিম্ন তাপমাত্রায় BCC (Body Centered Cubic) লেটিসযুক্ত ধাতবের Strength-এর উপর প্রভাব কী? [বাকাশিবো-২০০৯]
অথবা, নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতুর গুণাগুণের কী ক্ষতি হয়? [বাকাশিবো-২০০৭]
অথবা, নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত পদার্থের কী কী প্রভাব পড়ে? [বাকাশিবো-২০০৬]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩৫। ক্রায়োবায়োলজী কী? [বাকাশিবো-২০০৬, ১০(পরি)]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৩৬। নিম্ন তাপমাত্রায় ইন্সুলেশনের কাজ কী? [বাকাশিবো-২০০৬, ১০(পরি)]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৩৭। নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত ইন্সুলেশনের নাম লিখ। [বাকাশিবো-২০০৬, ০৮, ১৩, ১৪]
অথবা, নিম্ন তাপমাত্রা প্রয়োগক্ষেত্রে ব্যবহৃত চারটি ইনসুলেটরের নাম লিখ। [বাকাশিবো-২০০৭]
অথবা, নিম্ন তাপমাত্রার ব্যবহৃত দুটি ইনসুলেশনের নাম লিখ। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৬, ০৯, ১০, ১২]
অথবা, লো টেম্পারেচারে ব্যবহারযোগ্য ইনসুলেশনের নাম লিখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৮]
অথবা, ক্রায়োজেনিক ইন্সুলেশনের ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-২০০৬]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩৮। সুপার ইন্সুলেশন কী কী উপাদানে গঠিত হয়? [বাকাশিবো-২০১৪(R)]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩৯। সুপার ইন্সুলেশন বলতে কী বুঝ? [বাকাশিবো-২০০৪, ০৮, ১৪, ১৫(পরি)]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪০। সুপার কন্টাকটরগুলোর নাম লিখ।
অথবা, দু'টি সুপার কন্ডাক্টরের নাম লিখ। [বাকাশিবো-২০০৯]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৪১। কুইক ফ্রিজিং বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৫, ০৭, ০৮, ১০, ১২]
অথবা, কুইক ফ্রিজিং কীভাবে করা হয়? [বাকাশিবো-২০১১]
অথবা, কুইক ফ্রিজিং মেথড কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৫, ০৮]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৪২। ইমারশন ফ্রিজিং কী? [বাকাশিবো–২০১০, ১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৪৩। ইনডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং কাকে বলে? [বাকাশিবো–২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪৪। ডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং বা এয়ার ব্লাস্ট ফ্রিজিং কাকে বলে? [বাকাশিবো–২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪৫। ইমারশন ফ্রিজিং মেথড কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৪৬। প্রডাক্ট চিলিং কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৪(পরি), ২০১৫(পরি)]

অথবা, প্রডাক্ট চিলিং বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৪, ০৭, ০৮, ১৪

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৪৭। এয়ার ব্লাস্ট সিজার কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি ঃ

১। নিম্ন তাপমাত্রা হিমায়নের উদ্দেশ্য কী? [বাকাশিবো–২০০৬

অথবা, লো-টেম্পারেচারের উদ্দেশ্য কী? [বাকাশিবো-২০০৮

অথবা, লো-টেম্পারেচারের রেফ্রিজারেশন ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। ইন্টারকুলার ব্যবহৃত কম্পাউন্ড ভ্যাপার কম্প্রেসর পদ্ধতির সুবিধাসমূহ লিখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ক্যাসকেড সিস্টেমের সুবিধা লিখ। [বাকাশিবো–২০০৪, ০৬, ০৭, ০৯, ১০, ১

অথবা, ক্যাসকেড সিস্টেমের সুবিধা লিখ। [বাকাশিবো-২০০

অথবা, ক্যাসকেড সিস্টেম ব্যবহারের সুবিধা লিখ। [বাকাশিবো-২০০

অথবা, ক্যাসকেড সিস্টেম ব্যবহারের দুটি সুবিধা উল্লেখ করা। [বাকাশিবো-২০১

অথবা, সিঙ্গেল স্টেজ কম্প্রেশন অপেক্ষা মাল্টি স্টেজ কম্প্রেশন সিস্টেমের সুবিধা কী কী? [বাকাশিবো-২০০৫, ০৮, ১

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৪। COP-এর মান কীভাবে বাড়ানো যায়? [বাকাশিবো-২০১৪(পরি

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫। থ্রী স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের প্রবাহ চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৬। টু-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের ফ্লো ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর। [বাকাশিবো–২০০৪, ০৯, ১১, ১৩, ১৪(পরি

অথবা, একটি টু-স্টেজ ক্যাসকেড রেফ্রিজারেশন প্রবাহ চিত্র এবং p-h ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৯,

অথবা, টু-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের প্রবাহ চিত্র ও p-h ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৭। নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টির পদ্ধতিগুলোর তালিকা লিখ। [বাকাশিবো–২০

অথবা, নিম্ন তাপমাত্রা উৎপাদনের দুটি পদ্ধতির নাম লেখ। [বাকাশিবো-২০

অথবা, নিম্ন তাপমাত্রা উৎপাদন পদ্ধতিগুলোর নাম উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৭, ২০

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৮। টু-স্টেজ ও থ্রী-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের সুবিধা লিখ।
অথবা, টু-স্টেজ ও থ্রি স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের দুটি সুবিধা লিখ। [বাকাশিবো-২০০৬]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৯। ক্যাসকেড ও মাল্টিস্টেজ রেফ্রিজারেশন সিস্টেমের মাঝে পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৮, ০৯, ১১, ১৩ ১৫(পরি)]
অথবা, ক্যাসকেড ও মাল্টিস্টেজ রেফ্রিজারেশন সিস্টেমের মাঝে পাঁচটি পার্থক্য লিখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ২০০৮]
অথবা, মাল্টিস্টেজ ও ক্যাসকেড সিস্টেমের মাঝে চারটি পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০১০]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১০। মাল্টিস্টেপ সিস্টেমের সীমাবদ্ধা লিখ। [বাকাশিবো-২০১০(পরি)]
অথবা, নিম্ন তাপমাত্রা উৎপাদনের ক্ষেত্রে মাল্টি স্টেজ পদ্ধতির ব্যবহারের অসুবিধাগুলো উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৭]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১১। নিম্ন তাপামাত্রায় ব্যবহৃত হিমায়কের প্রধান প্রধান গুণাবলি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬, ১০(পরি)]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

১২। ইন্টারকুলার ব্যবহৃত একটি মাল্টিস্টেজ হিমায়ন চক্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১০]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। ক্যাসকেড সিস্টেমের দুটি সুবিধা ও দুটি অসুবিধা লেখ। [বাকাশিবো-২০০৮, ১২(পরি), ১৩]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। তরল কার্বন ডাই-অক্সাইডকে কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করার পদ্ধতিগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০০৩, ০৭, ০৯, ১৫(পরি)]
অথবা, ড্রাই আইস উৎপাদন পদ্ধতিগুলোর নাম লিখ। [বাকাশিবো-২০০৬]
অথবা, কী কী পদ্ধতিতে কার্বন ডাই-অক্সাইড কঠিন অবস্থায় রূপান্তর করা হয়? [বাকাশিবো-২০০৭, ১০]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৫ ড্রাই আইস-এর বৈশিষ্ট্য/সুবিধাসমূহ লিখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ১২, ১৩, ১৪]
অথবা, ড্রাই আইস ব্যবহারের সুবিধাসমূহ লিখ। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৭, ০৮, ০৯, ১১]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৬ ড্রাই আইস তৈরির PH ও ফ্লো ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। ড্রাই আইসের উৎপাদন ব্যয় হ্রাস করার পদ্ধতিগুলো লিখ। [বাকাশিবো-২০০৬]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। পানি হতে বরফ তৈরির সুবিধা ও অসুবিধা লিখ। [বাকাশিবো-২০০৮]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। কার্বন ডাই-অক্সাইড হতে বরফ তৈরির সুবিধা ও অসুবিধা লিখ। [বাকাশিবো-২০১৪]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২০। ড্রাই আইস এর প্রয়োজনীয়তা লিখ।
অথবা, ড্রাই আইস ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা কী? [বাকাশিবো-২০০৭, ১২ (পরি), ১৪]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২১। জুল থমসম কো-ইফিসিয়েন্ট বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৭, ০৮, ১৪]
অথবা, জুল থমসন কো-ইফিসিয়েন্ট ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৭]
অথবা, জুল থমসন নীতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৮, ১০(পরি)]
অথবা, জুল থমসন কো-ইফিসিয়েন্টের গাণিতিক সূত্র লেখ। [বাকাশিবো-২০০৯]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২২। জুল থমসনের চিত্রটি অঙ্কন কর।
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। লীন্ড সিস্টেমের ফ্লো ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১১, ১৪(পা
অথবা, লীন্ড পদ্ধতিতে বায়ু তরলীকরণের প্রবাহ চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০:
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। ক্লাউড সিস্টেম কী? [বাকাশিবো-২০১৫(পা
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। হাইড্রজেন কোন কোন ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়, তা লিখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৭, ০৮, ১৩, ১৫(পা
অথবা, তরল হাইড্রোজেনের ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৮, ১০(পরি), ১০, ১১,
অথবা, তরল হাইড্রোজেন কোন কোন ক্ষেত্রে ব্যবহার করা যায়? [বাকাশিবো-২০১২(পা
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। হিলিয়াম এর প্রয়োগক্ষেত্রগুলো লিখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৮, ১৩,
অথবা, হিলিয়ামের ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৮, ১০ (পরি),
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর নং দ্রষ্টব্য।

২৭। হাইড্রজেন গ্যাসের তরলীকরণের অসুবিধাগুলো লিখ। [বাকাশিবো-২০
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৮। গ্যাস তরলীকরণের ক্ষেত্রে Joule's Thompson Effect-এর সর্বজনীন ব্যবহারের কারণ কী?
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। নিম্ন তাপমাত্রার ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-২০০৬, ০৭, ০৮, ১০, ১২, ১৫(পা
অথবা, নিম্ন তাপমাত্রায় হিমায়ন পদ্ধতির ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-২০১৪(পা
অথবা, লো টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশনের প্রয়োগক্ষেত্র লিখ। [বাকাশিবো-২০০৫,
অথবা, নিম্ন তাপমাত্রার চারটি ব্যবহার ক্ষেত্রের নাম উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০
অথবা, নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহারের বিভিন্ন ক্ষেত্রের নাম উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০
অথবা, ক্রায়োজেনিক সার্জারের ক্ষেত্রে নিম্ন তাপমাত্রার ব্যবহার পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। সুপার ফ্লুইডিটি সংক্ষেপে ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৬,
অথবা, সুপার ফ্লুইডিটি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১২(প
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। শ্রিংক ফিটিং এর সুবিধা লিখ। [বাকাশিবো-২০০৬, ০৭,
অথবা, প্রসারণ ফিটিং অপেক্ষা Shrink ফিটিং-এর সুবিধা লেখ। [বাকাশিবো-২০
অথবা, Shrink fitting-এর সুবিধা ও অসুবিধা লিখ। [বাকাশিবো-২০
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩২। এক্সপানশন ফিটিং পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬, ০৯, ১৫(প
অথবা, নিম্ন তাপমাত্রা প্রয়োগে এক্সপানশন ফিটিং পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩৩। সুপার কন্ডাকটিভিটি বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৮, ১০, ১৪(প
অথবা, সুপার কন্ডাকটিভিটি কী? [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৮, ১২,
অথবা, সুপার কন্ডাকটিভিটির সংক্ষিপ্ত বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩৪। আন্ডার গ্রাউন্ড পাওয়ার প্ল্যান্টে নিম্ন তাপমাত্রার প্রয়োজনীয়তা বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৭, ১১,
অথবা, আন্ডারগ্রাউন্ড পাওয়ার প্ল্যান্টের জন্য নিম্ন তাপমাত্রা প্রয়োগের বিষয় ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০০৭,
অথবা, ভূ-গর্ভস্থ পাওয়ার প্ল্যান্টে নিম্ন তাপমাত্রার প্রয়োজনীয়তা সংক্ষেপে লেখ। [বাকাশিবো-২০১২(পরি), ১৩,
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩৫। নিম্ন তাপমাত্রায় রিজিড ফোমসগুলোর নাম লিখ। [বাকাশিবো-২০০৬]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৩৬। নিম্ন তাপমাত্রায় ইন্সুলেশন ব্যবহারে অসুবিধাসমূহ লিখ। [বাকাশিবো-২০০৪, ১৫(পরি)]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩৭। হাই ভ্যাকুয়াম রিফ্লেকটিভ ইন্সুলেশনের বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৮, ১৪(পরি)]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩৮। রিজিড ফোম ইন্সুলেশন পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৯]
অথবা, রিজিড ফোম ইনসুলেশন পদ্ধতি ব্যবহৃত উপাদানের তালিকা কর। [বাকাশিবো-২০০৬]
অথবা, রিজিড ফোম ইনসুলেশন পদ্ধতি লেখ। [বাকাশিবো-২০১১]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩৯। শার্প ফ্রিজিং মেথড বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬, ০৮, ০৯]
অথবা, সার্প ফ্রিজিং এবং কুইক ফ্রিজিং এর ৪টি পার্থক্য লিখ। [বাকাশিবো২০০৭, ১৪]
অথবা, মন্থর (Slow) এবং দ্রুত Quick) ফ্রিজিং এর মাঝে পার্থক্য লিখ। [বাকাশিবো-২০১০]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৪০। স্লো এবং কুইক ফ্রিজিং এর মধ্যে পার্থক্য লিখ। [বাকাশিবো-২০১৪(পরি), ২০১৫(পরি)]
অথবা, মন্থর (Slow) এবং দ্রুত (Quick) ফ্রিজিং এর মাঝে পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০১০]
অথবা, শার্প ফ্রিজি ও কুইক ফ্রিজিং এর পার্থক্য লিখ। [বাকাশিবো-২০০৬, ০৮, ১০(পরি), ১১, ১২(পরি), ১৩, ১৪]
অথবা, সার্প ফ্রিজিং এবং কুইক ফ্রিজিং এর ৪টি পার্থক্য লিখ। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৭]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৪১। এয়ার ব্লাস্ট ফ্রিজিং বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৪(পরি), ২০১৫(পরি)]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪২। ইমারশন ফ্রিজিং পদ্ধতি কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৮, ০৯, ১১, ১২]
অথবা, ইমারশন (Immersion) ফ্রিজিং বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১০]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪৩। শার্প ফ্রিজিং এর তুলনায় কুইক ফ্রিজিং এর সুবিধা লিখ। [বাকাশিবো-২০০৬]
অথবা, কুইক ফ্রিজিং এর সুবিধাগুলো লিখ। [বাকাশিবো-২০১০(পরি), ১৩, ১৪]
অথবা, দ্রুত জমাটকরণ (Freezing) এর সুবিধা কী?
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৪৪। ইমারশন ফ্রিজিং পদ্ধতির চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৪]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। ক্রায়োজেনিক টেকনোলজি প্রয়োগ ও উন্নয়ন সম্পর্কে বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০১০]
অথবা, ক্রায়োজেনিক পদ্ধতির বৈজ্ঞানিক প্রয়োগ আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০১০]
অথবা, নিম্নতাপমাত্রায় হিমায়নের প্রয়োজনীয়তা ও ব্যবহার ব্যাখ্যা কর।
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। বাষ্প সংকোচন পদ্ধতির নিম্ন তাপমাত্রা আনয়নের অসুবিধা কী কী? [বাকাশিবো-২০১৪(R)]
অথবা, নিম্নতাপমাত্রা উৎপাদনে বাষ্প সংকোচন পদ্ধতির সীমাবদ্ধতা লিখ। [বাকাশিবো-২০০৪]
অথবা, ভেপারকম্প্রেশন সাইকেলে লো-টেম্পারেচার আনয়ণে কী কী অসুবিধা হয়? [বাকাশিবো-২০০৬, ১০, ১৩, ১৪]
অথবা, নিম্নতাপমাত্রা উৎপাদনের ক্ষেত্রে ভেপারকম্প্রেশন পদ্ধতির সীমাবদ্ধতা ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০০৭]
অথবা, নিচু তাপমাত্রা (Low temperature) আনয়ণে ভেপারকম্প্রেসন সাইকেলের সীমাবদ্ধতা কী কী? [বাকাশিবো-২০০৮]
অথবা, রেফ্রিজারেশন ক্ষেত্রে নিম্ন তাপমাত্রার সীমাবদ্ধতা লেখ। [বাকাশিবো-২০০৯, ১১]
অথবা, নিম্নতাপমাত্রার সীমাবদ্ধতাগুলো উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০১০]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। টু স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেম চিত্রসহ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ১৪(পরি)]
অথবা, দু'ধাপ বিশিষ্ট একটি ক্যাসকেড সিস্টেমের অঙ্কন করে এর কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১০]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৪। থ্রী স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেম চিত্রসহ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৩]
অথবা, থ্রী-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের ফ্লো-ডায়াগ্রাম ও পি এইচ ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬, ০৮, ০৯, ১২]
অথবা, থ্রি-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের কার্যপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৮, ১০, ১২(পরি), ১৪]
অথবা, Schematic diagram-এর সাহায্যে থ্রি স্টেজ ক্যাসকেড পদ্ধতির কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৭]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৫। নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টির ক্ষেত্রে সিঙ্গেল স্টেজের তুলনায় মাল্টিস্টেজের সুবিধাসমূহ লিখ। [বাকাশিবো-২০১১]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬। নিম্ন তাপমাত্রা আনয়নে সাবকুলিং ইন্টারকুলিং ও লিকুইড রেফ্রিজারেশনসহ কম্পাউন্ড কম্প্রেশন সিস্টেমের চিত্র অঙ্কন কর।
অথবা, ইন্টারকুলিং ও সাবকুলিংসহ কম্পাউন্ড সিস্টেমের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৮]
অথবা, ইন্টারকুলিং ও সাবকুলিংসহ একটি কম্পাউন্ড সিস্টেমের কম্প্রেশন সিস্টেমের বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০০৬, ১৩]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৭। ড্রাই আইস তৈরির পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৩, ০৮, ১৩, ১৪(পরি), ১৫(পরি)]
অথবা, চিত্রসহ ড্রাই আইস উৎপাদন প্রক্রিয়া বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৬, ০৯, ১০, ১১, ১৪]
অথবা, সলিড কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৮]
অথবা, ড্রাই আইস উৎপাদনের সচিত্র পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬, ০৭, ০৯]
অথবা, চিত্রসহ ড্রাই আইস উৎপাদন পদ্ধতি ব্যবহারিকভাবে বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৭]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৮। চিত্রসহ জুল-থমসন ক্রিয়া বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৭, ০৮]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৯। গ্যাস তরলীকরণে সার্বজনীনভাবে জুল থমসম প্রভাব ব্যবহারের কারণ ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০০৫, ১২(পরি)]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১০। বায়ু তরলীকরণে লিন্ডে সিস্টেমের বর্ণনা দাও (চিত্রসহ)। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]
অথবা, লিন্ডে সিস্টেম বিশ্লেষণ কর। [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]
অথবা, বায়ু তরলীকরণের একটি প্রবাহ চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০০৯, ১২(পরি)]
অথবা, লিন্ড পদ্ধতি বায়ু তরলীকরণের প্রবাহ চিত্র এবং TS ডায়াগ্রাম আঁক। [বাকাশিবো-২০০৪, ১১, ১৩]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১১। বায়ু তরলীকরণে ক্লাউড সিস্টেম বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ১০]
অথবা, ক্লাউড সিস্টেম বিশ্লেষণ কর।
অথবা, ক্লাইড সিস্টেমে বাতাস তরলীকরণ পদ্ধতি সচিত্র বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৮, ১০(পরি), ১৪]
অথবা, ক্লাউড পদ্ধতিতে বায়ুর তরলীকরণের প্রবাহ চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০০৬]
অথবা, বাতাস (Air) তরলীকরণ পদ্ধতি ক্লাইড সাইকেল এবং টি-এস ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১০]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১২। চিত্রসহ হাইড্রজেন তরলীকরণ পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬, ০৯, ১০, ১২(পরি), ১৩, ১৪]
অথবা, হাইড্রোজেন তরলীকরণ সচিত্র বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৯, ০৭, ০৮]
অথবা, হাইড্রোজেন তরলীকরণ পদ্ধতির চিত্র অঙ্কন করে সকল অংশ চিহ্নিত কর। [বাকাশিবো-২০০৭]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। চিত্রসহ হিলিয়াম তরলীকরণ পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬, ০৭, ১১, ১৩, ১৫(পরি)]
অথবা, হিলিয়াম গ্যাস তরলীকরণ পদ্ধতির ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে বিভিন্নঅংশ চিহ্নিত কর। [বাকাশিবো-২০০৭]
উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতব পদার্থের যে সকল বৈশিষ্ট্যের প্রভাব পড়ে তার বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো–২০০৫, ০৭, ১১, ১২, ১৫(পরি)]
অথবা, ধাতুর যেসব গুণাবলি লো-টেম্পারেচার দিয়ে প্রভাবিত হয় তা লিখ। [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। নিম্ন তাপমাত্রার সাহায্যে/ ব্যবহারে শুক্রাণু সংরক্ষণে ক্রায়োবায়োলজি এবং ক্রায়োসার্জারি বর্ণনা কর।
অথবা, ক্রায়োবায়োলজি ও ক্রায়োসার্জারি নিম্ন তাপমাত্রার ব্যবহার লিখ। [বাকাশিবো-২০০৪, ১১]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। মহাশূন্য গবেষণায় ও কম্পিউটার শিল্পে নিম্ন তাপমাত্রার ব্যবহার বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। হাই-ভ্যাকুয়াম রিফ্লেকটিভ ইন্সুলেশন পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো–২০০৮]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। নিম্ন তাপমাত্রায় ইন্সুলেশন পদ্ধতির বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো–২০০৬, ০৭, ১০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। নিম্ন তাপমাত্রায় ইন্সুলেশনে ইভাকুয়েটেড পাউডার এর বর্ণনা দাও।
অথবা, নিম্ন তাপমাত্রায় ইন্সুলেশন প্রদানের একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ১০(পরি)]
অথবা, নিম্ন তাপমাত্রায় ইন্সুলেশন প্রদানের পদ্ধতি বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২০। নিম্ন তাপমাত্রায় সুপার ইনসুলেশন পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো–২০০৬, ০৭, ০৮, ১১, ১৪(পরি)]
অথবা, সুপার ইনসুলেশন পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৬, ০৭, ১১]
অথবা, সুপার ইন্সুলেশনের বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০১০(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২১। চিত্রসহ ইমার্শন ফ্রিজিং পদ্ধতির বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১২(পরি), ১৪]
অথবা, ইমার্শন ফ্রিজিং মেথড বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৫, ০৬, ০৮, ০৯, ২০১০(পরি), ১১, ১২]
অথবা, ইমার্শন ফ্রিজিং পদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৭, ০৮, ০৯]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২২। চিত্রসহ ডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং পদ্ধতির বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১২(পরি), ১৪, ১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

সমাধানসহ সমস্যাবলি ঃ

১। একটি টু স্টেজ কম্প্রেশনে 20kg/min অ্যামোনিয়াকে 1.4 বার (Bar) সম্পৃক্ত বাষ্প হতে 10 বার (Bar) কন্ডেন্সিং চাপে সংকুচিত করতে কী পরিমাণ পাওয়ার লাগবে। ইন্টারকুলারে তরল হিমায়কের চাপ 4 Bar. ধর কন্ডেন্সারে সম্পৃক্ত তরল এবং ইভাপোরেটরে সম্পৃক্ত বাষ্প বের হচ্ছে। যদি ইন্টারকুলার ব্যবহার করা না হয়, তাহলে কী পরিমাণ পাওয়ার লাগবে।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। নিম্নলিখিত ডাটাসমূহ ওয়াটার ইন্টারকুলারসহ একটি টু স্টেজ অ্যামোনিয়া কম্প্রেশন রেফ্রিজারেশন সিস্টেমের–
কন্ডেন্সিং প্রেসার = 14 bar
ইভাপোরেটর প্রেসার = 2 bar
ইন্টারকুলার প্রেসার = 15 bar
ইভাপোরেটর লোড = 10TR
যদি ডি-সুপারহিটেড বাষ্প ও সাবকুল্ড তরল হিমায়কের তাপমাত্রা 30°C হয়, তাহলে বের কর
১। সিস্টেম পরিচালনার জন্য প্রয়োজনীয় পাওয়ার।
২। সিস্টেমের C.O.P

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। 35 KW ক্ষমতাসম্পন্ন একটি টু-স্টেজ ক্যাসকেড রেফ্রিজারেশন পদ্ধতির ইভাপোরেটিভ তাপমাত্রা -60°C এবং কন্ডেন্সিং তাপমাত্রা 25°C হতে 60°C তাপমাত্রার কুলিং কয়েলের মধ্য দিয়ে R – 22 হিমায়ক - 20°C তাপমাত্রার একটি ক্যাসকেড কনডেন্সারে নির্গত হয়। ক্যাসকেড কনডেন্সারটি R – 12 ব্যবহৃত একটি ইউনিট দ্বারা ঠাণ্ডা করা হয়, যা - 30°C ইভাপোরেটিভ তাপমাত্রা এবং 25°C কনডেন্সার তাপমাত্রায় কাজ করছে। R – 12 কন্ডেন্সার হতে নির্গত হিমায়ক 200°C তাপমাত্রা পর্যন্ত সাবকুল করা হয়, কিন্তু R – 22 হিমায়কের কোন সাবকুলিং নেই। প্রদত্ত তথ্যসমূহ ব্যবহার করে নির্ণয় কর ঃ (ক) প্রতি ইউনিট দ্বারা প্রবাহিত হিমায়কের পরিমাণ। (খ) প্রতি ইউনিটের COP [বাকাশিবো-২০০৪, ১৪]

তথ্যসমূহ ঃ

R – 22 এর ক্ষেত্রে	H_1 = 233.7 KJ/kg.
	H_2 = 275 KJ/kg.
	$H_3 = H_4$ = 22.2 KJ/Kg

R – 12 এর ক্ষেত্রে	H_5 = 174.2 KJ/kg.
	H_6 = 207 KJ/kg.
	$H_7 = H_8$ = 54.9 KJ/kg.

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। 35 KW ক্ষমতাসম্পন্ন একটি টু-স্টেজ ক্যাসকেড রেফ্রিজারেশন পদ্ধতির ইভাপোরেটিভ তাপমাত্রা -60°C এবং কন্ডেন্সিং তাপমাত্রা 25°C হতে 60°C তাপমাত্রার কুলিং কয়েলের মধ্য দিয়ে R – 22 হিমায়ক - 20°C তাপমাত্রার একটি ক্যাসকেড কনডেন্সারে নির্গত হয়। ক্যাসকেড কনডেন্সারটি R – 12 ব্যবহৃত একটি ইউনিট দ্বারা ঠাণ্ডা করা হয়, যা - 30°C ইভাপোরেটিভ তাপমাত্রা এবং 25°C কনডেন্সার তাপমাত্রায় কাজ করছে। R – 12 কন্ডেন্সার হতে নির্গত হিমায়ক 200°C তাপমাত্রা পর্যন্ত সাবকুল করা হয়, কিন্তু R – 22 হিমায়কের কোন সাবকুলিং নেই। প্রদত্ত তথ্যসমূহ ব্যবহার করে নির্ণয় কর ঃ (ক) প্রতি ইউনিট দ্বারা প্রবাহিত হিমায়কের পরিমাণ। (খ) প্রতি ইউনিটের COP [বাকাশিবো-২০০৪, ১৪]

তথ্যসমূহ ঃ

R – 22 এর ক্ষেত্রে	H_1 = 233.7 KJ/kg.
	H_2 = 275 KJ/kg.
	$H_3 = H_4$ = 22.2 KJ/Kg

R – 12 এর ক্ষেত্রে	H_5 = 174.2 KJ/kg.
	H_6 = 207 KJ/kg.
	$H_7 = H_8$ = 54.9 KJ/kg.

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫। 25 টন ক্ষমতা সম্পন্ন একটি টু-স্টেজ ক্যাসকেড রেফ্রিজারেশন পদ্ধতির ইভাপোরেটিং তাপমাত্রা –50°C. R–22 হিমায়ক –50°C তাপমাত্রার কুলিং কয়েলের মাঝ দিয়ে –10°C তাপমাত্রায় ক্যাসকেড কনডেন্সারে নির্গত হয়। ক্যাসকেড কনডেন্সারটি R – 12 ব্যবহৃত একটি ইউনিট দিয়ে ঠাণ্ডা করা হয় যা – 25°C ইভাপোরেটিং তাপমাত্রা এবং 40°C কনডেন্সার তাপমাত্রায় কাজ করছে। প্রদত্ত তথ্যগুলো ব্যবহার করে নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৩, ০৯, ১১, ১৩]
(ক) প্রতি ইউনিট দিয়ে প্রবাহিত হিমায়কের পরিমাণ; (খ) প্রতি ইউনিটের COP

তথ্যসমূহ ঃ

R – 22 এর ক্ষেত্রে	H_1 = 223.7 KJ/kg.
	H_2 = 275 KJ/kg.
	$H_3 = H_4$ = 22.2 KJ/Kg

R – 12 এর ক্ষেত্রে	H_5 = 174.2 KJ/kg.
	H_6 = 207 KJ/kg.
	$H_7 = H_8$ = 54.9 KJ/kg.

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ৫ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

অষ্টম পর্ব সমাপনী পরীক্ষা- ২০০৪

(চার বছর মেয়াদি)

টেকনোলজি ঃ রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ারকন্ডিশনিং

বিষয় ঃ লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন (আর.এ.টি -৮৬৩)

সময় ঃ ৩ ঘন্টা | পূর্ণমান ঃ ৫০

ক ও খ বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন **৪ (চার)**টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। রেফ্রিজারেশনের ক্ষেত্রে নিম্ন তাপমাত্রার সীমা লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২। নিম্ন তাপমাত্রার দুইটি ব্যবহার লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ক্যাসকেড সিস্টেমের সুবিধা লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ড্রাই আইস বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। ট্রিপল্ পয়েন্ট কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৬। সুপার ফ্লুইডিটি বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৭। নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতবের কী কী গুণাগুণের ক্ষতি হয়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৮। নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত দুটি ইনসুলেশনের নাম লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৯। হিমায়িত পণ্যের স্টোরেজ তাপমাত্রা সাধারণত কত রাখা হয়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১০। প্রডাক্ট চিলিং বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। নিম্ন তাপমাত্রা উৎপাদনে বাষ্প সংকোচন পদ্ধতির সীমাবদ্ধতা লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১২। একটি টু-স্টেজ ক্যাসকেড রেফ্রিজারেশন পদ্ধতির প্রবাহ চিত্র এবং P – h ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। ড্রাই আইস ব্যবহারের সুবিধাসমূহ লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। লিন্ড পদ্ধতিতে বায়ুর তরলীকরণের প্রবাহ-চিত্র এবং T – S ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। জুল-থমসন কো-ইফিসিয়েন্ট ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। ক্রাইয়োবায়োলজি এবং ক্রাইয়োসার্জারীর ক্ষেত্রে নিম্ন তাপমাত্রার ব্যবহার লিখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। নিম্ন তাপমাত্রায় ইনসুলেশনের অসুবিধাসমূহ লিখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। সুপার ইনসুলেশনের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। ইমারশন ফ্রিজিং পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২০। সার্প ফ্রিজিং এবং কুইক ফ্রিজিং এর ৪টি পার্থক্য লিখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। চিত্রসহ ড্রাই আইস উৎপাদন প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২২। হাইড্রোজেনের তরলীকরণ সচিত্র বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। 35 KW ক্ষমতাসম্পন্ন একটি টু-স্টেজ ক্যাসকেড রেফ্রিজারেশন পদ্ধতির ইভাপোরেটিভ তাপমাত্রা -60°C এবং কন্ডেন্সিং তাপমাত্রা 25°C - 60°C তাপমাত্রার কুলিং কয়েলের মধ্য দিয়ে R – 22 হিমায়ক - 20°C তাপমাত্রার একটি ক্যাসকেড কন্ডেন্সারে নির্গত হয়। ক্যাসকেড কন্ডেন্সারটি R – 12 ব্যবহৃত একটি ইউনিট দ্বারা ঠাণ্ডা করা হয়, যা - 30°C ইভাপোরেটিভ তাপমাত্রা এবং 25°C কন্ডেন্সার তাপমাত্রায় কাজ করছে। R – 12 কন্ডেন্সার হতে নির্গত হিমায়ক 200C তাপমাত্রা পর্যন্ত সাবকুল করা হয়, কিন্তু R – 22 হিমায়কের কোন সাবকুলিং নেই। প্রদত্ত তথ্যসমূহ ব্যবহার করে নির্ণয় কর ঃ

(ক) প্রতি ইউনিট দ্বারা প্রবাহিত হিমায়কের পরিমাণ।

(খ) প্রতি ইউনিটের COP

তথ্যসমূহ ঃ

R – 22 এর ক্ষেত্রে $H_1 = 233.7$ KJ/kg.
$H_2 = 275$ KJ/kg.
$H_3 = H_4 = 22.2$ KJ/Kg

R – 12 এর ক্ষেত্রে $H_5 = 174.2$ KJ/kg.
$H_6 = 207$ KJ/kg.
$H_7 = H_8 = 54.9$ KJ/kg.

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর উদাহরণ ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। নিম্ন তাপমাত্রায় ইনসুলেশন প্রদানের পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। হিমায়কের সাথে অপদ্রব্য থাকলে হিমায়নে কী প্রভাব পড়ে, তা বিশদভাবে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত সিলেবাস বহির্ভূত।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

ষষ্ঠ ও অষ্টম পর্ব সমাপনী পরীক্ষা- ২০০৫

টেকনোলজি ঃ রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ারকন্ডিশনিং

বিষয় ঃ লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন (আর.এ.টি -৮৬৩)

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ৫০

ক ও খ বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন **৪ (চার)**টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১ লো টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। কুইক ফ্রিজিং মেথড কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ক্রায়োজেনিক বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ইনভার্শন কার্ভ কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫। সুপার ফ্লুয়িডিটি কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬। জুল থমসন কো-ইফিসিয়েন্ট কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৭। ক্যাসকেড সিস্টেম কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৮। লো টেম্পারেচারে ব্যবহারযোগ্য ইনসুলেশনের নাম লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৯। শ্রিংক (Shrink) ফিটিংস্ কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১০। ড্রাই আইসের দুটি ব্যবহার লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

খ- বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। ডেপার কম্প্রেশন সাইকেলে লো টেম্পারেচার আনয়নে কী কী অসুবিধা হয়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১২। হাই ভ্যাকুয়াম রিফ্লেকটিভ ইনসুলেশনের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। ক্যাসকেড সিস্টেমের ২টি সুবিধা ও ২টি অসুবিধা লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। জুল থমসন নীতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। তরল হাইড্রোজেন ও হিলিয়ামের ব্যবহার লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ ও ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। ধাতুর যেসব গুণাবলি লো টেম্পারেচার দিয়ে প্রভাবিত হয়, তা বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। সিঙ্গেল্ স্টেজ কম্প্রেশন অপেক্ষা মাল্টি স্টেজ কম্প্রেশন সিস্টেমের সুবিধা কী কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ইমার্সন ফ্রিজিং মেথড বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। সুপার কন্ডাকটিভিটি কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২০। লো টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশনের প্রয়োগ ক্ষেত্র লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

গ- বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। সলিড কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত প্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২২। ক্লাউড সিস্টেমে বাতাস তরলীকরণ প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। থ্রি-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের কার্যপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। ইন্টারকুলিং ও সাব-কুলিংসহ একটি কম্পাউন্ড কম্প্রেশন সিস্টেমের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। ক্যাসক্যাড ও মাল্টিস্টেজ রেফ্রিজারেশন সিস্টেমের মাঝে পাঁচটি পার্থক্য লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

পঞ্চম ও সপ্তম পর্ব সমাপনী পরীক্ষা- ২০০৬

টেকনোলজি ঃ রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ারকন্ডিশনিং

বিষয় ঃ লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন (আর.এ.টি -৮৬৩)

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ৫০

ক ও খ বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪ (চার)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। ক্রায়োজেনিক বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২। নিম্ন তাপমাত্রা উৎপাদনের দু'টি পদ্ধতির নাম লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৩। টু-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেম কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ড্রাই আইস উৎপাদনের পদ্ধতিগুলোর নাম লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। ট্রিপল্ পয়েন্ট কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৬। সুপার ফ্লুইডিটি বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৭। জুল থমসন কো-ইফিসিয়েন্ট-এর সংজ্ঞা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৮। নিম্ন তাপমাত্রা ব্যবহারের দু'টি ক্ষেত্র উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৯। নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত পদার্থের কী কী প্রভাব পড়ে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১০। নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত দু'টি ইনসুলেশনের নাম লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

খ- বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। টু-স্টেজ ও থ্রি স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের দু'টি করে সুবিধা লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

১২। ড্রাই আইসের উৎপাদন ব্যয় হ্রাস করার পদ্ধতিগুলো লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। লিকুইড ইন্টার কুলার ও সাব কুলারযুক্ত দু'ধাপের কম্পাউন্ড কম্প্রেশন পদ্ধতির প্রবাহ চিত্র এবং P-h ডায়াগ্রাম আঁক।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

১৪। প্রমাণ কর যে, $C_P\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H = -\left(\frac{\partial E}{\partial P}\right)_T - \left[\frac{\partial}{\partial P}(PV)\right]_T$ প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে।

উত্তর সংকেত সিলেবাস বহির্ভূত।

১৫। ক্লাউড পদ্ধতিতে বায়ুর তরলীকরণের প্রবাহ চিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। নিম্ন তাপমাত্রা প্রয়োগে এক্সপানশন ফিটিং পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। ক্রায়োজেনিক ইনসুলেশনের ব্যবহার লিখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। রিজিড ফোম ইনসুলেশন পদ্ধতিতে ব্যবহৃত উপাদানের তালিকা তৈরি কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। কুইক ফ্রিজিং-এর সুবিধাগুলো লিখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২০। এয়ার ব্লাস্ট ফ্রিজিং বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। নিম্ন তাপমাত্রা উৎপাদনে বাষ্প সংকোচন পদ্ধতির সীমাবদ্ধতা বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২২। ড্রাই আইস উৎপাদনের সচিত্র পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। চিত্রসহ হিলিয়াম তরলীকরণ পদ্ধতি লিখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। সুপার ইনসুলেশন পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। 20 টন ক্ষমতাসম্পন্ন একটি টু-স্টেজ ক্যাসকেড রেফ্রিজারেশন পদ্ধতির ইভাপোরেটিং তাপমাত্রা -50°C. R-22 হিমায়ক -50°C তাপমাত্রার কুলিং কয়েলের মাঝ দিয়ে -10°C তাপমাত্রায় ক্যাসকেড কন্ডেন্সারে নির্গত হয়। ক্যাসকেড কন্ডেসারটি R-12 ব্যবহৃত একটি ইউনিট দিয়ে ঠাণ্ডা করা হয়, যা 25°C ইভাপোরেটিং তাপমাত্রা এবং 40°C কন্ডেন্সার তাপমাত্রায় কাজ করছে। R-12 কন্ডেন্সারটি 5°C তাপমাত্রা পর্যন্ত সাবকুল করা হয়, কিন্তু R – 22 ব্যবহৃত ইউনিটের কোন সাবকুলিং নেই। প্রদত্ত তথ্যগুলো ব্যবহার করে নির্ণয় কর।

(ক) প্রতি ইউনিট দিয়ে প্রবাহিত হিমায়কের পরিমাণ

(খ) প্রতি ইউনিটের COP.

তথ্যসমূহ ঃ

R – 22 এর ক্ষেত্রে $H_1 = 610$ kj/kg.
$H_2 = 644$ Kj/kg.
$H_3 = H_4 = 410$ Kj/kg

R – 12 এর ক্ষেত্রে $H_5 = 561$ kJ/kg.
$H_6 = 596$ kj/kg.
$H_7 = H_8 = 435.5$ kj/kg.

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর উদাহরণ ৫ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

ষষ্ঠ ও অষ্টম পর্ব সমাপনী পরীক্ষা- ২০০৬

টেকনোলজি ঃ রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ারকন্ডিশনিং

বিষয় ঃ লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন

(বিষয় কোড ঃ ৩২৮৬)

সময় ঃ ৩ ঘন্টা পূর্ণমান ঃ ৫০

ক ও খ বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন **৪ (চার)**টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। ক্রায়োজেনিক বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২। ক্যাসকেড সিস্টেম কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩। সুপার কন্ডাকটিভিটি কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ড্রাই আইস কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। নিম্ন তাপমাত্রায় ইনসুলেশনের কাজ কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৬। ইনডার্শন কার্ড কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৭। জুল থমসন কো-ইফিসিয়েন্ট কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৮। ট্রিপল্ পয়েন্ট টেম্পারেচার কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৯। ক্রায়োবায়োলজি কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১০। লো টেম্পারেচারে ব্যবহৃত দু'টি হিমায়কের নাম লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। ধাতুর যেসব গুণাবলি লো-টেম্পারেচার দিয়ে প্রভাবিত হয়, তা লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১২। মাল্টি-স্টেজ সিস্টেমের সীমাবদ্ধতা কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। জুল থমসন নীতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। সুপার ইনসুলেশনের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। ইমার্শন ফ্রিজিং মেথড বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। তরল হাইড্রোজেন ও হিলিয়ামের ব্যবহার লিখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ ও ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। শার্প ফ্রিজিং ও কুইক ফ্রিজিং এর পার্থক্য লিখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ক্যাসকেড সিস্টেমের সুবিধা ও অসুবিধা কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। ভেপার কম্প্রেশন সাইকেলে লো টেম্পারেচার আনয়নে অসুবিধা কী কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২০। শ্রিংক ফিটিংস এর সুবিধাবলি লিখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। ক্লাউড সিস্টেমে বাতাস তরলীকরণ পদ্ধতি সচিত্র বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২২। থ্রি স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের কার্যপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। নিম্ন তাপমাত্রায় ইনসুলেশন প্রদানের পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত হিমায়কের প্রধান প্রধান গুণাবলি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। বর্তমান বিশ্বে লো টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশনের গুরুত্ব বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর ভূমিকা অংশ দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

পঞ্চম ও সপ্তম পর্ব সমাপনী পরীক্ষা- ২০০৭

টেকনোলজি ঃ রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ারকন্ডিশনিং

বিষয় ঃ লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন

(বিষয় কোড ঃ ৩২৮৬)

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ৫০

ক ও খ বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪ (চার)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। ক্রায়োজেনিক্স বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২। নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতু সংরক্ষণ করা হলে ধাতুর গুণাগুণের কী কী ক্ষতি হতে পারে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩। বাতাস তরলীকরণের দু'টি পদ্ধতির নাম উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ড্রাই আইস ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৫। প্রডাক্ট চিলিং বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৬। অ্যাবসোলিউট জিরো কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৭। কুইক ফ্রিজিং বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৮। ক্যাসকেড সিস্টেমের সুবিধা লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৯। ডিম্যাগনেটিক এবং পারাম্যাগনেটিক পদার্থের পার্থক্য কী?

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

১০। হাইড্রোজেন গ্যাস তরলীকরণের অসুবিধাগুলো লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। নিম্ন তাপমাত্রার চারটি ব্যবহার ক্ষেত্রের নাম উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১২। নিম্ন তাপমাত্রা প্রযুক্তি উদ্ভাবন সম্পর্কে লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর ভূমিকা এর অংশ দ্রষ্টব্য।

১৩। জুল থমসন কো-ইফিসিয়েন্ট ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। সুপার ইনসুলেশনের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। লিকুইড হাইড্রোজেন এবং হিলিয়ামের ব্যবহার ক্ষেত্র উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর প্রশ্নোত্তর ৫ নং এবং ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। সুপার ফ্লুইডিটি সংক্ষেপে ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। নিম্ন তাপমাত্রা প্রয়োগক্ষেত্রে ব্যবহৃত চারটি ইনসুলেটরের নাম লিখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। Shrink fitting-এর সুবিধা ও অসুবিধা লিখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। শার্প ফ্রিজিং এবং কুইক ফ্রিজিং-এর মধ্যে চারটি পার্থক্য লিখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২০। জুল থমসন কো-ইফিসিয়েন্টের গুরুত্ব ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। নিম্ন তাপমাত্রা উৎপাদনের ক্ষেত্রে ভেপার কম্প্রেশন পদ্ধতির সীমাবদ্ধতা ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২২। ড্রাই আইস তৈরির পদ্ধতি সচিত্র বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। হিলিয়াম গ্যাস তরলীকরণ পদ্ধতির ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে বিভিন্ন অংশ চিহ্নিত কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। হাইড্রোজেন তরলীকরণ পদ্ধতি চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। প্যারাম্যাগনেটিক লবণকে অ্যাডিয়াবেটিক ডিম্যাগনেটাইজেশন দিয়ে নিম্ন তাপমাত্রা উৎপাদনের করার জন্য প্রয়োজ উপকরণের নাম উল্লেখসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত সিলেবাস বহির্ভূত।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

ষষ্ঠ ও অষ্টম পর্ব সমাপনী পরীক্ষা- ২০০৭

টেকনোলজি ঃ রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ারকন্ডিশনিং

বিষয় ঃ লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন

বিষয় কোড ঃ ৩২৮৬

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ৫০

ক ও খ বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন **৪ (চার)**টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। নিম্ন তাপমাত্রা উৎপাদন পদ্ধতি কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

২। নিম্ন তাপমাত্রা উৎপাদন পদ্ধতিগুলোর নাম উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ক্যাসকেড সিস্টেম ব্যবহারের সুবিধা কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৪। কী কী উপায়ে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে কঠিন অবস্থায় রূপ দান করা যায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। Joule's Thompson co-efficient কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৬। তরল হাইড্রোজেন কোন্ ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৭। শ্রিংক ফিটিং-এর সুবিধাগুলো লিখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৮। লো টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৯। কুইক ফ্রিজিং বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১০। নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতুর গুণাগুণের কী ক্ষতি হয়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। নিম্ন তাপমাত্রা উৎপাদনের ক্ষেত্রে ভ্যাপার কম্প্রেশন পদ্ধতির সীমাবদ্ধতা ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১২। নিম্ন তাপমাত্রা উৎপাদনের ক্ষেত্রে মাল্টিস্টেজ পদ্ধতি ব্যবহারের অসুবিধাগুলো উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। ড্রাই আইস ব্যবহারের সুবিধাগুলো উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। সুপার ইন্সুলেশনের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। ইমারশন ফ্রিজিং পদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। সুপার কন্ডাকটিভিটির সংক্ষিপ্ত বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। গ্যাস তরলীকরণের ক্ষেত্রে Joule's Thompson Effect-এর সর্বজনীন ব্যবহারের কারণ কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। হাইড্রোজেন তরলীকরণ পদ্ধতির চিত্র অঙ্কন করে সকল অংশ চিহ্নিত কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। প্রসারণ এবং সংকোচন ফিটিং এর মাঝে পার্থক্য কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২০। নিম্ন তাপমাত্রা ব্যবহারের বিভিন্ন ক্ষেত্রের নাম উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। চিত্রসহ ড্রাই আইস উৎপাদন পদ্ধতি ব্যবহারিকভাবে বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২২। Schematic diagram-এর সাহায্যে থ্রি স্টেজ ক্যাসকেড পদ্ধতির কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। চিত্রসহকারে হিলিয়াম তরলীকরণ পদ্ধতির বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। আন্ডারগ্রাউন্ড পাওয়ার প্ল্যান্টের জন্য নিম্ন তাপমাত্রা প্রয়োগের বিষয় ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। নিম্ন তাপমাত্রা প্রয়োগক্ষেত্রে ইনসুলেশন সম্পর্কিত সমস্যা সমাধানের উপায়গুলো উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

ষষ্ঠ ও অষ্টম পর্ব সমাপনী পরীক্ষা- ২০০৮

টেকনোলজি ঃ রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ারকন্ডিশনিং

বিষয় ঃ লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন

(বিষয় কোড ঃ ৩২৮৬)

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ৫০

ক ও খ বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন **৪ (চার)**টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। লো টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। কুইক ফ্রিজিং মেথড কাকে বলে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ক্রায়োজেনিক বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ইনডার্শন কার্ভ কাকে বলে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫। সুপার ফ্লুইডিটি কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬। জুল থমসন কো-ইফিসিয়েন্ট কাকে বলে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৭। ক্যাসকেড সিস্টেম কাকে বলে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৮। লো টেম্পারেচারে ব্যবহারযোগ্য ইনসুলেশনের নাম লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৯। শ্রিংক ফিটিংস কাকে বলে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১০। ড্রাই আইসের দু'টি ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। ভ্যাপার কম্প্রেশন সাইকেলে লো টেম্পারেচার আনয়নে কী কী অসুবিধা হয়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১২। হাই ভ্যাকুয়াম রিফ্লেকটিভ ইন্সুলেশনের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। ক্যাসকেড সিস্টেমের দু'টি সুবিধা ও দু'টি অসুবিধা লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। জুল থমসন নীতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। তরল হাইড্রোজেন ও হিলিয়ামের ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ ও ৬ নং দ্রষ্টব্য

১৬। ধাতুর যেসব গুণাবলি লো টেম্পারেচার দিয়ে প্রভাবিত হয়, তা বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য

১৭। সিঙ্গল স্টেজ কম্প্রেশন অপেক্ষা মাল্টি স্টেজ কম্প্রেশন সিস্টেমের সুবিধা কী কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ইমার্সন ফ্রিজিং মেথড বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। সুপার কন্ডাকটিভিটি বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২০। লো টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশনের প্রয়োগক্ষেত্র উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। সলিড কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত প্রণালী চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২২। ক্লাউড সিস্টেমে বাতাস তরলীকরণ প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। থ্রি-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের কার্যপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। ইন্টারকুলিং ও সাব-কুলিংসহ একটি কম্পাউন্ড কম্প্রেশন সিস্টেমের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। ক্যাসকেড এবং মাল্টিস্টেজ রেফ্রিজারেশন সিস্টেমের মাঝে পাঁচটি পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

পঞ্চম ও সপ্তম পর্ব সমাপনী পরীক্ষা- ২০০৮

টেকনোলজি ঃ রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ারকন্ডিশনিং

বিষয় ঃ লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন

(বিষয় কোড ঃ ৩২৮৬)

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ৫০

ক ও খ বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন **৪ (চার)**টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। লো টেম্পারেচারের উদ্দেশ্য কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। ক্যাসকেড সিস্টেমের সুবিধা কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ইনভার্সন কার্ভ কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪। সুপার কন্ডাকটিভিটি কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫। জুল থমসন কো-ইফিসিয়েন্ট কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৬ ট্রিপল পয়েন্ট কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৭। ইমারসন ফ্রিজিং মেথড কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৮। প্রডাক্ট চিলিং বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৯। মাল্টি-স্টেজ সিস্টেম কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১০। সুপার ইন্সুলেশন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। জুল থমসন নীতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১২। পানি হতে তৈরি বরফ ও কার্বন ডাই-অক্সাইড হতে তৈরি বরফের সুবিধা ও অসুবিধা কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ ও ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। শার্প ফ্রিজিং ও কুইক ফ্রিজিং এর পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। ড্রাই আইস ব্যবহারের সুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। ইমারসান ফ্রিজিং পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। লো-টেম্পারেচার প্রয়োগ ক্ষেত্রে ব্যবহৃত ইন্সুলেশনের নাম লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। হাই ভ্যাকুয়াম রিফ্লেকটিভ ইন্সুলেশনের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ধাতুর যে সকল গুণাবলি লো-টেম্পারেচার দিয়ে প্রভাবিত হয়, তা উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। তরল হাইড্রোজেন ও হিলিয়ামের ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ ও ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২০। নিচু তাপমাত্রা (Low temperature) আনয়নে ডেপার কম্প্রেসন সাইকেলের সীমাবদ্ধতা কী কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। হাইড্রোজেনের তরলীকরণ পদ্ধতি সচিত্র বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২২। থ্রি- স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের কার্যপ্রণালি চিত্রসহকারে বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। ইন্টারকুলিং, সাবকুলিংসহ কম্পাউন্ড সিস্টেমের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। নিচু তাপমাত্রায় ইন্সুলেশন পদ্ধতির বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। বর্তমান বিশ্বে লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশনের গুরুত্ব বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর ভূমিকা অংশ দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

২য়, ৪র্থ, ৬ষ্ঠ ও ৮ম পর্ব সমাপনী পরীক্ষা- ২০০৯

টেকনোলজি ঃ রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ারকন্ডিশনিং

বিষয় ঃ লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন

(বিষয় কোড ঃ ৩২৮৬)

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ৫০

ক ও খ বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন **৪ (চার)টি** প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। রেফ্রিজারেশনের ক্ষেত্রে নিম্ন তাপমাত্রার সীমাবদ্ধতা লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২। নিম্ন তাপমাত্রা উৎপাদনের দু'টি পদ্ধতির নাম লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ক্যাসকেড সিস্টেমের সুবিধা লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ড্রাই আইস বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। ট্রিপল্ পয়েন্ট কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৬। জুল থমসন কো-ইফিসিয়েন্টের গাণিতিক সূত্র লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৭। নিম্ন তাপমাত্রায় BCC (Body Centered Cubic) লেটিসযুক্ত ধাতবের strength-এর ওপর প্রভাব কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৮। দু'টি সুপার কন্ডাক্টরের নাম লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৯। Second Sound কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

১০। নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত দু'টি ইনসুলেশনের নাম লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। টু-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের প্রবাহ চিত্র ও P-H ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১২। ক্যাসকেড সিস্টেমের অপটিমাম ইন্টার-স্টেজ তাপমাত্রা নির্ণয়ের পদ্ধতি লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

১৩। ড্রাই আইস ব্যবহারের সুবিধাগুলো লিখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। নিম্ন তাপমাত্রা উৎপাদন ক্ষেত্রে ভেপার কমপ্রেশন পদ্ধতির সীমাবদ্ধতাগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। এক্সপানশন ফিটিং পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। ক্রায়োজেনিক সার্জারের ক্ষেত্রে নিম্ন তাপমাত্রার ব্যবহার পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। প্রসারণ ফিটিং অপেক্ষা Shrink ফিটিং-এর সুবিধা লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ইমারশান ফ্রিজিং পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। রিজিড ফোম ইনসুলেশন পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২০। বায়ুর তরলীকরণের একটি প্রবাহ চিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। ড্রাই আইস উৎপাদন পদ্ধতি চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২২। হাইড্রোজেনের তরলীকরণ সচিত্র বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। ক্যাসকেড ও মাল্টি স্টেজ রেফ্রিজারেশন পদ্ধতির পার্থক্যগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। নিম্ন তাপমাত্রায় ইনসুলেশন প্রদানের একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। 25 টন ক্ষমতা সম্পন্ন একটি টু-স্টেজ ক্যাসকেড রেফ্রিজারেশন পদ্ধতির ইভাপোরেটিং তাপমাত্রা –50°C. R–22 হিমায়ক –50°C তাপমাত্রার কুলিং কয়েলের মাঝ দিয়ে –10°C তাপমাত্রায় ক্যাসকেড কন্ডেন্সারে নির্গত হয়। ক্যাসকেড কন্ডেন্সারটি R – 12 ব্যবহৃত একটি ইউনিট দিয়ে ঠাণ্ডা করা হয় যা – 25°C ইভাপোরেটিং তাপমাত্রা এবং 40°C কন্ডেন্সার তাপমাত্রায় কাজ করছে। প্রদত্ত তথ্যগুলো ব্যবহার করে নির্ণয় কর।

(ক) প্রতি ইউনিট দিয়ে প্রবাহিত হিমায়কের পরিমাণ;

(খ) প্রতি ইউনিটের COP

তথ্যসমূহ ঃ

R – 22 এর ক্ষেত্রে

$H_1 = 223.7$ KJ/kg.

$H_2 = 275$ KJ/kg.

$H_3 = H_4 = 22.2$ KJ/Kg

R – 12 এর ক্ষেত্রে

$H_5 = 174.2$ KJ/kg.

$H_6 = 207$ KJ/kg.

$H_7 = H_8 = 54.9$ KJ/kg.

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর উদাহরণ ৫ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

অষ্টম পর্ব অনিয়মিত পরীক্ষা-২০১০

টেকনোলজি ঃ রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ারকন্ডিশনিং

বিষয় ঃ লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন

(বিষয় কোড ঃ ৩২৮৬)

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ৫০

ক ও খ বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪ (চার)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। ক্রায়োজেনিক বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২। ক্যাসকেড সিস্টেম কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩। সুপার কন্ডাক্টিভিটি কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ড্রাই আইস কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। নিম্ন তাপমাত্রায় ইনসুলেশনের কাজ কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৬। ইনভার্শন কার্ভ কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৭। জুল থমসন কো-ইফিসিয়েন্ট কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৮। ট্রিপল্ পয়েন্ট টেম্পারেচার কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৯। ক্রায়োবায়োলজি কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১০। লো-টেম্পারেচার ব্যবহৃত দু'টি হিমায়কের নাম লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। ধাতুর যে সকল গুণাবলি লো-টেম্পারেচার দিয়ে প্রভাবিত হয়, তা লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১২। মাল্টি-স্টেজ সিস্টেমের সীমাবদ্ধতা কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। জুল থমসন নীতি বর্ণনা কর।

উত্তর সঙ্কেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। সুপার ইনসুলেশনের বর্ণনা দাও।

উত্তর সঙ্কেত অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। ইমার্শন ফ্রিজিং মেথড বর্ণনা কর।

উত্তর সঙ্কেত অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। তরল হাইড্রোজেন ও হিমিয়ামের ব্যবহার লেখ।

উত্তর সঙ্কেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ ও ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। শার্প ফ্রিজিং ও কুইক ফ্রিজিং-এর পার্থক্য লেখ।

উত্তর সঙ্কেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ক্যাস্‌কেড সিস্টেমের সুবিধা ও অসুবিধা কী?

উত্তর সঙ্কেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। ভেপার কম্প্রেশন সাইকেলে লো-টেম্পারেচার আনয়নে অসুবিধা কী কী?

উত্তর সঙ্কেত অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২০। শ্রিংক ফিটিংস-এর সুবিধাবলি লেখ।

উত্তর সঙ্কেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। ক্লাউড সিস্টেমে বায়ুর তরলীকরণ পদ্ধতি সচিত্র বর্ণনা কর।

উত্তর সঙ্কেত অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২২। থ্রি-স্টেজ ক্যাস্‌কেড সিস্টেমের কার্যপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সঙ্কেত অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। নিম্ন তাপমাত্রায় ইনসুলেশন প্রদানের পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সঙ্কেত অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত হিমায়কের প্রধান প্রধান গুণাবলি বর্ণনা কর।

উত্তর সঙ্কেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। বর্তমানে বিশ্বে লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশনের গুরুত্ব বর্ণনা কর।

উত্তর সঙ্কেত অনুশীলনী-১ এর ভূমিকা অংশ দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

অষ্টম পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১০

টেকনোলজি ঃ রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ারকন্ডিশনিং (২০০০ ও ২০০৫ প্রবিধান)

বিষয় ঃ লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন

(বিষয় কোড ঃ ৩২৮৬)

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ [illegible]

ক ও খ বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৪ (চার)টি প্রশ্নের উত্তর দাও

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১ নিম্ন তাপমাত্রার রেফ্রিজারেশন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। ক্যাসকেড সিস্টেম ব্যবহারের দুটি সুবিধা উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩ নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টির জন্য নাইট্রোজেনের একটি ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪ ড্রাই আইস কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৫ বাতাস (Air) তরলীকরণের দুটি পদ্ধতির নাম লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬। মাল্টিস্টেজ কম্প্রেশন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৭। নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত দুটি ইনসুলেশনের নাম লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৮। নিম্ন তাপমাত্রা কয় ডিগ্রী সেলসিয়াস থেকে শুরু হয়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৯। দ্রুত জমাটকরণ (Freezing)-এর সুবিধা কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১০। ইমারশন (Immersion) ফ্রিজিং বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১ মাল্টিস্টেজ ও ক্যাসকেড সিস্টেমের মাঝে চারটি পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১২ নিম্ন তাপমাত্রার সীমাবদ্ধতাগুলো উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। ইন্টারকুলার ব্যবহৃত একটি মাল্টিস্টেজ হিমায়ন চক্র অংকন কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। ড্রাই আইসের চারটি ব্যবহারক্ষেত্র উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। পাঁচটি নিম্ন তাপমাত্রার রেফ্রিজারেশন পদ্ধতির নাম লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। কী কী পদ্ধতিতে কার্বন ডাই-অক্সাইড কঠিন অবস্থায় রূপান্তর করা হয়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। তরল হাইড্রোজেন এবং হিলিয়ামের দুটি করে ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ ও ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। শ্রিংক (Shrink) ফিটিংসের সুবিধা কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। মন্থর (Slow) এবং দ্রুত (Quick) ফ্রিজিং এর মাঝে পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২০। ক্রায়োজেনিক পদ্ধতির বৈজ্ঞানিক প্রয়োগ আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। নিম্ন তাপমাত্রার হিমায়নের প্রয়োজনীয়তা ও ব্যবহার ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২২। দু'ধাপ বিশিষ্ট একটি ক্যাসকেড সিস্টেম অঙ্কন করে এর কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। চিত্রসহ ড্রাই আইস তৈরির পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। বাতাস (Air) তরলীকরণ পদ্ধতি ক্লাইড সাইকেল এবং টি-এস ডায়াগ্রাম অংকন কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। চিত্রসহ হাইড্রোজেন (Hydrogen) তরলীকরণ পদ্ধতির সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

পলিটেকনিকের সকল বই ডাওনলোড করতে
ভিজিটঃ
www.BDeBooks.Com/polytechnic

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

অষ্টম পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১১

টেকনোলজি ঃ রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ারকন্ডিশনিং (২০০০ ও ২০০৫ প্রবিধান)

বিষয় ঃ লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন

(বিষয় কোড ঃ ৩২৮৬)

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ৫০

ক ও খ বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন **৪ (চার)টি** প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। রেফ্রিজারেশন ক্ষেত্রে নিম্ন তাপমাত্রার সীমাবদ্ধতা লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২। ক্রায়োজেনিক বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ট্রিপল পয়েন্ট কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪। সুপার ফ্লুইডিটি বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৫। নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতবের স্ট্রেংথ এর ওপর কী প্রভাব পড়ে।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৬। জুল থমসন কো-ইফিসিয়েন্টের সংজ্ঞা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৭। তরল হাইড্রোজেনের ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৮। কুইক ফ্রিজিং কিভাবে করা হয়।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৯। ইনভারশন কার্ভ কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১০। ক্যাসকেড সিস্টেম কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। নিম্ন তাপমাত্রা উৎপাদনে বাষ্প সংকোচন পদ্ধতির সীমাবদ্ধতা লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১২। একটি টু-স্টেজ ক্যাসকেড রেফ্রিজারেশন পদ্ধতির প্রবাহ চিত্র এবং P-h ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। ড্রাই আইস ব্যবহারের সুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। লিন্ড পদ্ধতিতে বায়ুর তরলীকরণের প্রবাহ চিত্র ও T-S ডায়াগ্রাম আঁক।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। ক্রাইয়ো বায়োলজি ও ক্রাইয়ো সার্জারী ক্ষেত্রে নিম্ন তাপমাত্রার ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। রিজিড ফোম ইনসুলেশন পদ্ধতি লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। সার্প ফ্রিজিং এবং কুইক ফ্রিজিং এর পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ক্যাসকেড সিস্টেমের সুবিধা লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। সিংগল স্টেজ কম্প্রেশন অপেক্ষা মাল্টিস্টেজ কম্প্রেশন সিস্টেমের সুবিধা লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২০। ইমারশন ফ্রিজিং পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। চিত্রসহ হিলিয়াম তরলীকরণ পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২২। ক্যাসকেড ও মাল্টি স্টেজ রেফ্রিজারেশন পদ্ধতির মাঝে পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। সুপার ইনসুলেশন পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। আন্ডার গ্রাউন্ড পাওয়ার প্ল্যান্টের জন্য নিম্ন তাপমাত্রা প্রয়োগের বিষয় ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। 20 টন ক্ষমতা সম্পন্ন একটি টু-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের ইভাপোরেটিং তাপমাত্রা –60°C, R–22 হিমায়ক –60°C তাপমাত্রার কুলিং কয়েলের মাঝ দিয়ে – 20°C তাপমাত্রার ক্যাসকেড কন্ডেন্সারে নির্গত হয়। ক্যাসকেড কন্ডেন্সারটি R–12 চালিত একটি ইউনিট দিয়ে ঠান্ডা করা হয়, যা –25°C ইভাপোরেটিং তাপমাত্রা এবং 40°C কন্ডেন্সার তাপমাত্রার কাজ করছে। R–12 কন্ডেন্সারটি 10°C তাপমাত্রা পর্যন্ত সাবকুল করা হয়, কিন্তু R–22 ইউনিটের কোন সাবকুলিং নাই। প্রদত্ত তথ্যগুলোর ভিত্তিতে নির্ণয় কর।

(ক) প্রতি ইউনিট দিয়ে প্রবাহিত হিমায়কের পরিমাণ।

(খ) প্রতি ইউনিটের COP

তথ্যগুলো R–22-এর ক্ষেত্রে

$H_1 = 223.7$ kj/kg

$H_2 = 275$ kj/kg

$H_3 = H_4 22.2$ kj/kg

R–12-এর ক্ষেত্রে

$H_5 = 174.2$ kj/kg

$H_6 = 207$ kj/kg

$H_7 = H_8 = 54.9$ kj/kg

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর উদাহরণ ৫ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

অষ্টম পর্ব সমাপনী ও অনিয়মিত পরীক্ষা-২০১২

টেকনোলজি ঃ রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ারকন্ডিশনিং (২০০৫ ও ২০০০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন

(বিষয় কোড ঃ ৩২৮৬)

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ৫০

ক ও খ বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন **৪ (চার)টি** প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ১ = ১০)

১। লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন বলতে কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। টু-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেম কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৩। সুপার কন্ডাকটিভিটি কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্র[illegible] ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ড্রাই আইস ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৫। তরল হাইড্রোজেন কোন কোন ক্ষেত্রে ব্যবহার করা যায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৬। কুইক ফ্রিজিং বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৭। নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত দুটি ইনসুলেশনের নাম লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৮। শ্রিংকস ফিটিংস কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৯। এয়ার ব্লাস্ট ফ্রিজার কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১০। নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত হিমায়কগুলোর নাম লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ২ = ২০)

১১। ডেপার কমপ্রেশন সাইকেলে লো টেম্পারেচার আনয়নে কী কী অসুবিধা হয়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১২। গ্যাস তরলীকরণে সার্বজনীনভাবে জুল থমসন প্রভাব ব্যবহারের কারণ কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। ভূ-গর্ভস্থ পাওয়ার প্ল্যান্টে নিম্ন তাপমাত্রার প্রয়োজনীয়তা সংক্ষেপে লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। ইমারশন ফ্রিজিং পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। বায়ু তরলীকরণের একটি প্রবাহ চিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। শার্প ফ্রিজিং ও কুইক ফ্রিজিং এর মাঝে পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। ক্যাসকেড সিস্টেমে দুটি সুবিধা ও দুটি অসুবিধা লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। নিম্ন তাপমাত্রার প্রযুক্তি উদ্ভাবন সম্পর্কে লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর ভূমিকা অংশ দ্রষ্টব্য।

১৯। সুপার ফ্লুইডিটি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২০। লিন্ডে সিস্টেম বিশ্লেষণ কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ৫ = ২০)

২১। চিত্রসহ হাইড্রোজেন তরলীকরণ পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২২। থ্রী-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের কার্যপ্রণালি চিত্র সহকারে বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। ড্রাই আইস তৈরির পদ্ধতি সচিত্র বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। চিত্রসহ ডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। বর্তমান বিশ্বে লো টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশনের গুরুত্ব বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী-১ এর ভূমিকা অংশ দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৬ষ্ঠ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১৩

টেকনোলজি ঃ রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ার-কন্ডিশনিং (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন

(বিষয় কোড ঃ ৭২৬৪)

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ৮০

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোন ৫ (পাঁচ) টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ২ × ১০ = ২০)

১। নিম্ন তাপমাত্রার রেফ্রিজারেশন বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী–১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। সুপার কন্ডাক্টিভিটি কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী–৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ড্রাই আইস কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী–৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ট্রিপল পয়েন্ট কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী–৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫। জুল থমসন কো-ইফিসিয়েন্টের সংজ্ঞা দাও। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী–৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৬। ক্রায়োজেনিক বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী–১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৭। ইমারসন ফ্রিজিং মেথড কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী–৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৮। মাল্টি-স্টেজ সিস্টেম কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী–২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৯। দ্রুত জমাটকরণ (Freezing) এর সুবিধা কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী–৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১০। নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত হিমায়কগুলোর নাম লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৩ × ১০ = ৩০)

১১। একটি টু-স্টেজ ক্যাসকেড রেফ্রিজারেশন পদ্ধতির প্রবাহ চিত্র অঙ্কন কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী–২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১২। ভেপার কম্প্রেশন সাইকেলে লো-টেম্পারেচার আনয়নে কী কী অসুবিধা হয়?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী–১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। ড্রাই আইস ব্যবহারের সুবিধাগুলো লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী–৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। ক্যাসকেড সিস্টেম এবং মাল্টি-স্টেজ সিস্টেমের মাঝে পার্থক্য লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী–২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। লিন্ড পদ্ধতিতে বায়ুর তরলীকরণের প্রবাহ চিত্র ও T-S ডায়াগ্রাম আঁক।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। ভূগর্ভস্থ পাওয়ার প্ল্যান্টে নিম্ন তাপমাত্রার প্রয়োজনীয়তা সংক্ষেপে লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। তরল হাইড্রোজেন ও হিলিয়ামের দুটি করে ব্যবহার লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ ও ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ক্যাসকেড সিস্টেমে দুটি সুবিধা ও দুটি অসুবিধা লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। শার্প ফ্রিজিং ও কুইক ফ্রিজিং এর মাঝে পার্থক্য লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী–৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২০। নিম্ন তাপমাত্রা প্রয়োগক্ষেত্রে ব্যবহৃত চারটি ইন্সুলেটরের নাম লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৬ × ৫ = ৩০)

২১। চিত্রসহ হিলিয়াম তরলীকরণ পদ্ধতি বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২২। ড্রাই আইস তৈরির পদ্ধতি সচিত্র বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। ইন্টারকুলিং ও সাব-কুলিংসহ একটি কম্পাউন্ড কম্প্রেশন সিস্টেমের বর্ণনা দাও।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। হাইড্রোজেনের তরলীকরণ পদ্ধতি বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। থ্রী-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের কার্যপ্রণালি চিত্র সহকারে বর্ণনা কর।
উত্তর সংকেত : অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। 20 টন ক্ষমতাসম্পন্ন একটি টু-স্টেজ ক্যাসকেড রেফ্রিজারেশন পদ্ধতির ইভাপোরেটিং তাপমাত্রা– 50°C। R-22 হিমায়ক 50°C তাপমাত্রার কুলিং কয়েলের মাঝ দিয়ে– 10°C তাপমাত্রায় ক্যাসকেড কন্ডেন্সারে নির্গত হয়। ক্যাসকেড কন্ডেন্সারটি R-12 ব্যবহৃত একটি ইউনিট দিয়ে ঠাণ্ডা করা হয়, যা 25°C ইভাপোরেটিং তাপমাত্রা এবং 40°C কন্ডেন্সার তাপমাত্রায় কাজ করছে। R-12 কন্ডেন্সারটি 5°C তাপমাত্রা পর্যন্ত সাব-কুল করা হয়, কিন্তু R-22 ব্যবহৃত ইউনিটের কোনো সাব-কুলিং নাই। প্রদত্ত তথ্যগুলো ব্যবহার করে নির্ণয় কর :
(ক) প্রতি ইউনিট দিয়ে প্রবাহিত হিমায়কের পরিমাণ; (খ) প্রতি ইউনিটের COP।

তথ্যগুলো :

R-22 এর ক্ষেত্রে $H_1 = 810$ kj/kg
$H_2 = 644$ kj/kg
$H_3 = H_4 = 410$kj/kg

R-12 এর ক্ষেত্রে $H_5 = 561$ kj/kg
$H_6 = 596$ kj/kg
$H_7 = H_8 = 435$ kj/kg

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী-২ এর উদাহরণ-৫ নং অনুরূপ।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৬ষ্ঠ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১৪ পরিক্ষার তারিখ : ১৬/৭/২০১৪

টেকনোলজি : রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ার-কন্ডিশনিং (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় : লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন

(বিষয় কোড : ৭২৬৪)

সময় : ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান : ৮০

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোন **৫ (পাঁচ)** টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ২ × ১০ = ২০)

১। নিম্ন তাপমাত্রা বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। ক্রিটিক্যাল পয়েন্ট কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ফ্লাশ চেম্বারের কাজ কী? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ড্রাই আইসের ব্যবহার লেখ। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৫। জুল থমসন কো-ইফিসিয়েন্ট কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৬। সুপার ফ্লুইডিটি? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৭। সুপার ইন্সুলেশন কী কী উপাদানে গঠিত হয়? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৮। ইমারশন ফ্রিজিং কী? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৯। প্রডাক্ট চিলিং কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১০। কার্বন ডাই-অক্সাইডের উর্ধ্বপাতন তাপমাত্রা কত? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ৩ × ১০ = ৩০)

১১। টু-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের ফ্লো-ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১২। COP-এর মান কীভাবে বাড়ানো যায়? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। নিম্ন তাপমাত্রার হিমায়ন পদ্ধতির ব্যবহার লেখ। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। হিলিয়ামের প্রয়োগ ক্ষেত্রগুলো লেখ। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। ড্রাই আইস ব্যবহারের সুবিধা লেখ। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। স্লো এবং কুইক ফ্রিজিং-এর মাঝে পার্থক্য লেখ। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। হাই ভ্যাকুয়াম রিফ্লেকটিভ ইন্সুলেশনের বর্ণনা দাও। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। সুপার কন্ডাক্টিভিটি বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। লীড সিস্টেমের ফ্লো ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর। *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২০। এয়ার ব্লাস্ট ফ্রিজিং বর্ণনা কর। *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৫ × ৫ = ৩০)

২১। নিম্ন তাপমাত্রায় সুপার ইন্সুলেশন পদ্ধতি বর্ণনা কর। *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২২। চিত্রসহ হাইড্রোজেন তরলীকরণ পদ্ধতি বর্ণনা কর। *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। মহাশূন্য গবেষণায় ও কম্পিউটার শিল্পে নিম্ন তাপমাত্রার ব্যবহার বর্ণনা কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। টু-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেম চিত্রসহ বর্ণনা কর। *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। বাষ্প সংকোচন পদ্ধতির নিম্ন তাপমাত্রা আনয়নের অসুবিধা কী কী?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। ড্রাই আইস তৈরির পদ্ধতি বর্ণনা কর। *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৬ষ্ঠ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১৪ **পরিক্ষার তারিখ ঃ ৭/১/২০১৫**

টেকনোলজি ঃ রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ার-কন্ডিশনিং (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন

(বিষয় কোড ঃ ৭২৬৪)

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ৮০

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোন **৫ (পাঁচ)**টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ২ × ১০ = ২০)

১। ক্রায়োজেনিক বলতে কী বোঝায়? *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২। ইন্টারকুলার কেন ব্যবহৃত হয়? *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। বাতাস তরলীকরণের দুটি পদ্ধতির নাম উল্লেখ কর। *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ড্রাই আইস ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা কী? *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৫। সুপারফ্লুয়িডিটি কী? *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬। প্রডাক্ট চিলিং বলতে কী বোঝায়? *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৭। তরল হাইড্রোজেনের ব্যবহার লেখ। *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৮। সুপারইন্সুলেশন বলতে কী বোঝায়? *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৯। দ্রুত জমাটকরণের সুবিধা কী? *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১০। নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত হিমায়কগুলোর নাম লেখ। *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৩ × ১০ = ৩০)

১১। ক্যাসকেড ও মাল্টি স্টেজ রিফ্রিজারেশন সিস্টেমের মাঝে পার্থক্য লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১২। ওয়াটার ইন্টারকুলার এবং লিকুইড সাবকুলারের কাজ কী? *উত্তর সংকেত ঃ* সিলেবাস বহির্ভূত।

১৩। ট্রিপল পয়েন্ট বলতে কী বোঝায়? পানির ট্রিপল পয়েন্ট তাপমাত্রা কত?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। কার্বন ডাই-অক্সাইড হতে বরফ তৈরির সুবিধা ও অসুবিধা লেখ। *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। জুল থমসন কো-ইফিসিয়েন্ট বর্ণনা কর। *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। লিন্ড পদ্ধতিতে বায়ু তরলীকরণের প্রবাহ চিত্র অঙ্কন কর। *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। শার্প ফ্রিজিং ও কুইক ফ্রিজিং-এর মাঝে পার্থক্য লেখ। *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ভূগর্ভস্থ পাওয়ার সাপ্লাই লাইনে নিম্ন তাপমাত্রার প্রয়োজনীয়তা সংক্ষেপে লেখ
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। ইমারশন ফ্রিজিং পদ্ধতির চিত্র অঙ্কন কর। *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

২০। ভেপার কম্প্রেশন সাইকেলে লো টেম্পারেচার আনয়নে অসুবিধা কী কী?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৬ × ৫ = ৩০)

২১। ট্রী-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের কার্যপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর। *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২২। চিত্রসহ ড্রাই আইস তৈরির পদ্ধতি বর্ণনা কর। *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। চিত্রসহ ডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং পদ্ধতি বর্ণনা কর। *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। চিত্রসহ হাইড্রোজেন তরলীকরণ পদ্ধতির সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও। *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। ক্লাউড সিস্টেম বাতাস তরলীকরণ পদ্ধতি সচিত্র বর্ণনা কর। *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। 20 KW ক্ষমতাসম্পন্ন একটি টু-স্টেজ ক্যাসকেড রিফ্রিজারেশন পদ্ধতির ইভাপোরেটিভ তাপমাত্রা -60°C এবং কন্ডেন্সিং তাপমাত্রা 25°C – 60°C তাপমাত্রার কুলিং কয়েলের মাঝ দিয়ে R-22 হিমায়ক -20°C তাপমাত্রার একটি ক্যাসকেডে কন্ডেন্সারে নির্গত হয়। ক্যাসকেড কন্ডেন্সারটি R-12 ব্যবহৃত একটি ইউনিট দিয়ে ঠাণ্ডা করা হয়, যা -30°C ইভাপোরেটিভ তাপমাত্রা এবং 25°C কন্ডেন্সার তাপমাত্রায় কাজ করছে। R-12 কন্ডেন্সার হতে নির্গত হিমায়ক 200°C তাপমাত্রা পর্যন্ত সারকুল করা হয়, কিন্তু R-22 হিমায়কের কোনো সাবকুলিং নেই। প্রদত্ত তথ্যগুলো ব্যবহার করে **নির্ণয় কর ঃ**
(ক) প্রতি ইউনিট দিয়ে প্রবাহিত হিমায়কের পরিমাণ; (খ) প্রতি ইউনিটের COP।
তথ্যগুলো ঃ

R-22 এর ক্ষেত্রে $H_1 = 233.7$ kj/kg
$H_2 = 275$ kj/kg
$H_3 = H_4 = 22.2$kj/kg
R-12 এর ক্ষেত্রে $H_5 = 174.2$ kj/kg
$H_6 = 207$ kj/kg
$H_7 = H_8 = 54.9$ kj/kg

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর উদাহরণ ৪ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৬ষ্ঠ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১৫ **[পরীক্ষার তারিখ ঃ ৫/৮/২০১৫]**

টেকনোলজি ঃ রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ারকন্ডিশনিং (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন

(বিষয় কোড ঃ ৭২৬৪)

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান ঃ ৮০

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোন **৫ (পাঁচ)**টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ২ × ১০ = ২০)

১। সুপার ফ্লুইডিটি কী? *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২। ইনডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং কাকে বলে? *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ভুল থনসন কো-ইফিসিয়েন্ট কাকে বলে? *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ক্রায়োজেনিক কী? *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৫। ক্রিটিক্যাল পয়েন্ট কাকে বলে? *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৬। ক্যাসকেড সিস্টেমে ব্যবহৃত হিমায়কের নাম লেখ। *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৭। কার্বন ডাই-অক্সাইডের সুপ্ত তাপ কত? *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৮। এক্সপানশন ও শ্রিংক ফিটিং কাকে বলে? *উত্তর সংকেত ঃ* অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৯। সুপার ইন্সুলেশন বলতে কী বোঝায়? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১০ প্রডাক্ট চিলিং কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ৩ × ১০ = ৩০)

১১ তরল কার্বন ডাই-অক্সাইডকে কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করার পদ্ধতিগুলো কী কী?
উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১২। ক্যাসকেড ও মাল্টিস্টেজ রেফ্রিজারেশন সিস্টেমের মাঝে পার্থক্য লেখ। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। ক্লাউড সিস্টেম কী? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। থ্রি স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের প্রবাহচিত্র অঙ্কন কর। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। নিম্ন তাপমাত্রার ব্যবহার লেখ। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। হাইড্রোজেন কোন কোন ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়, তা লেখ। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। নিম্ন তাপমাত্রার ইন্সুলেশন ব্যবহারে অসুবিধাগুলো লেখ। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। এয়ার ব্লাস্ট ফ্রিজিং বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। স্লো ও কুইক ফ্রিজিং-এর মাঝে পার্থক্য লেখ। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২০। এক্সপানশন ফিটিং পদ্ধতি বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান : ৬ × ৫ = ৩০)

২১। বায়ু ত[illegible] সিস্টেম চিত্রসহ বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২২। ড্রাই আইস তৈ[illegible]দ্ধতি বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। চিত্রসহ ডাইরেক্ট কন্টাক্ট ফ্রিজিং পদ্ধতি বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। নিম্ন তাপমাত্রায় ধাতব পদার্থের যে-সব বৈশিষ্ট্যের প্রভাব পড়ে, তা বর্ণনা দাও।
উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। চিত্রসহ হিলিয়াম তরলীকরণ পদ্ধতি বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। বর্তমান বিশ্বে লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশনের গুরুত্ব বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত :*** অধ্যায় ১ এর ভূমিকা অংশ দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৬ষ্ঠ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১৫ [পরীক্ষার তারিখ : ১৪/১/২০১৬]

টেকনোলজি : রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ারকন্ডিশনিং (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় : লো টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন

(বিষয় কোড : ৭২৬৪)

সময় : ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান : ৮০

ক ও খ-বিভাগের **সকল** প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৫ (পাঁচ)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ২ × ১০ = ২০)

১। রেফ্রিজারেশন ক্ষেত্রে নিম্ন তাপমাত্রার সীমাবদ্ধতা লেখ। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২। ক্যাসকেড সিস্টেম ব্যবহারের দুটি সুবিধা উল্লেখ কর। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ড্রাই আইস কী? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৪। নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টির জন্য নাইট্রোজেনের দুটি ব্যবহার লেখ। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫। বাতাস (Air) তরলীকরণের দুটি পদ্ধতির নাম লেখ। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬। নিম্ন তাপমাত্রার ইনসুলেশনের কাজ কী? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৭। ইনভার্শন কার্ভ কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৮। দ্রুত জমাটকরণ (Freezing)-এর সুবিধা কী? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৯। ক্রায়োজেনিক কী? ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১০। লো টেম্পারেচার ব্যবহৃত দুটি হিমায়কের নাম লেখ। ***উত্তর সংকেত :*** অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৩ × ১০ = ৩০)

১১। ধাতুর যেসব গুণাবলি লো টেম্পারেচার দিয়ে প্রভাবিত হয়, তা লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১২। মাল্টিস্টেজ সিস্টেমের সীমাবদ্ধতা লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। জুল থমসন নীতি সংক্ষেপে লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। সুপারইনসুলেশনের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। ইমালশন ফ্রিজিং মেথড সংক্ষেপে লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। পাঁচটি নিম্ন তাপমাত্রার রেফ্রিজারেশন পদ্ধতির নাম লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। তরল হাইড্রোজেন ও হিলিয়ামের দুটি করে ব্যবহার লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ ও ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। নিম্ন তাপমাত্রার প্রযুক্তি উদ্ভাবন সম্পর্কে লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ১.০ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৯। সুপারফ্লুইডিটির সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২০। লিন্ডে সিস্টেম বিশ্লেষণ কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৬ × ৫ = ৩০)

২১। নিম্ন তাপমাত্রার হিমায়নের প্রয়োজনীয়তা ও ব্যবহার ব্যাখ্যা কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২২। থ্রি-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের কার্যপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। নিম্ন তাপমাত্রায় ইনসুলেশন প্রদানের পদ্ধতি বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। বাতাস (Air) তরলীকরণ পদ্ধতি ক্লাউড সাইকেল এবং টি-এস (T-S) ডায়াগ্রামসহ ব্যাখ্যা কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। চিত্রসহ হাইড্রোজেন (Hydrogen) তরলীকরণ পদ্ধতির বর্ণনা দাও।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। চিত্রসহ ড্রাই আইস তৈরির পদ্ধতি বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৬ষ্ঠ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১৬ **[পরীক্ষার তারিখ-১৭/৭/২০১৬]**

টেকনোলজি ঃ রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ারকন্ডিশনিং (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ লো টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন

[বিষয় কোড ঃ ৭২৬৪]

[সময় ঃ ৩ ঘণ্টা] [পূর্ণমান ঃ ৮০]

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগ হতে যে-কোন ৫(পাঁচ)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান ঃ ২ × ১০ = ২০)

১। লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। ট্রিপল পয়েন্ট (Tripple point) বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ক্রায়োজেনিক (Cryogenics) রেফ্রিজারেশন কী? ***উত্তর ঃ*** যখন কোনো রেফ্রিজারেশন পদ্ধতি নিম্ন তাপমাত্রা অর্থাৎ– 150°C তাপমাত্রার নিচে থাকে তখন উক্ত হিমায়ন পদ্ধতিকে ক্রায়োজেনিক বা নিম্ন তাপমাত্রার রেফ্রিজারেশন বলে।

৪। মাল্টিস্টেজ কম্প্রেশন সিস্টেমের ২টি সুবিধা লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৫ কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) তরলীকরণ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের উপর 60 kg থেকে 70 kg/cm^2 চাপ প্রয়োগ করে তা থেকে তাপ সরিয়ে নিয়ে তাকে তরলে পরিণত করার পদ্ধতিতে কার্বন ডাই-অক্সাইড তরলীকরণ বলে।

৬। লো-টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন পদ্ধতিতে ব্যবহৃত ২টি ইনসুলেশনের নাম লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৭। কুইক ফ্রিজিং বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৮। নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত হিমায়কগুলোর নাম লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৯। সুপার ইনসুলেশন কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১০। কন্টাক্ট ফ্রিজিং বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৩ × ১০ = ৩০)

১১। লিন্ড সিস্টেমে বায়ু তরলীকরণের প্রবাহচিত্র অংকন কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১২। মাল্টিস্টেজ সিস্টেম ও ক্যাসকেড সিস্টেমের মাঝে পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতপ্রণালি সংক্ষেপে লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৪ নাইট্রোজেন তরলীকরণ পদ্ধতিটি সংক্ষেপে লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুচ্ছেদ ৪.৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৫ ভেপার কম্প্রেশন চক্রে নিম্ন তাপমাত্রা আনয়নে প্রতিবন্ধকতাগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৬ স্লো ফ্রিজিং ও কুইক ফ্রিজিং এর মাঝে ২টি করে পার্থক্য লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। নিম্ন তাপমাত্রায় হিমায়ন পদ্ধতির ৪টি ব্যবহার লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। তরল নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন এবং হিলিয়ামের ১টি করে ব্যবহার লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুচ্ছেদ ৪.৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৯ এক্সপানশন ও শ্রিংক ফিটিংস ব্যবহারের সুবিধা লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২০ একটি ক্যাসকেড রেফ্রিজারেশন পদ্ধতির প্রবাহচিত্র অংকন কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৬ × ৫ = ৩০)

২১ চিত্রসহ ড্রাই আইস প্রস্তুতপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২২ হাইড্রোজেন তরলীকরণ পদ্ধতি চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৩ থ্রী-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের কার্যপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ২ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৪ ইমারশন ফ্রিজিং পদ্ধতি চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৫ হাই-ভ্যাকুয়াম রিফ্লেক্টিভ ইনসুলেশন পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। ভূগর্ভস্থ পাওয়ার প্লান্টে নিম্ন তাপমাত্রার প্রয়োজনীয়তা অত্যাবশ্যক কেন, ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৬ষ্ঠ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১৬ [পরীক্ষার তারিখ ঃ ০৪/০১/২০১৭]

টেকনোলজি ঃ রেফ্রিজারেশন অ্যান্ড এয়ারকন্ডিশনিং (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ লো টেম্পারেচার রেফ্রিজারেশন

(বিষয় কোড ঃ ৭২৬৪)

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা **পূর্ণমান ঃ ৮০**

[ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগ হতে যে-কোনো ৫(পাঁচ)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।]

ক-বিভাগ (মান ঃ ২ × ১০ = ২০)

১। ক্রায়োজেনিক বলতে কী বুঝায়? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২। নিম্ন তাপমাত্রা কয় ডিগ্রি সেলসিয়াস থেকে শুরু হয়?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ফ্লাশ চেম্বারের কাজ কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ক্রিটিক্যাল পয়েন্ট কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫। কার্বন ডাইঅক্সাইডের ঊর্ধ্বপাতন তাপমাত্রা কত? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৬। পানির ট্রিপল পয়েন্ট তাপমাত্রা কত? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৭। ইনভার্শন কার্ভ কাকে বলে? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৮। ড্রাই আইস কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৯। নিম্ন তাপমাত্রায় ব্যবহৃত হিমায়কগুলোর নাম লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

১০। ইমারশন ফ্রিজিং কী? ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৩ × ১০ = ৩০)

১১। ক্যাসকেড ও মাল্টিস্টেজ রেফ্রিজারেশন সিস্টেমের মাঝে পার্থক্য লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১২। সুপার ফ্লুয়িডিটি বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। ইন্টারকুলার ব্যবহৃত মাল্টিস্টেজ হিমায়ন চক্র ও P-h ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। কার্বন ডাইঅক্সাইড হতে বরফ তৈরির সুবিধা ও অসুবিধা লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। জুল থমসম কো-ইফিসিয়েন্ট কী, ব্যাখ্যা দাও। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। রিজিড ফোম ইনসুলেশন পদ্ধতি লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। স্লো ও কুইক ফ্রিজিং-এর মাঝে পার্থক্য লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ড্রাই আইসের অসুবিধাগুলো লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** ৩.২ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

১৯। লিন্ড সিস্টেমের ফ্লো-ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২০। নিম্ন তাপমাত্রায় হিমায়ন পদ্ধতির ব্যবহার লেখ। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ৬ × ৫ = ৩০)

২১। থ্রি-স্টেজ ক্যাসকেড সিস্টেমের কার্যপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

২২। চিত্রসহ ড্রাই আইস তৈরির পদ্ধতি বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। চিত্রসহ হাইড্রোজেন তরলীকরণ পদ্ধতির বর্ণনা দাও। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। ইন্টারকুলিং ও সাব-কুলিংসহ একটি কম্পাউন্ড কম্প্রেশন সিস্টেমের বর্ণনা দাও।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। চিত্রসহ কম্পাউন্ড কম্প্রেশন সিস্টেম বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। জুল থমসন নীতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর। ***উত্তর সংকেত ঃ*** অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

BDeBooks.com

E-BOOK

www.BDeBooks.com
FB.com/BDeBooksCom
BDeBooks.Com@gmail.com