

**Indian National Chemistry Olympiad 2024**  
**Theory (3 hours)**

Total 96 marks

Time- 3 hours

Question No	1	2	3	4	5	Total
Marks	15	23	23	21	14	96
Marks Obtained						
Signature of Examiner						

Date: February 03, 2024

Do not write anything above this line

**छात्रों के लिए निर्देश**

अनुक्रमांक -     -     -

परीक्षा केंद्र \_\_\_\_\_

- अपना अनुक्रमांक ऊपर दिये हुए बक्सों में लिखें।
- जांच लें की इस प्रश्नपत्र में **25** मुद्रित पत्रे (आवर्त सारणी को गिनकर) हैं। यदि नहीं हैं तो निरीक्षक को तुरंत सूचित करें।
- निर्दिष्ट आयताकार फ्रेम के बाहर अपने उत्तर का कोई भी हिस्सा न लिखें। फ्रेम के बाहर लिखित किसी भी काम का मूल्यांकन नहीं किया जाएगा।
- इस पुस्तिका में केवल काले या नीले रंग की स्याही के पेन का (उत्तर लिखने के लिए) उपयोग करें। पेंसिल से लिखे हुए उत्तरों का मूल्यांकन नहीं होगा।
- गणनाओं में मुख्य पदों को और इस्तेमाल किये गये सरलीकरण/अवधारणाओं को उपयुक्त उत्तरों में लिखना आवश्यक है।
- बहुविकल्पीय प्रश्नों के लिए सही डिब्बे में **X** चिन्ह बनाएँ।
- किसी भी प्रश्न के लिए अतिरिक्त जगह की आवश्यकता हो तो पृष्ठ **22** का उपयोग करें।
- पृष्ठ **23** और **24** रफ कार्य के लिए इस्तेमाल कर सकते हैं।
- आवर्त सारणी की प्रति अंत में दी गई है।
- परीक्षा कक्ष को तभी छोड़ें जब निर्देश दिये जाएँ।
- उत्तरपत्रिका निरीक्षक को लौटाई जानी चाहिए।

छात्र के हस्ताक्षर \_\_\_\_\_

निरीक्षक के हस्ताक्षर \_\_\_\_\_

**Useful Constants and Formulae**

अवोगाद्रो स्थिरांक  $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

वायु दाब  $1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$

सार्वत्रिक गैस नियतांक  $R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$   
 $= 0.08205 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

पानी का घनत्व  $= 1000 \text{ kg m}^{-3}$

$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$

$\text{pK}_a = -\log K_a$

$e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots, -\infty < x < \infty$

$\frac{dx^a}{dx} = ax^{a-1}$

$\frac{de^{ax}}{dx} = ae^{ax}$

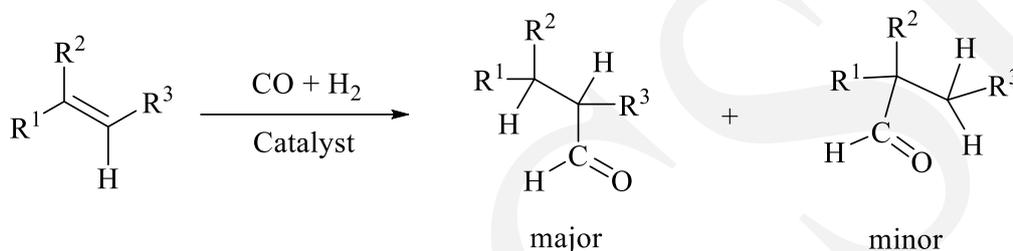
$\frac{df(y)}{dx} = \frac{df(y)}{dy} \times \frac{dy}{dx}$

आदर्श गैस के लिए रुद्धोष्म प्रक्रिया में,  $TV^{\gamma-1} = \text{स्थिरांक}$ ;  $PV^{\gamma} = \text{स्थिरांक}$

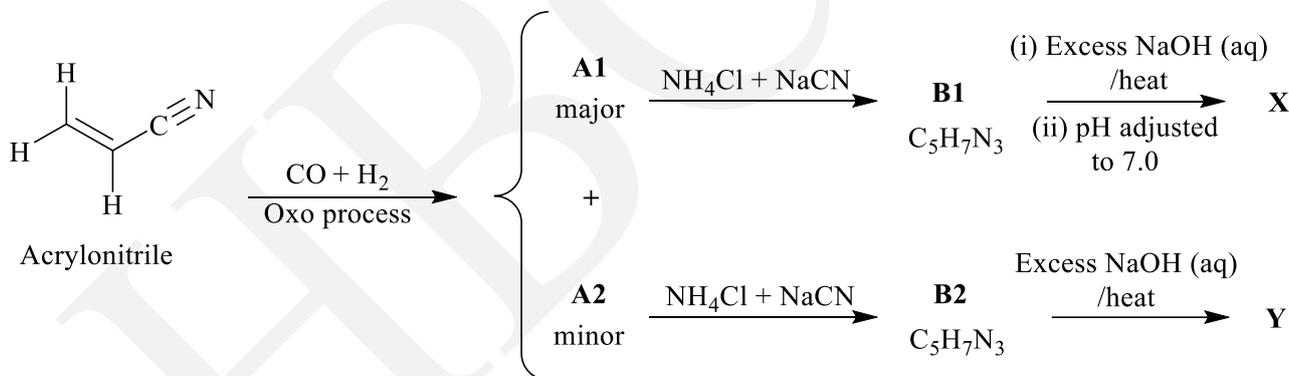
**Problem 1**
**15 marks**
**पाँचवाँ स्वाद**

1908 में एक जापानी रसायन विज्ञान के प्रोफेसर किकुने इकेदा, मशरूम और कोम्बू समुद्री शैवाल के विशिष्ट लेकिन अवर्णनीय स्वाद से अचंबित थे। उन्होंने इन स्रोतों से एक सफेद पदार्थ **X** अलग किया और साबित किया कि यौगिक **X** मशरूम और कोम्बू समुद्री शैवाल के अद्वितीय स्वाद का कारण था। यह एक स्वाद है, जो मीठा, खट्टा, कड़वा और नमकीन से अलग है। उन्होंने इसे उमामी नाम दिया, जिसे अब पाँचवें स्वाद के रूप में पहचाना जाता है।

यौगिक **X**, आण्विक द्रव्यमान  $169.11 \text{ g mol}^{-1}$ , पानी में घुलनशील (घुलनशीलता  $740 \text{ g L}^{-1}$ ) एक गंधहीन, क्रिस्टलीय यौगिक है और इथेनॉल या ईथर में व्यावहारिक रूप से अघुलनशील है। यह  $232 \text{ }^\circ\text{C}$  पर पिघलता है और इसका विशिष्ट घूर्णन  $[\alpha]_D = +24^\circ$  होता है। **X** को एक्रिलोनाईट्राइल से ऑक्सो प्रक्रिया का उपयोग करके संश्लेषित किया जा सकता है, जो एल्कीन्स की हाइड्रोफॉर्मिलेशन के लिए एक औद्योगिक प्रक्रिया है। यह प्रक्रिया एक फॉर्मिल समूह ( $-\text{CHO}$ ) और एक हाइड्रोजन परमाणु ( $-\text{H}$ ) को कार्बन-कार्बन द्विआबंध पर जोड़ती है, जैसा कि दिखाया गया है।



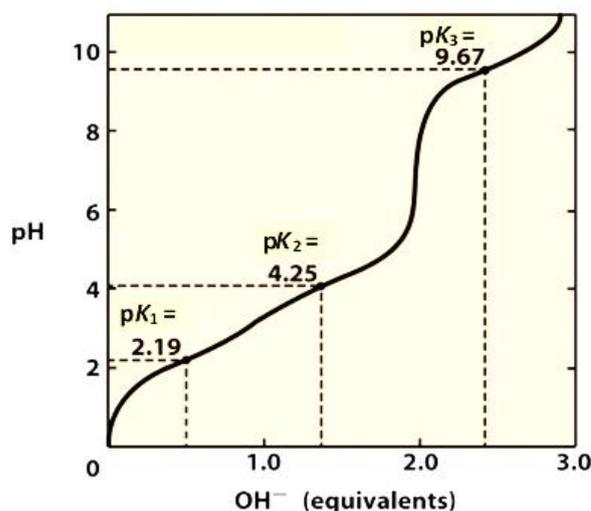
यौगिक **X** के संश्लेषण के लिए आमतौर पर इस्तेमाल की जाने वाली योजना की रूपरेखा यहाँ दी है।



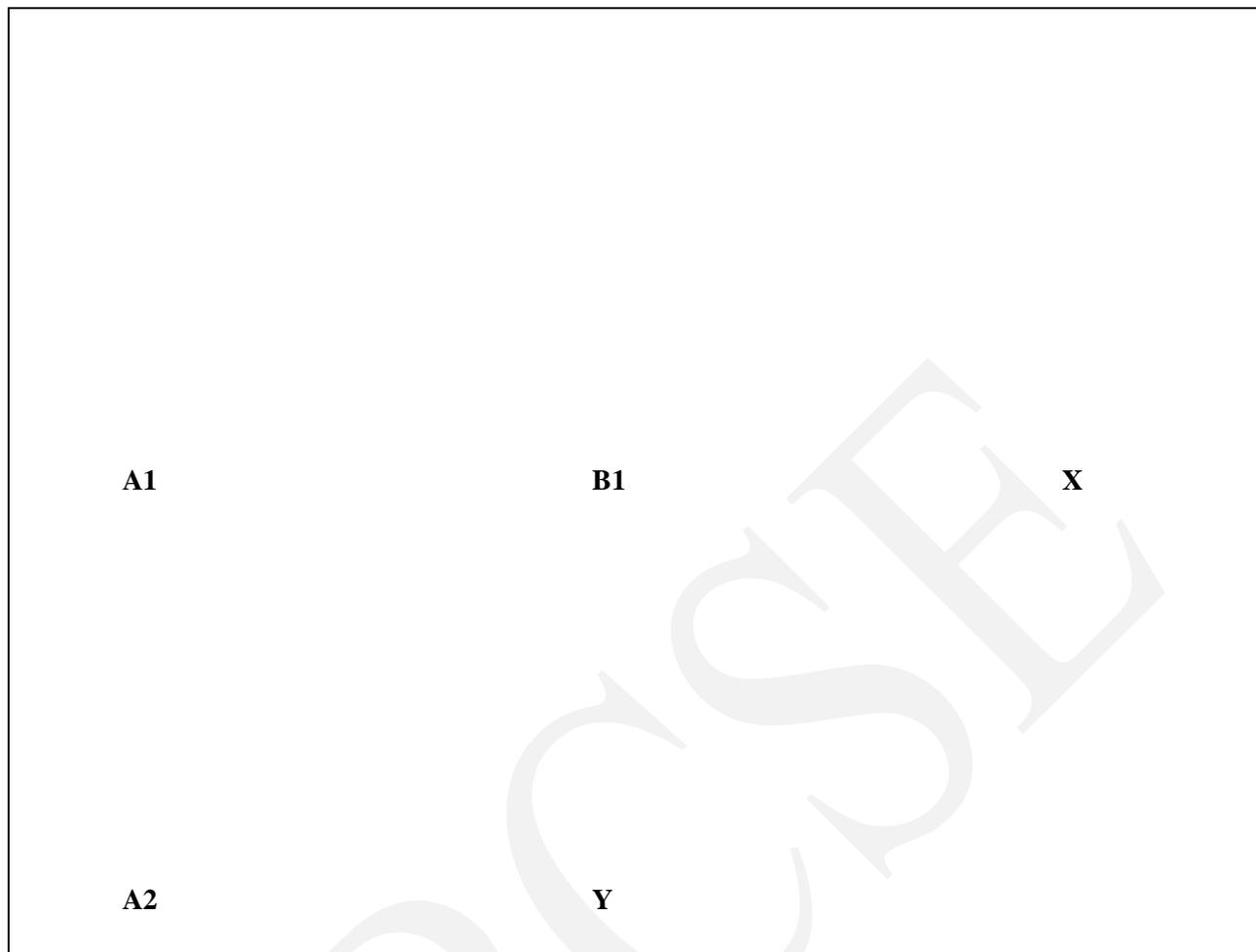
**B1** की  $\text{NaOH (aq)}$  की अधिकता में अभिक्रिया के बाद, pH को 7 तक समायोजित करने पर **X** प्राप्त होता है।

**X** को अधिक  $\text{HCl (aq)}$  में मिलाने पर **Z** प्राप्त होता है।

शुद्ध **Z** के विलयन को  $\text{NaOH (aq)}$  के साथ अनुमापित करने पर  $\text{NaOH (aq)}$  की मात्रा के साथ pH में बदलाव को आरेख के रूप में दर्शाया गया है।



1.1 **A1, A2, B1, X** और **Y** की संरचनाओं को बनाएँ।



उपरोक्त संश्लेषण द्वारा प्राप्त **X** एक रेसिमिक मिश्रण होता है। उमामी स्वाद L-प्रतिबिंब रूप के कारण है, जबकि D-रूप बेस्वाद होता है।

1.2 **X** के D- प्रतिबिंब रूप की फिशर प्रोजेक्शन संरचना बनाएँ।



1.3 **A2** का IUPAC नाम लिखिए।



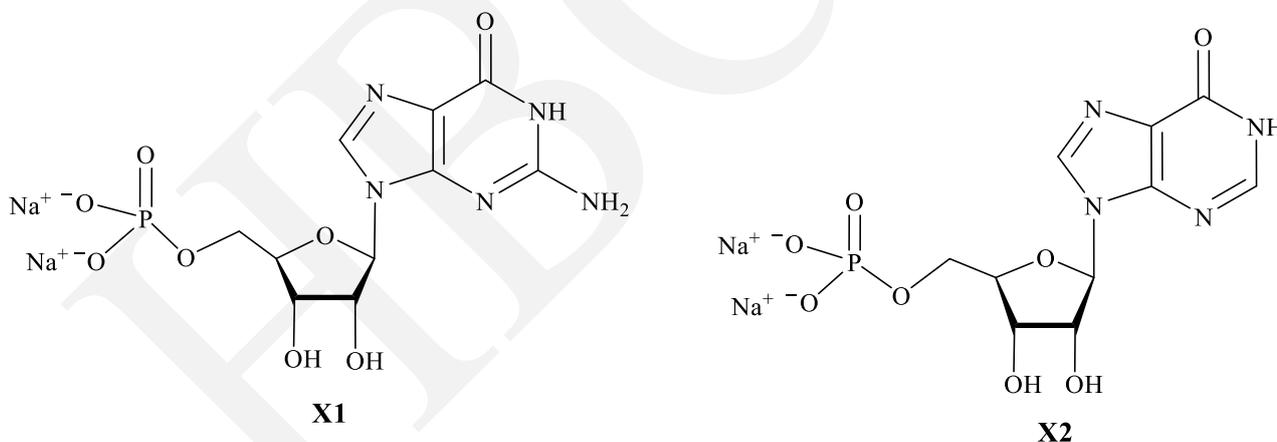
1.4 निम्न pH वाले विलयनों में मौजूद **X** की प्रमुख संरचना को बनाएँ: (i) pH = 3.2 और (ii) pH = 0.5

pH 3.2	pH 0.5
--------	--------

1.5 जब ठोस **X** को गर्म किया जाता है, तो यौगिक **M** मिलता है जिसका आण्विक द्रव्यमान **X** से  $18 \text{ g mol}^{-1}$  कम है। पानी में **M** का विलयन हल्का क्षारीय होता है और इस विलयन को गर्म करने से **X** नहीं मिलता है। **M** की संरचना बनाएँ।

M

1950 के दशक में, निम्नलिखित दो यौगिक (**X1** और **X2**) भी भोजन को उमामी स्वाद देने वाले पाए गए।



1.6 **X1** और **X2** किस/किन यौगिक वर्ग/वर्गों के हिस्से हैं? (सही विकल्प/विकल्पों की पहचान करें और **X** चिन्ह लगाएँ)

न्यूक्लियोटाइड

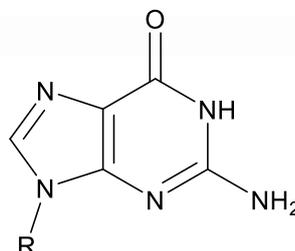
पेपटाइड

न्यूक्लियोसाइड

ग्लाइकोसाइड

फोस्फोलिपिड

**X1** में मौजूद हेट्रोसाइक्लिक भाग है।



1.7 **X1** के हेट्रोसाइकिल भाग के लिए कोई एक टॉटोमेरिक संरचना बनाएँ।



कीटोन्स, अम्ल की उपस्थिति में एल्कोहल के साथ अभिक्रिया करके कीटल बनाते हैं। जब **X1** को निर्जल अम्ल की उपस्थिति में सममोलर मात्रा में एसीटोन के साथ गर्म किया जाता है, तो **R** प्राप्त होता है।

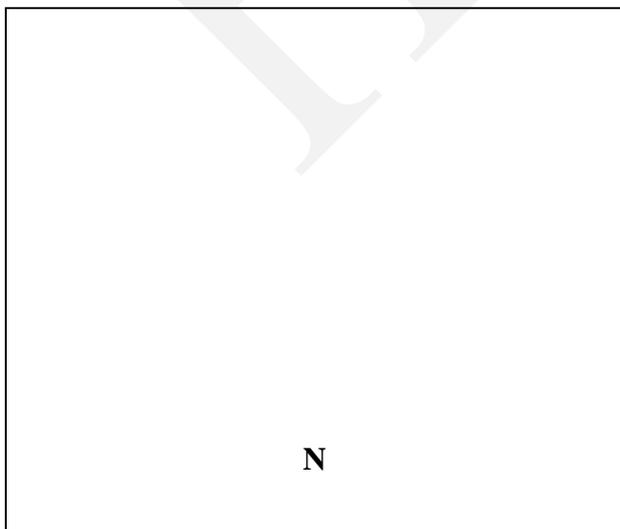
1.8 **R** की संरचना बनाइए।



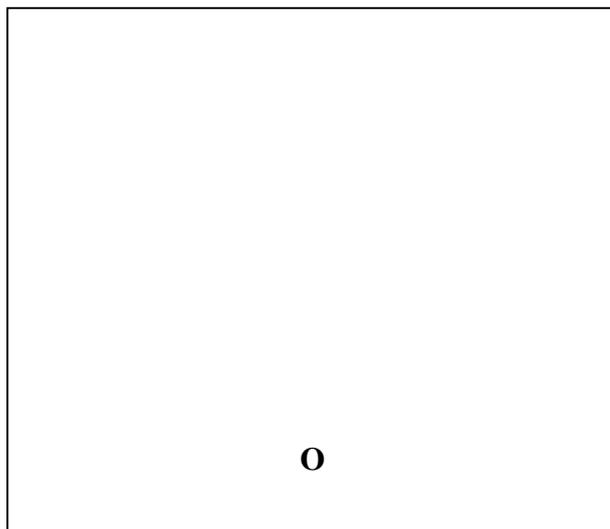
**R**

अम्लीय परिस्थितियों में **X1** का चरणों में जल अपघटन होता है। एक भोजन के व्यंजन में **X1** को जब (pH = 4) वाले सिरके में मिलाया गया, तो इसने अपना स्वाद पहले चरण की जल अपघटन प्रक्रिया की वजह से खो दिया और दो प्रजातियाँ **N** और **O** बनीं।

1.9 **N** और **O** की संरचनाएँ बनाइए।



**N**



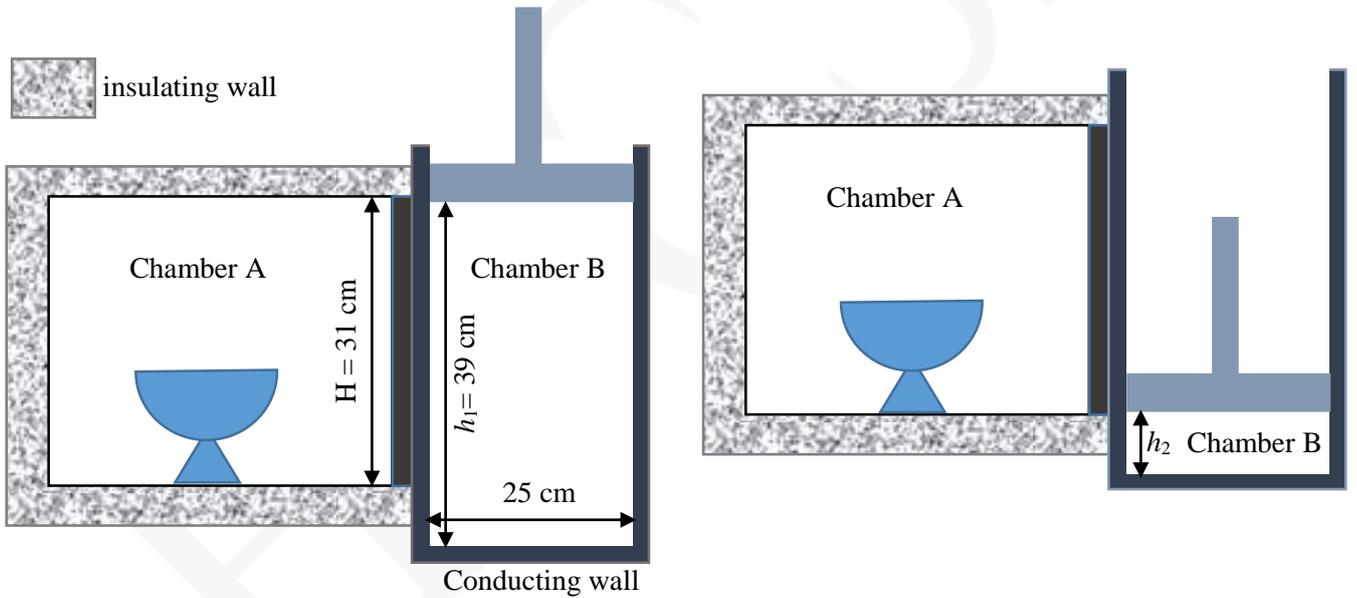
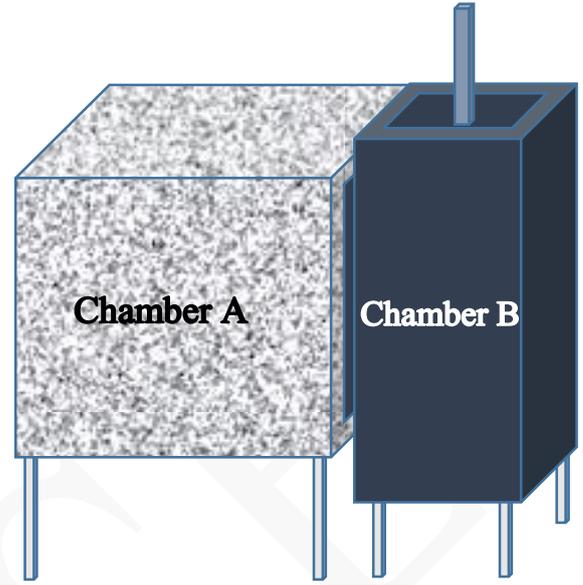
**O**

## Problem 2

23 marks

## हाथ का बना फ्रीज़र

एक छात्र ने अपने स्कूल प्रोजेक्ट के लिए एक आइसक्रीम फ्रीज़र बनाया। उसने फ्रीज़र को एक खुली जगह में रखा जहाँ का तापमान 27 °C था। दाएँ दिया गया चित्र उस फ्रीज़र की व्यवस्था को दर्शाता है। चैंबर **A** फ्रीज़र कक्ष है जिसमें हवा का आयतन 100 लिटर है, जो पाँच तरफ लकड़ी के पैनलों से बना था जिनकी तापीय चालकता बहुत कम थी। छठी तरफ की दीवार तांबे से बनी है जो कक्ष **B** के संपर्क में है, कक्ष **B** पूरा तांबे की धातु से बना हुआ है। कक्ष **B** घनाकार बेलन है जिसकी वर्गाकार अनुप्रस्थ काट (25 सेमी × 25 सेमी) है, जिसमें (ऊष्म प्रतिरोधक सामग्री से बनी) एक पिस्टन को ऊपर के हैंडल कि मदद से ऊपर और नीचे ले जाया जा सकता है। कक्ष **B** में हवा के संपीड़न और प्रसरण से इस कक्ष का क्रमशः ऊष्मण और शीतलन होता है, जो अंततः कक्ष **A** को ठंडा कर देता है।



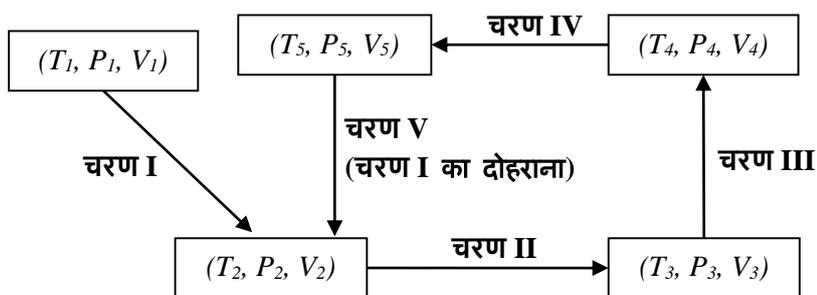
अनुप्रस्थ काट दृश्य (प्रसरित अवस्था)

अनुप्रस्थ काट दृश्य (संपीड़ित अवस्था)

कक्ष **B** को इस तरह से बनाया गया था कि जब पिस्टन अधिकतम  $h_1 = 39$  सेमी ऊंचाई पर था (अंदर की जगह का अधिकतम आयतन  $V_1$ ), तब 27 °C पर कक्ष में निहित 1 mol हवा का दबाव 1 atm था। इस प्रश्न में हवा को आदर्श गैस के रूप में मानें।

विशिष्ट ऊष्माधारिता मान		हवा से जुड़े स्थिरांक	
कक्ष <b>A</b> का आइसक्रीम मिश्रण	210 J K <sup>-1</sup>	विशिष्ट ऊष्माधारिता	$1.005 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$
कक्ष <b>A</b> की तांबे की दीवार	1.5 kJ K <sup>-1</sup>	घनत्व	1.16 g L <sup>-1</sup>
कक्ष <b>B</b> की तांबे की दीवार	1.5 kJ K <sup>-1</sup>	$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$	1.4
कक्ष <b>B</b> की तांबे की आधार प्लेट	1.0 kJ K <sup>-1</sup>		

छात्र शीतलन चक्र को पिस्टन की सबसे ऊपर की स्थिति में शुरू करता है और सभी घटक परिवेश के साथ तापीय साम्यावस्था में होते हैं। 4 चरणों के चक्र को नीचे दिए गए आरेख द्वारा समझें:



**चरण I.** पिस्टन को  $h_2$  तक बहुत तेजी से दबाया गया था, जिससे कक्ष **B** का आयतन कम हो कर  $V_2 = V_1/5$  हो गया।

**मान लें** कि कक्ष **B** में वायु संपीड़न पूरी तरह से उत्क्रमणीय और रुद्धोष्म था।

**2.1 चरण I** के अंत में कक्ष **B** के अंदर की हवा का तापमान  $T_2$  और दबाव  $P_2$  निकालें।



**चरण II.** पिस्टन को संकुचित ऊँचाई  $h_2$  पर रखा गया जब तक कक्ष **B** फिर से आसपास की बाहरी हवा के साथ तापीय साम्यावस्था न आ जाए।

**मान लें** कि इस चरण के दौरान कक्ष **B** का कक्ष **A** के साथ कोई ऊष्मा विनिमय नहीं हुआ।

**2.2 चरण II** के अंत में कक्ष **B** में हवा का दबाव  $P_3$  ज्ञात कीजिये।

2.3 कक्ष B में हवा को अवस्था  $(T_1, P_1, V_1)$  से अवस्था  $(T_3, P_3, V_3)$  तक जाने के लिए संभावित उष्मागतिकीय पथों की संख्या है (सही विकल्प पर X चिन्ह लगाएँ)

i) केवल एक (ऊपर दिया हुआ)

ii) दो (ऊपर दिया हुआ तथा पथ जिसमें समतापीय संपीड़न होता है)

iii) अनंत (पिस्टन के संपीड़न की गति को कई तरीकों से बदला जा सकता है)

चरण III. पिस्टन को बहुत तेजी से ऊपर खींचा गया आयतन  $V_4 = V_1$  पहुंचने तक।

मानें कि कक्ष B में हवा इस चरण में पूरी तरह से उत्क्रमणीय और रुद्धोष्म प्रसरण से गुजरी थी।

2.4 चरण III के अंत में कक्ष B के अंदर हवा का तापमान  $T_4$  और दबाव  $P_4$  ज्ञात कीजिये।



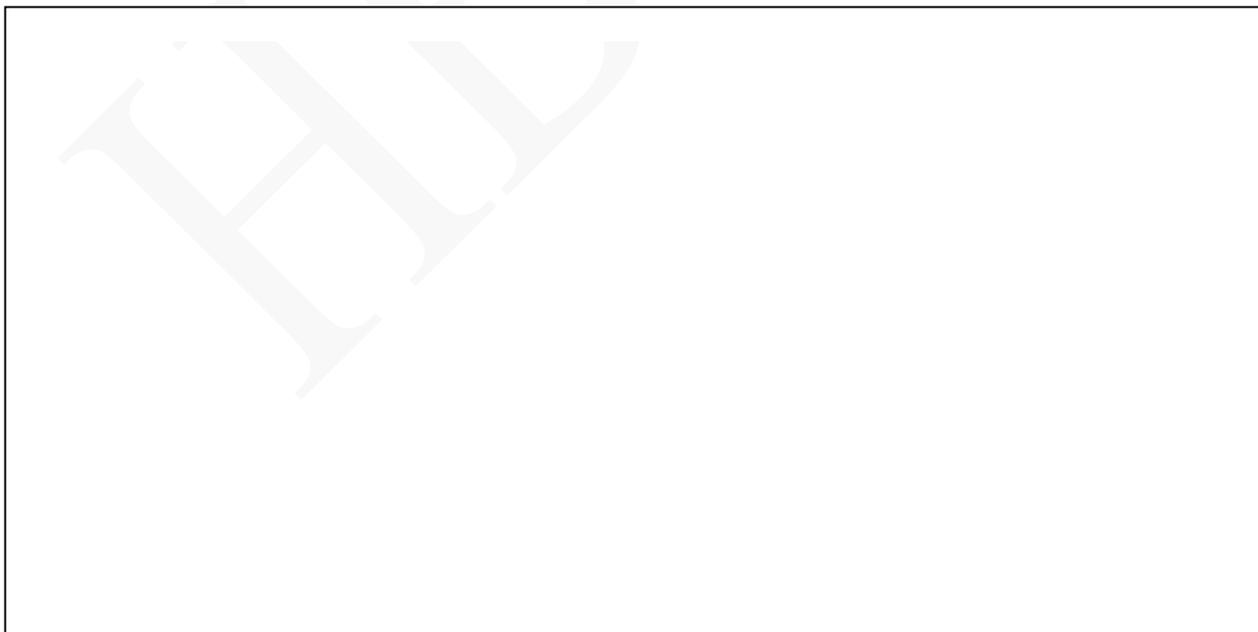
**चरण IV.** पिस्टन को इस स्थिति ( $V_5 = V_4 = V_1$ ) में पर्याप्त समय तक रखा गया था जब तक कि कक्ष A ने कक्ष B के साथ तापीय साम्यावस्था को प्राप्त नहीं किया।

कक्ष B का (कक्ष के बाहर) की परिवेश हवा बनाम कक्ष A में हवा के साथ ऊष्मा विनिमय संपर्क सतह (प्रष्ठ) क्षेत्रफल पर निर्भर करता है।

**मान लें** कि कक्ष A और B के बीच ऊष्मा हस्तांतरण उनके संपर्क के सतह क्षेत्रफल के आनुपातिक है, और परिवेश से ऊष्मा हस्तांतरण, कक्ष B के शेष सतह क्षेत्रफल के आनुपातिक है।

2.5 चरण IV में कक्ष A के साथ कक्ष B के ऊष्मा विनिमय अंश ( $x$ ) को ज्ञात कीजिये, जहाँ

$$x = \frac{\text{कक्ष A से (दो कक्षों के बीच की दीवारों सहित) कक्ष B की हवा में स्थानांतरित ऊष्मा}}{\text{कक्ष B में हवा द्वारा प्राप्त कुल ऊष्मा}}$$



यदि आप 2.4 में  $T_4$  और  $P_4$  की गणना करने में असमर्थ थे, तो आगे के प्रश्नों के लिए  $T_4 = 220 \text{ K}$  और  $P_4 = 0.75 \text{ atm}$  लें।

2.6 चरण IV के अंत में कक्ष A और B में हवा का तापमान  $T_5$  ज्ञात कीजिये। मान लें कि कक्ष B  $x$  अंश ऊष्मा कक्ष A से प्राप्त करता है, और बची हुई परिवेश से प्राप्त करता है।

कक्ष A के वांछित हिमांक तापमान को प्राप्त करने के लिए छात्र ने इस चक्र को कई बार दोहराया।

2.7 छात्र ने पाया कि चरण IV के अंत में कक्ष A के तापमान में हुई गिरावट चरण III के बाद कक्ष B के तापमान की गिरावट के तुलना में बहुत कम थी। इसके लिए जिम्मेदार प्रमुख कारक हैं: (सही विकल्प/विकल्पों की पहचान करें और X चिन्ह लगाएँ)

- i) परिवेश की हवा से कक्ष B में ऊष्मा का स्थानांतरण
- ii) तांबे की दीवारों द्वारा अवशोषित ऊर्जा
- iii) कक्ष A की हवा का कक्ष B से अधिक आयतन
- iv) संपीड़न चरण I के दौरान उत्पन्न ऊष्मा

2.8 जैसा यह चक्र दोहराया जाता है और यदि मान्यताएँ समान रहती हैं, तो कौन से मापदंड चक्रों के दोहराते हुए समान ही रहेंगे, कौन से मापदंड घटेंगे और कौन से मापदंड बढ़ेंगे:  $P_2, P_3, P_4, P_5, T_2, T_3, T_4, T_5$  ?

मापदंड जो समान रहेंगे :

मापदंड जो कम हो जाएंगे:

मापदंड जो बढ़ेंगे:

2.9 यदि संपीड़न और प्रसरण चक्रीय रूप में धीरे-धीरे किए जाएँ, तो उपरोक्त परिणामों से क्या परिवर्तन अपेक्षित होंगे (वाक्यों के आगे सही/गलत लिखें)

i) संपीड़न चरण में किया गया काम कम होगा।

ii) प्रति चक्र कक्ष A के तापमान में गिरावट कम होंगी।

iii) कक्ष B में गैस द्वारा प्रसरण चरण में किया गया काम कम होगा।

iv) चरण II के दौरान कक्ष B से परिवेश को हस्तांतरित ऊष्मा समान रहेगी।

**Problem 3**

**23 marks**

**एसिटिक एसिड (अम्ल)**

एसिटिक अम्ल तीखी गंध वाला एक रंगहीन द्रव है। एसिटिक अम्ल, जिसके खाद्य और अन्य उद्योगों में व्यापक अनुप्रयोग है, के विश्वव्यापी उत्पादन की प्रति वर्ष 5% की औसत वृद्धि के साथ कुछ साल में 18 मिलियन टन तक पहुंचने की उम्मीद है। पारम्परिक रूप से एसिटिक अम्ल का उत्पादन सेब, अंगूर, शहद, गन्ना, नारियल, खजूर आदि के किण्वन (फेरमेण्टेशन) से किया जाता है। किण्वन द्वारा प्राप्त सिरके में एसिटिक अम्ल की अधिकतम सान्द्रता 10% (v/v) है। यह तरीका शुद्ध एसिटिक अम्ल उत्पादन के लिए अत्यधिक ऊर्जा खपत करने वाला और महंगा पड़ता है।

**भाग-1 एसिटिक अम्ल उत्पादन के सामान्य तरीके**

3.1 केवल आसवन द्वारा एसिटिक अम्ल के जलीय घोल से शुद्ध एसिटिक अम्ल को अलग करना मुश्किल है। एसिटिक अम्ल और पानी के बारे में चार सत्य कथन नीचे दिए गए हैं। आसवन द्वारा पानी से एसिटिक एसिड को अलग करने की मुश्किल से अनुरूप कौन से कथन हैं। (उचित विकल्प/विकल्पों को **X** चिह्नित करें)

- i) एसिटिक अम्ल और पानी के कथनांक करीब हैं।
- ii) एसिटिक अम्ल और पानी स्थिरकाथी (एजियोट्रोप्स) नहीं बनाते हैं।
- iii) एसिटिक अम्ल अणु पानी के साथ हाइड्रोजन आबन्ध बनाते हैं।
- iv) एसिटिक अम्ल अणु वाष्प अवस्था में चक्रीय द्वितय (डाइमर) बनाते हैं।

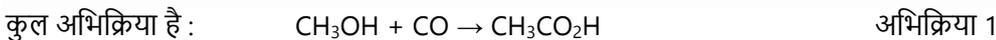

3.2 एसिटिक अम्ल बनाने की प्रयोगशाला विधियों में से एक एसिटोनाइट्राइल (मिथाइल साइनाइड) के जल अपघटन (हाइड्रोलिसिस) द्वारा है। विधि के बारे में सही कथन/कथनों को **X** लगाकर पहचान करें।

- i) इस जल अपघटन प्रतिक्रिया के लिए अम्ल या क्षार उत्प्रेरक की आवश्यकता होती है।
- ii) इस जल अपघटन प्रतिक्रिया के लिए अम्ल या क्षार की आवश्यकता नहीं होती है।
- iii) यदि एसिटोनाइट्राइल को क्षार की अधिकता में गर्म किया जाए तो एसिटामाइड प्राप्त किया जा सकता है।
- iv) एमोनिया या इसका लवण एक उपोत्पाद के रूप में बनता है।


**भाग-2 एसिटिक अम्ल उत्पादन का व्यावसायिक तरीका**

एसिटिक अम्ल उत्पादन की एक व्यावसायिक प्रक्रिया उच्च तापमान (180-220°C) और उच्च दबाव (30-40 atm) पर की जानी वाली मेथनॉल कार्बोनाइलेशन है जो संक्रमण धातुओं के उपसहसंयोजन संकुल उत्प्रेरक की उपस्थिति में होती है। ऐसा ही एक उत्प्रेरक  $[Rh(CO)_2I_2]^{-1}$  है।



इस अभिक्रिया की एक रोचक विशेषता यह है कि अभिक्रिया को आरंभ करने के लिए थोड़ी मात्रा में  $CH_3I$  की आवश्यकता होती है। इसके अलावा दी गई अभिक्रिया स्थितियों में एसिटिक अम्ल के बनने की दर अनिवार्य रूप से उत्प्रेरक और  $CH_3I$  दोनों के प्रति पहली कोटि की है और CO और मेथनोल के प्रति शून्य कोटि की है।

3.3  $[\text{Rh}(\text{CO})_2\text{I}_2]^{-1}$  त्रिविम समावयवता दर्शाता है। इसके त्रिविम समावयवों की संरचनाएँ बनाइये।

उपसहसंयोजन संकुलों में जो संक्रमण धातु आयन उत्प्रेरक के रूप में कार्य करते हैं, साधारणता: अपनी उपसहसंयोजन संख्या को बढ़ाने या घटाने में सक्षम होते हैं और साथ ही उनमें ऑक्सीकरण और अपचयन हो सकता है।

एसिटिक अम्ल बनाने के लिए मेथनॉल का कार्बोनाइलेशन कई चरणों में होता है। अभिक्रिया शुरू होने के बाद तीन अन्य Rh-युक्त संकुल **C1**, **C2**, **C3** और एक Rh-रहित यौगिक **V** को क्रमशः अभिक्रिया प्रणाली में बनते हुए पहचाना जा सकता है।

चरण **C1** → **C2** में एक पुनर्व्यवस्थापन शामिल है जिसमें उपसहसंयोजन क्षेत्र में दो सन्निकट लिगेंड जुड़कर एक नया लिगेंड बनाती हैं।



इस रासायनिक प्रणाली में नीचे दिए गए समीकरणों के अनुसार दो अतिरिक्त अभिक्रियाएँ होती हैं जिनमें **V** और **Z** (दोनों Rh-रहित यौगिक) बनते हैं।



3.4 यौगिक **C1**, **C2**, **C3**, **V**, **Y** और **Z** पहचानकर लिखें। साथ में संकुलों की त्रिविम संरचनाएँ बनाएँ।

**C1**
**C2**
**C3**

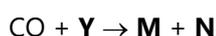
**V**
**Y**
**Z**

3.5 इस उत्पादन पद्धति में वेग निर्धारक पद का संतुलित रासायनिक समीकरण त्रिविम संरचनाओं सहित लिखिए।

**भाग-3 व्यवसायिक एसिटिक अम्ल उत्पादन में उतोत्पादक अभिक्रियाएँ**

भाग 2 में प्रस्तुत प्रक्रिया में CO का प्रतिशत रूपांतरण लगभग 85% और CH<sub>3</sub>OH का 99% हैं। निकाय में CO का नुकसान कई पार्श्व अभिक्रियाओं के कारण होता है जैसा कि नीचे दिया गया है।

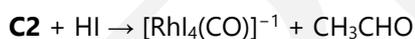
i) [Rh(CO)<sub>2</sub>I<sub>2</sub>]<sup>-1</sup> उत्प्रेरक की उपस्थिति में होने वाली अभिक्रियाओं में से एक है



अभिक्रिया 4

(M का मोलर द्रव्यमान N की तुलना में कम है)

ii) रोडियम उत्प्रेरक प्रणाली नीचे दी गई अभिक्रिया 5 द्वारा एसीटैल्डिहाइड उत्पन्न कर सकती है। एसीटैल्डिहाइड अभिक्रिया प्रक्रिया में बने एक उत्पाद के द्वारा अपचित होकर एक मध्यवर्ती देता है, जो बाद में उसी कार्बोनाइलेशन प्रक्रिया द्वारा प्रोपियोनिक अम्ल उत्पन्न करता है।



अभिक्रिया 5

iii) एसीटैल्डिहाइड एक अम्ल की उपस्थिति में एल्डोल संघनन करता है और उत्पाद कार्बोक्जिलिक अम्ल S में परिवर्तित हो जाता है जैसा कि नीचे दिखाया गया है।



3.6 M, N, P, Q, R और S की संरचनाएँ बनाएँ।

M	N	P
Q	R	S

**3.7** मेथनॉल के साथ ऊपर बताई गई अभिक्रिया में उत्पादों के रूप में गठित यौगिकों के निम्नलिखित प्रत्येक समूह के लिए पहचानें कि कार्बन श्रृंखला की कितनी लंबाई संभव है और कौन सी असंभव है। (C परमाणुओं की संख्या को  $n$ ,  $2n$ ,  $2n-1$ ,  $2n+1$ ,  $2n+2$ ,  $3n+1$ ,  $4n+1$ , आदि से अंकित करें जहाँ  $n = 1, 2, 3, \dots$ ).

	संभव	असंभव
i) ऐल्डिहाइड	<input type="text"/>	<input type="text"/>
ii) कार्बोक्जिलिक एसिड	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**3.8** मान लीजिए कि एसिटिक अम्ल प्रक्रिया बिना लेबल वाले मेथनॉल लेकिन  $^{13}\text{C}$ - लेबल वाली  $^{13}\text{CO}$  के साथ की गई। निम्न उत्पादों की संरचनाएँ बनाईए  $^{13}\text{C}$  लेबल के साथ।

i) प्रोपियोनिक अम्ल (उप-उत्पाद)

ii) **S** (उप-उत्पाद)

**3.9** एसिटिक अम्ल के विरचन की  $\Delta H^\circ$   $25^\circ\text{C}$  पर निकालें।

$\Delta H^\circ_f$ मान			
$\text{CH}_3\text{OH} (\text{l})$	$- 239.2 \text{ kJ mol}^{-1}$	$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H} (\text{l})$	$- 386.1 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\text{CO} (\text{g})$	$- 110.5 \text{ kJ mol}^{-1}$	$\text{CH}_3\text{l} (\text{l})$	$- 13.6 \text{ kJ mol}^{-1}$

**3.10** Rh-उत्प्रेरित पद्धति का/के किण्वन की तुलना में महत्वपूर्ण लाभ है/हैं (सही विकल्प/विकल्पों के सामने **X** चिह्नित करें )

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| i) मेथनॉल का उत्पाद में उच्चतर प्रतिशत परिवर्तन।                         | <input type="checkbox"/> |
| ii) सिरके के मुकाबले एसिटिक एसिड बहुत अधिक सांद्रता पर उत्पादित होता है। | <input type="checkbox"/> |
| iii) ऐसे अभिकारकों का उपयोग होता है जो हानिकारक नहीं हैं।                | <input type="checkbox"/> |

**अंतर-परमाणु बल और स्थैतिक घर्षण**

दो संपर्कमय सतहों के बीच घर्षण बल उन सतहों के परमाणुओं के बीच अंतर-परमाणु बलों से उत्पन्न होता है।

यह प्रश्न पहले भाग I में दो परमाणुओं के बीच की दूरी के साथ अंतर-परमाणु बल में बदलाव की पड़ताल करता है और फिर भाग II में इस संकल्पना का उपयोग करके घर्षण की परमाणु स्तर पर उत्पत्ति को समझता है।

**भाग I: दो परमाणुओं के बीच इलेक्ट्रोस्टैटिक अंतःक्रिया**

फिलिप मोर्स, एक अमेरिकी वैज्ञानिक ने दो परमाणुओं के बीच अंतर-परमाणु विभव (ऊर्जा) को अंतर-नाभिकी दूरी  $r$  के एक सरल फलन के रूप में दिया:

$$V_{Morse}(r) = D[1 - e^{-\alpha(r-r_e)}]^2 - D$$

जहाँ,  $D$ ,  $r_e$  और  $\alpha$  स्थिरांक हैं जो नाभिक के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं हैं। [ध्यान दें कि  $r = 0$  पर मोर्स विभव अपेक्षित सीमा  $V = \infty$  तक नहीं जाता है]

तदनुसार दो अणुओं के बीच  $r$  दिशा में बल  $F(r)$  को, इस प्रकार परिभाषित किया जा सकता है:

$$F(r) = -\frac{\partial V_{Morse}}{\partial r}$$

4.1  $F(r)$  का मान  $D$ ,  $r_e$  और  $\alpha$  के पदों में निकालिए।

विभव को आकर्षक माना जाता है जब  $F(r)$  ऋणात्मक होता है, और प्रतिकारक जब  $F(r)$  घनात्मक होता है।

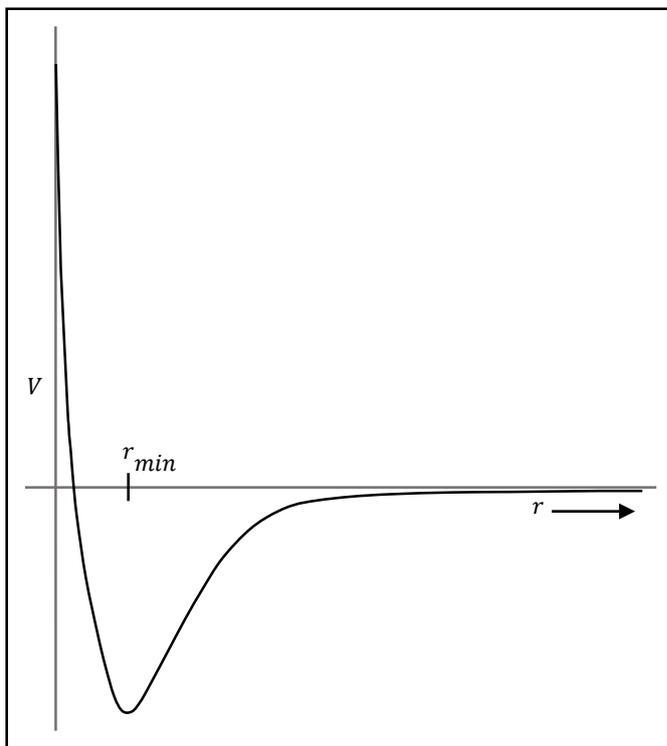
4.2  $D$ ,  $r_e$  और  $\alpha$  के पदों में निम्नलिखित राशियों के मान प्राप्त करें।

- (a) अंतर-नाभिकी दूरी  $r_{min}$ , जहाँ  $V_{morse}(r)$  न्यूनतम है, और  
 (b) ऊर्जा का अंतर  $\epsilon = V_{morse}(\infty) - V_{morse}(r_{min})$ ।

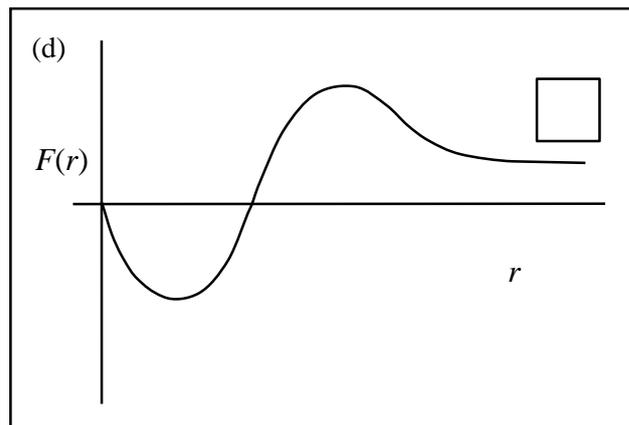
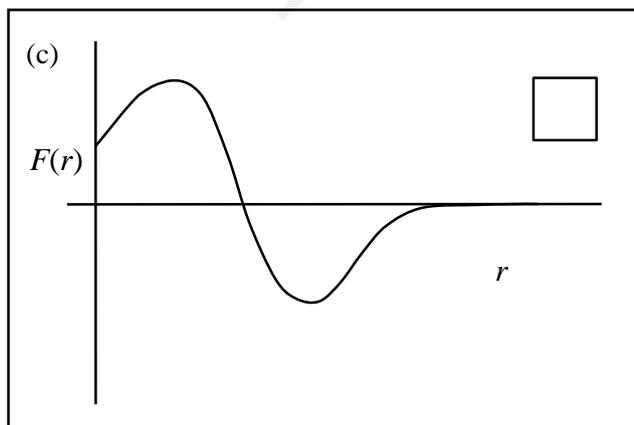
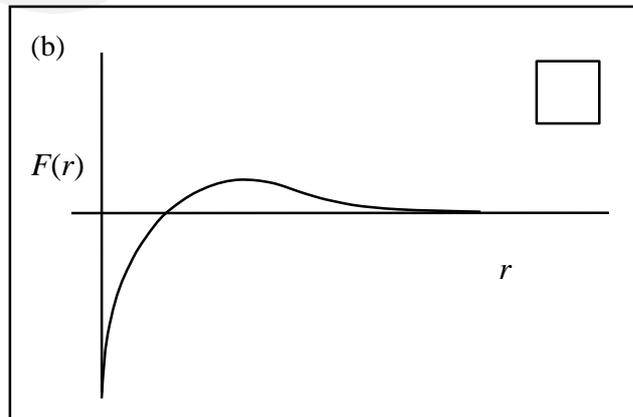
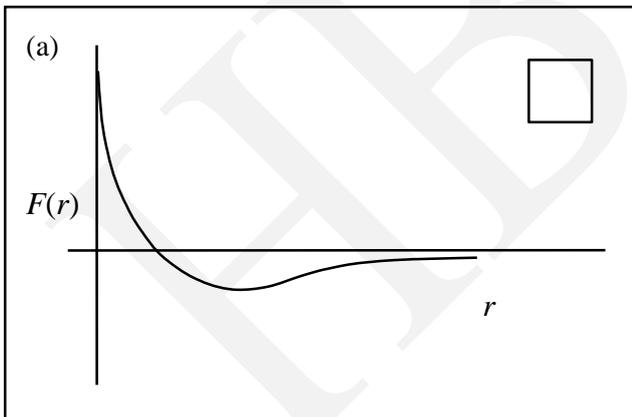
यदि क्वान्टम यांत्रिकी प्रभावों को अनदेखा करें तो  $r_{min}$  संतुलित आबंध लंबाई है और  $\epsilon$  उनकी आबंध वियोजन ऊर्जा है।

4.3  $V_{\text{morse}}$  बनाम  $r$  का आरेख नीचे दिया गया है। मानते हुए कि  $\alpha r_e = 1$ ; आरेख पर दर्शाएँ

- $r = 0$ ,  $r = r_{\text{min}}$  और  $r = \infty$  पर विभव मान।
- $r$  की सीमाएँ जहाँ विभव प्रतिकर्षक और आकर्षक है।



4.4 नीचे दिखाए गए चार आरेखों में,  $r$  के फलन के रूप में बल  $F(r)$  का आरेख कौन सा होगा? (सही आरेख पर **x** चिन्ह लगाएँ)

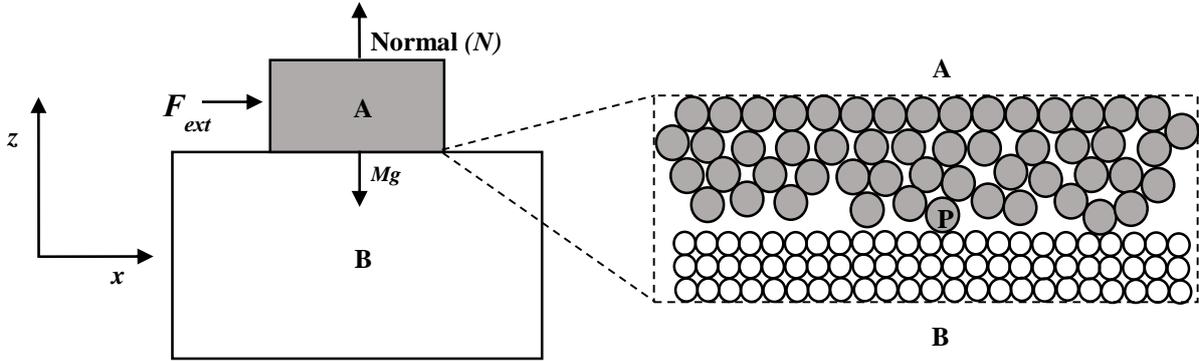


**भाग II: स्थैतिक घर्षण बल की प्रकृति**

स्थैतिक घर्षण एक सतह **B** पर रखी द्रव्यमान  $M$  वाली एक स्थिर वस्तु **A** द्वारा अनुभव किया जाने वाला "प्रतिरोध" बल है, जब इस वस्तु पर एक बाहरी क्षैतिज बल लगाया जाता है। पहली बार लियोनार्डो दा विंची द्वारा प्रस्तावित और फिर औपचारिक रूप से 1669 में फ्रांसीसी इंजीनियर गुइलौमे अमोटन्स द्वारा 200 साल बाद सिद्धांत के रूप में दिया गया, घर्षण बल को काफी हद तक अभिलम्ब बल के अनुपातिक पाया गया था:

$$F = \mu Mg$$

जहां  $\mu$  स्थैतिक घर्षण गुणांक है, और  $g$  गुरुत्वाकर्षण के कारण त्वरण है।



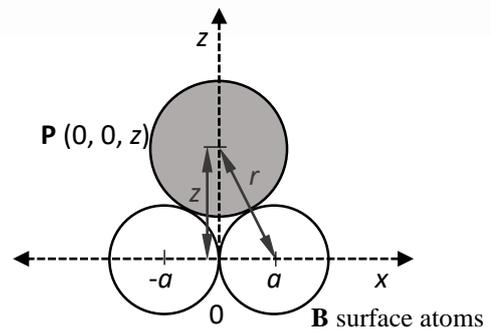
संपर्क में दो सतहों को सूक्ष्म रूप में ऊपर दिए गए चित्र में दिखाया गया है। हम मानें कि सतह **B** परमाणु स्तर पर सपाट है। हम **A** की संपर्क सतह को खुरदरा रखते हैं (जैसे अधिकतर सतह होते हैं)। **A** के कई ( $n$ ) परमाणु होंगे जो **B** के निकट संपर्क में आएंगे। **A** की सतह के एक परमाणु **P** पर विचार करें, जो **B** की सतह के संपर्क में है। **A** को एक दृढ़ पिंड मानें और इसके  $n$  संपर्क परमाणुओं पर **B** से लगने वाले बलों को समान मानें, और अन्य सभी **A** परमाणुओं के लिए शून्य मानें।

**4.5** प्रत्येक संपर्क परमाणु **P** द्वारा महसूस किया गया कुल अभिलंब बल क्या है?



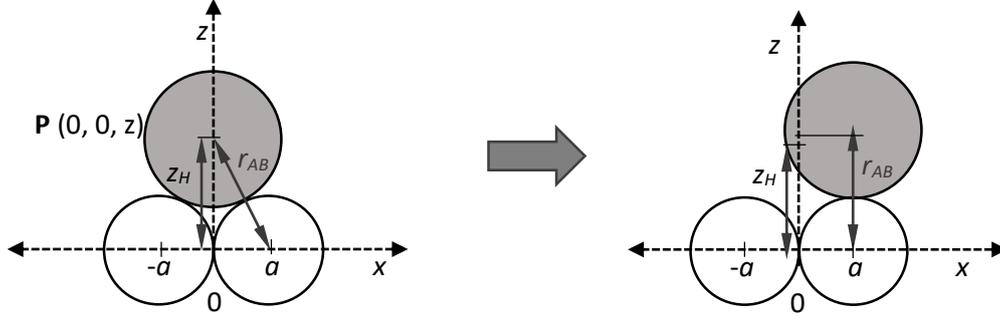
यदि एक बाहरी बल,  $F_{ext}$  वस्तु **A** पर  $x$ -दिशा में लगाया जाता है जो स्थैतिक घर्षण बल की तुलना में थोड़ा ज्यादा है, तो सूक्ष्म स्तर पर **A** एक छोटी दूरी  $\delta x$  से  $x$ - $z$  तल में खिसक सकता है। यह गति बड़े पैमाने पर दिखाई नहीं देगी।  $F_{ext}$  का वस्तु **A** (दृढ़ पिंड होने के कारण) के सभी परमाणुओं द्वारा समान अनुभव किया जाता है।

मानें की परमाणु **P**, जिसका केंद्र  $(0, 0, z)$  पर है, सतह **B** के 2 परमाणुओं, जिनके केंद्र  $(-a, 0, 0)$ ,  $(a, 0, 0)$  पर हैं, के साथ अंतःक्रिया कर रहा है।



हम **P** और **B** परमाणुओं की अंतःक्रिया दो मॉडलों द्वारा देखेंगे।

- i) कठोर गोला मॉडल: **A** और **B** के परमाणुओं को कठोर गोले मानें, जो निकटतम दूरी  $r_{AB}$  तक आ सकते हैं और जिनमें अंतर-परमाणु विभव नहीं होता है।



इस मॉडल में, जब बाहरी बल  $F_{ext}$  परमाणु **P** को  $x = 0$  से  $x = a$  तक ले जाता है, (द्रढ़ पिंड होने के कारण) वस्तु **A** भी समान ऊंचाई से ऊपर उठती है। बाहरी बल  $F_{ext}$  द्वारा किया गया कुल कार्य ( $W$ ) है,

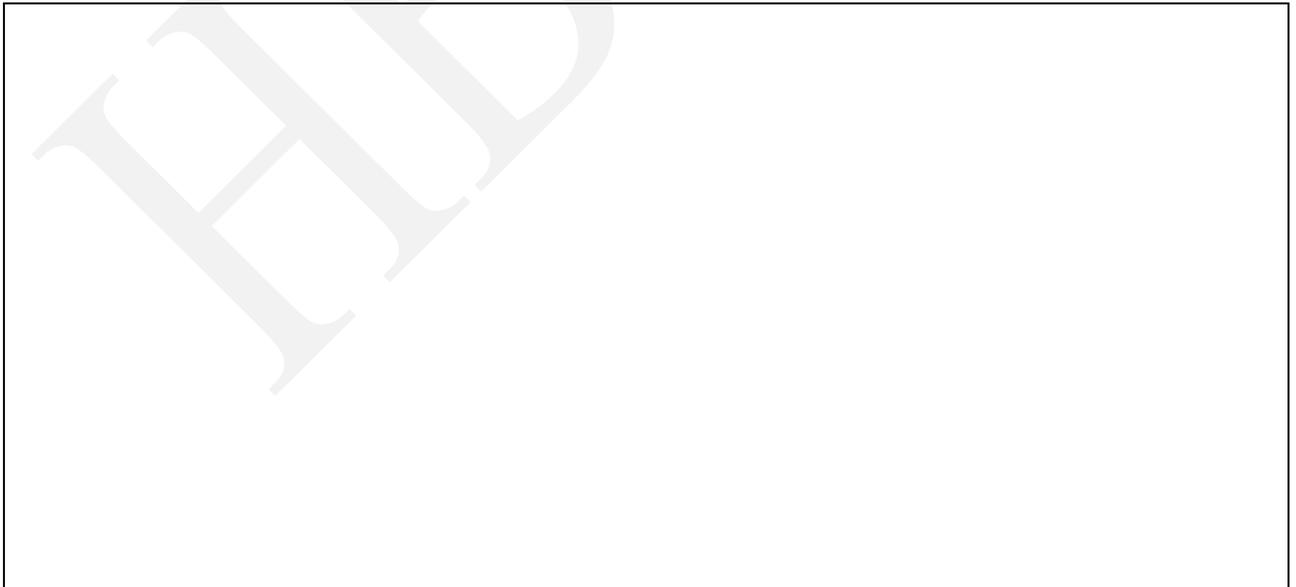
$$W = F_{ext}a.$$

यह कार्य **A** की गुरुत्वाकर्षण ऊर्जा को  $E_{grav}$  से और गतिज ऊर्जा को  $E_{kin}$  से बदल देगा निम्नलिखित समीकरण के अनुसार।

$$F_{ext}a = E_{grav} + E_{kin}$$

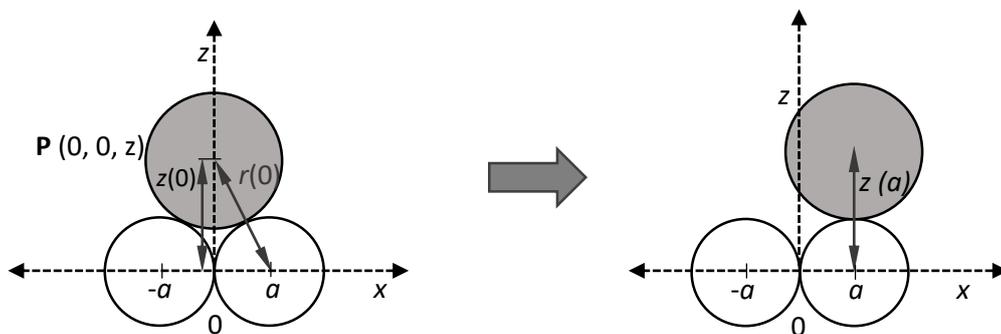
जब  $F_{ext}$  स्थैतिक घर्षण बल से बस थोड़ा अधिक है, तब हम  $E_{kin} = 0$  वाली सीमा परिस्थिति को लेते हैं। जब  $F_{ext} = \mu Mg$  हो जाता है।

- 4.6 i) परमाणु **P** के  $x = 0$  से  $x = a$  तक जाने पर हुई उचाई में वृद्धि  $\Delta z$  का मान ज्ञात कीजिए।  
ii)  $r_{AB}$  और  $a$  के पदों में  $\mu$  का व्यंजक निकालें। सभी चरणों को स्पष्ट रूप से दिखाएँ।



- ii) मोर्स मॉडल - अब हम परमाणु **P** और **B** परमाणुओं के बीच मोर्स अंतःक्रिया (विभव ऊर्जा) को शामिल करते हैं कि  $r_{AB} = r_e$ ।  $r_{AB}$  गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव के बिना दूरी है। इस मॉडल में परमाणुओं **P** और **B** के बीच संतुलन दूरी  $z$  गुरुत्वाकर्षण बल के कारण  $r_{AB}$  से कम होगी। इसके साथ इस मॉडल में

$$F_{ext}a = E_{grav} + E_{Morse} + E_{kin}$$



गुरुत्वाकर्षण बल के कारण साम्यावस्था स्थिति में बदलाव  $\delta r = r - r_e$ ,  $r_e$  की तुलना में बहुत छोटा होता है। इसलिए हम यह मान सकते हैं,

$$e^{-\alpha(r-r_e)} \approx 1 - \alpha(r - r_e),$$

$$\text{i.e. } V_{Morse}(r) \approx D\alpha^2(r - r_e)^2, \text{ और}$$

$$\frac{z(0)}{r(0)} \approx \frac{z_{eq}}{r_e}$$

जहाँ,  $z_{eq}$  गुरुत्वाकर्षण प्रभाव के बिना  $z$  का मान है।

जैसे परमाणु **P**  $x = 0$  से  $x = a$  पर जाता है, उसका  $(-a, 0, 0)$  पर स्थित परमाणु के साथ मोर्स अंतःक्रिया कमजोर हो जाती है तो हम इस आबंध को टूटा हुआ मान लेंगे। वस्तु **A** के  $n$  समतुल्य संपर्क परमाणुओं की, सतह **B** संपर्क परमाणुओं के साथ दो में से एक आबंध तोड़ने के लिए न्यूनतम ऊर्जा  $E_{Morse}$  का मान  $n\epsilon$  होगा।

**4.7** मोर्स मॉडल में i)  $x = 0$  और ii)  $x = a$  पर  $z$  का संतुलन मान ज्ञात करें।  $x = a$  पर मान लें कि परमाणु **P** केवल  $(a, 0, 0)$  परमाणु के साथ ही अंतःक्रिया करता है। अनुमान  $r - r_e \ll r_e$  का उपयोग करके सरल व्यंजक प्राप्त करें।

अनेक सतहों के लिए, स्थैतिक घर्षण बल  $M$  से इस प्रकार संबंधित होता है,  $F_{static} = \mu Mg + K$ , जो मोर्स मॉडल द्वारा समझा जा सकता है।

4.8  $E_{kin} = 0$  वाली सीमा परिस्थिति लेते हुए  $D, \alpha, r_e, a,$  और  $n$  के पदों में  $\mu$  और  $K$  को ज्ञात करें। सभी चरणों को स्पष्ट रूप से दिखाईए। [ध्यान दें कि  $\mu$  में एक छोटा घटक  $M$  पर निर्भर होगा ]

4.9 मोर्स मॉडल के लिए  $\mu$  के मान निकालें जब  $M = 1 \text{ kg}, g = 10 \text{ m s}^{-2}, n = 10^{10}, D = 6.4 \times 10^{-19} \text{ J}, \alpha = 10^{10} \text{ m}^{-1}, r_e = 2.5 \text{ \AA}, a = 1.5 \text{ \AA}$  हो।

Problem 5

14 marks

लोहे और उसके आक्साइडों के एक ठोस मिश्रण का विश्लेषण

लोहे (Fe) का बुरादा, Fe(II) और Fe(III) के आक्साइड के एक समरूप मिश्रण की तीन नमूने प्रतियाँ (प्रत्येक का द्रव्यमान 4.72 g) प्रयोगशाला में लाई गई। पहले इसके सटीक संघटन का पता लगाना था कि हर घटक के कितने मोल हैं। यही जानने के लिए प्रयोगशाला विशेषज्ञ द्वारा दो तरीके (A और B) प्रयोग में लाए गए:

A: 4.72 g का एक नमूना फ्लास्क में लिया गया और हाइड्रोजन गैस उस फ्लास्क में भर दी गई। तुरंत फ्लास्क को बंद करके गरम किया गया। अभिक्रिया के अंत में 3.92 g लोहा और 0.90 g पानी प्राप्त हुए।

B: अधिक मात्रा में जलीय  $\text{CuSO}_4$  विलयन दूसरे 4.72 g नमूने में डाला गया। अभिक्रिया के अंत में 4.96 g ठोस मिश्रण प्राप्त हुआ।

अपचयन अर्ध सेल समीकरणों के $E^\circ$ मान	
$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$	0.00 V
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	- 0.44 V
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	- 0.04 V

5.1 i) A और B तरीकों में निहित अभिक्रियाओं के संतुलित रासायनिक समीकरण लिखें।

तरीका A

तरीका B

ii) A और B तरीकों के आधार पर नमूने में Fe (धातु), Fe(II) और Fe (III) के आक्साइडों के मोल के आंकलन करें। आंकलन के सारे पद दिखाएँ।

एक अन्य विश्लेषण हेतु तीसरा 4.72 g नमूना पूरी तरह 7.3% (w/w) जलीय HCl में घोला गया।

5.2 i) नमूने को जलीय HCl में घोलने की प्रक्रिया में निहित सभी अभिक्रियाओं के संतुलित रासायनिक समीकरण लिखें।

ii) नमूने के पूर्ण घुलने के लिए 7.3% (w/w) जलीय HCl ( $\rho = 1.03 \text{ g cm}^{-3}$ ) का न्यूनतम आयतन (मिलीलीटर में) निकालिए।  
आंकलन के सारे पद प्रदर्शित करें।

iii) ऊपर दी गयी अभिक्रिया में 1 atm और 25 °C पर बनी गैस के आयतन का आंकलन करें।

**ADDITIONAL SPACE FOR ANSWERS**

ROUGH WORK

ROUGH WORK

HBCSE

# IUPAC Periodic Table of the Elements

1 <b>H</b> hydrogen [1.0078, 1.0082]	2 <b>He</b> helium 4.0026											17 <b>F</b> fluorine 18.998	18 <b>Ne</b> neon 20.180				
3 <b>Li</b> lithium [6.938, 6.997]	4 <b>Be</b> beryllium 9.0122											9 <b>O</b> oxygen [15.999, 16.000]	10 <b>Ne</b> neon 20.180				
11 <b>Na</b> sodium [22.989, 23.002]	12 <b>Mg</b> magnesium [24.304, 24.307]											8 <b>O</b> oxygen [15.999, 16.000]	17 <b>Cl</b> chlorine [35.446, 35.457]	18 <b>Ar</b> argon [39.792, 39.963]			
19 <b>K</b> potassium [39.098, 39.102]	20 <b>Ca</b> calcium [40.078(4), 40.078]	21 <b>Sc</b> scandium [44.956, 44.956]	22 <b>Ti</b> titanium [47.867, 47.867]	23 <b>V</b> vanadium [50.942, 50.942]	24 <b>Cr</b> chromium [51.996, 51.996]	25 <b>Mn</b> manganese [54.938, 54.938]	26 <b>Fe</b> iron [55.845(2), 55.845]	27 <b>Co</b> cobalt [58.933, 58.933]	28 <b>Ni</b> nickel [58.693, 58.693]	29 <b>Cu</b> copper [63.546(3), 63.546]	30 <b>Zn</b> zinc [65.38(2), 65.38]	31 <b>Ga</b> gallium [69.723, 69.723]	32 <b>Ge</b> germanium [72.630(8), 72.630]	33 <b>As</b> arsenic [74.922, 74.922]	34 <b>Se</b> selenium [78.971(8), 78.971]	35 <b>Br</b> bromine [79.901, 79.907]	36 <b>Kr</b> krypton [83.798(2), 83.798]
37 <b>Rb</b> rubidium [85.468, 85.468]	38 <b>Sr</b> strontium [87.62, 87.62]	39 <b>Y</b> yttrium [88.906, 88.906]	40 <b>Zr</b> zirconium [91.224(2), 91.224]	41 <b>Nb</b> niobium [92.906, 92.906]	42 <b>Mo</b> molybdenum [95.95, 95.95]	43 <b>Tc</b> technetium	44 <b>Ru</b> ruthenium [101.07(2), 101.07]	45 <b>Rh</b> rhodium [102.91, 102.91]	46 <b>Pd</b> palladium [106.42, 106.42]	47 <b>Ag</b> silver [107.87, 107.87]	48 <b>Cd</b> cadmium [112.41, 112.41]	49 <b>In</b> indium [114.82, 114.82]	50 <b>Sn</b> tin [118.71, 118.71]	51 <b>Sb</b> antimony [121.76, 121.76]	52 <b>Te</b> tellurium [127.60(3), 127.60]	53 <b>I</b> iodine [126.90, 126.90]	54 <b>Xe</b> xenon [131.29, 131.29]
55 <b>Cs</b> caesium [132.91, 132.91]	56 <b>Ba</b> barium [137.33, 137.33]	57-71 lanthanoids	72 <b>Hf</b> hafnium [178.49(2), 178.49]	73 <b>Ta</b> tantalum [180.95, 180.95]	74 <b>W</b> tungsten [183.84, 183.84]	75 <b>Re</b> rhenium [186.21, 186.21]	76 <b>Os</b> osmium [190.23(3), 190.23]	77 <b>Ir</b> iridium [192.22, 192.22]	78 <b>Pt</b> platinum [195.08, 195.08]	79 <b>Au</b> gold [196.967, 196.967]	80 <b>Hg</b> mercury [200.59, 200.59]	81 <b>Tl</b> thallium [204.38, 204.39]	82 <b>Pb</b> lead [207.2, 207.2]	83 <b>Bi</b> bismuth [208.98, 208.98]	84 <b>Po</b> polonium	85 <b>At</b> astatine	86 <b>Rn</b> radon
87 <b>Fr</b> francium	88 <b>Ra</b> radium	89-103 actinoids	104 <b>Rf</b> rutherfordium	105 <b>Db</b> dubnium	106 <b>Sg</b> seaborgium	107 <b>Bh</b> bohrium	108 <b>Hs</b> hassium	109 <b>Mt</b> meitnerium	110 <b>Ds</b> darmstadtium	111 <b>Rg</b> roentgenium	112 <b>Cn</b> copernicium	113 <b>Nh</b> nihonium	114 <b>Fl</b> flerovium	115 <b>Mc</b> moscovium	116 <b>Lv</b> livermorium	117 <b>Ts</b> tennessine	118 <b>Og</b> oganesson

Key:  
 atomic number  
**Symbol**  
 name  
 conventional atomic weight  
 standard atomic weight



INTERNATIONAL UNION OF  
PURE AND APPLIED CHEMISTRY

For notes and updates to this table, see [www.iupac.org](http://www.iupac.org). This version is dated 1 December 2018.  
Copyright © 2018 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

2019 IYPT  
International Year  
of the Periodic Table  
of Chemical Elements

United Nations  
Educational, Scientific and  
Cultural Organization