



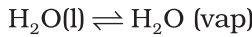
5165CH07

توازن

(Equilibrium)

کیمیائی توازن بے شمار حیاتیاتی اور ماحولیاتی اعمال کے لیے لازمی ہیں۔ مثال کے طور پر O_2 سالمات اور پروٹین ہیموگلوبن کا توازن ہمارے پھیپھڑوں سے عضلات میں آکسیجن کے نقل و حمل میں اہم کردار ادا کرتا ہے۔ اس طرح کے توازن جس میں CO سالمے اور ہیموگلوبن شامل ہوتے ہیں CO سمیت کے لیے ذمہ دار ہوتے ہیں۔

جب کسی بند برتن میں رقیق کی تبخیر (Evaporation) ہوتی ہے تو نسبتاً زیادہ حرکی توانائی والے سالمے رقیق کی سطح سے نکل کر بخاراتی ہیئت میں داخل ہو جاتے ہیں اور بخاراتی ہیئت سے رقیق کے سالموں کی تعداد رقیق کی سطح سے ٹکراتی ہے اور وہ رقیق ہیئت میں ہی رہ جاتی ہے۔ اس کی وجہ سے بخاراتی دباؤ مستقل بنا رہتا ہے کیونکہ رقیق کو چھوڑنے والے سالمات کی تعداد اور بخارات میں سے رقیق میں واپس آنے والے سالموں کی تعداد مساوی ہونے کی وجہ سے ان کے درمیان ایک توازن قائم ہو جاتا ہے۔ اس وقت ہم کہتے ہیں کہ نظام توازن کی حالت میں پہنچ گیا ہے۔ بہر حال یہ ایک سکونی توازن نہیں ہے نیز رقیق اور بخارات کی سطح کے درمیان بہت سی سرگرمیاں جاری رہتی ہیں۔ اس طرح توازن کی حالت میں تبخیر کی شرح تکثیف (Condensation) کی شرح کے برابر ہوتی ہے۔



دوہرے آدھے تیر یہ ظاہر کرتے ہیں کہ دونوں سمتوں میں عمل ایک ساتھ جاری ہے توازن کی حالت میں متعامل اور ماحصل کا آمیزہ توازن آمیزہ (Equilibrium Mixture) کہلاتا ہے۔ طبیعی اعمال اور کیمیائی تعاملات دونوں کے لیے ہی توازن قائم کیا جاسکتا ہے۔ متعامل کی ہیئت اور تجرباتی حالات کی بنیاد پر تعامل تیز یا سست ہو سکتے ہیں۔ ایک مخصوص درجہ حرارت پر کسی بند برتن میں جب متعاملات تعامل کر کے ماحصل بناتے ہیں تو کچھ وقت تک متعاملات کا ارتکاز لگاتار گھٹتا رہتا ہے اور ماحصل کا ارتکاز بڑھتا رہتا ہے کچھ دیر کے بعد متعاملات یا ماحصل کے ارتکاز میں کوئی تبدیلی نہیں آتی نظام کی یہ حالت حرکی توازن

مقاصد

- اس سبق کو پڑھنے کے بعد آپ اس لائق ہو جائیں گے کہ:
- طبیعی اور کیمیائی اعمال میں شامل توازن کی حرکی فطرت کو پہچان سکیں؛
- توازن کے قانون کو بیان کر سکیں؛
- طبیعی اور کیمیائی اعمال میں شامل توازن کی خصوصیات کی وضاحت کر سکیں؛
- توازن مستقلہ کے اظہار کے لیے علامت لکھ سکیں؛
- K_c اور K_p کے درمیان تعلق قائم کر سکیں؛
- کسی تعامل کی حالت توازن کو متاثر کرنے والے مختلف عوامل کی وضاحت کر سکیں؛
- اشیاء کو آرائش، برومنڈ لاری اور لیوئس تصورات کی بنیاد پر تیزاب اور اساس میں تقسیم کر سکیں؛
- آیونائزیشن مستقلہ کی اصطلاح میں تیزاب اور اساس کو قوی اور کمزور زمروں میں تقسیم کر سکیں؛
- عام آئن اور الیکٹرولائٹ کے ارتکاز پر درجہ آیونائزیشن کے انحصار کی وضاحت کر سکیں؛
- ہائڈروجن آئن کے ارتکاز کو ظاہر کرنے والے pH پیمانے کو بیان کر سکیں؛
- پانی کے آیونائزیشن اور تیزاب اور اساس کی شکل میں اس کے دوہرے کردار کی وضاحت کر سکیں؛
- پانی کے لیے آینی ماحصل (K_w) اور pK_w کی وضاحت کر سکیں؛
- حاجب (Buffer) محلول کے استعمال کی قدر کر سکیں؛
- حل پذیری ماحصل مستقلہ (Solubility Product Constant) معلوم کر سکیں۔

7.1.1 ٹھوس-ریتق توازن

(Solid-Liquid Equilibrium)

273K اور فضائی دباؤ (مواد اور اس کے ماحول کے درمیان حرارت کا تبادلہ نہیں ہے) پر ایک مکمل مجوز (Insulated) تھرمس فلاسک میں رکھا گیا پانی اور برف ایک متوازن حالت میں ہے اور یہ نظام کچھ دلچسپ خصوصیات ظاہر کرتا ہے۔ ہم دیکھتے ہیں کہ وقت گزرنے کے ساتھ برف اور پانی کی کمیت میں کوئی تبدیلی نہیں آتی اور درجہ حرارت مستقل رہتا ہے۔ تاہم توازن ساکن نہیں ہوتا۔ پانی اور برف کی باؤنڈری پر شدید سرگرمی دیکھی جاسکتی ہے۔ ریتق پانی کے کچھ سالمات برف سے ٹکراتے ہیں اور وہیں چپک جاتے ہیں اور برف کے کچھ سالمات پانی میں چلے جاتے ہیں۔ پانی اور برف کی کمیت میں کوئی تبدیلی نہیں ہوتی کیونکہ سالموں کی برف سے پانی میں تبدیلی کی شرح اور واپس سالموں کی پانی سے برف میں منتقلی کی شرح فضائی دباؤ اور 273 K پر برابر ہوتی ہے۔

یہ ظاہر ہے کہ پانی اور برف ایک خاص درجہ حرارت اور دباؤ پر ہی توازن میں ہوتے ہیں۔ فضائی دباؤ پر کسی بھی خالص شے کا وہ درجہ حرارت جس پر ٹھوس اور ریتق حالت توازن میں ہوں اس شے کا عام نقطہ گداخت (Melting Point) یا نقطہ انجماد (Freezing Point) کہلاتا ہے۔ “یہاں نظام حرکی توازن میں ہوتا ہے اور ہم مندرجہ ذیل نتیجہ اخذ کر سکتے ہیں۔

- (i) دونوں مخالف اعمال بیک وقت ہو رہے ہیں۔
- (ii) دونوں اعمال کی شرح ایک ہی ہے تاکہ برف اور پانی کی مقدار مستقل رہے۔

7.1.2 ریتق بخارات توازن

(Liquid-Vapour Equilibrium)

اس توازن کو بہتر طور پر سمجھنے کے لیے ہم ایک مثال لے سکتے ہیں جس میں ایک شفاف باکس پارے سے بھری ہوئی U-ٹیوب (مینومیٹر) پر مشتمل ہوتا ہے۔ ایک خشک کنندہ عامل جیسے کہ نابیدہ کیمیشیم کلورائیڈ (یا فاسفورس پینٹا آکسائیڈ) کو کچھ گھنٹوں کے لیے باکس میں رکھ دیا جاتا ہے۔ خشک کنندہ عامل کو باکس کو ایک سمت ترچھا کر کے نکال لینے کے فوراً بعد ایک

(Dynamic Equilibrium) کہلاتی ہے اور فارورڈ (Forward)

نیز ریورس (Reverse) تعاملات کی شرح برابر ہو جاتی ہے۔ اسی حرکی توازن کی وجہ سے تعامل آمیزے میں مختلف انواع کے ارتکاز میں کوئی تبدیلی نہیں ہوتی۔ کسی کیمیائی تعامل کے جاری رہنے کی حد کی بنیاد پر کیمیائی توازن کو تین گروپوں میں تقسیم کیا جاسکتا ہے۔

(i) وہ تعاملات جو تقریباً اپنے اختتام تک پہنچ جاتے ہیں اور ان میں تعاملات کا ارتکاز برائے نام ہی باقی رہتا ہے۔ کچھ معاملات میں انہیں تجرباتی طور پر بھی پہچانا مشکل ہوتا ہے۔

(ii) وہ تعاملات جن میں ماحصل کی بہت کم مقدار حاصل ہوتی ہے اور زیادہ تر متعامل توازن کی حالت میں غیر تبدیل شدہ ہی رہتے ہیں۔

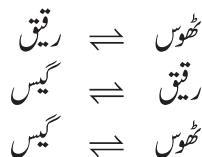
(iii) وہ تعاملات جن میں متعامل اور ماحصل کے ارتکاز اس وقت قابل موازنہ ہوتے ہیں جب نظام توازن کی حالت میں ہوتا ہے۔

توازن کی حالت میں تعامل کی حد تجرباتی حالات جیسے کہ متعاملوں کے ارتکاز، درجہ حرارت وغیرہ کے اعتبار سے تبدیل ہوتی رہتی ہے۔ صنعت اور تجربہ گاہوں میں عملیاتی حالات کی رجائیت نہایت اہم ہے تاکہ توازن مطلوبہ ماحصل کی جانب مائل ہو سکے۔ توازن کے چند اہم پہلو جن کا تعلق طبعی اور کیمیائی اعمال سے ہے اور وہ توازن جو آبی محلول میں ہوتے ہیں اور آئنی توازن (Ionic Equilibrium) کہلاتے ہیں، اس سیکشن میں زیر بحث رہیں گے۔

7.1 طبعی اعمال میں توازن

(Equilibrium In Physical Processes)

توازن کے وقت کسی نظام کی خصوصیات کو ہم بہتر طور پر سمجھ سکتے ہیں اگر ہم کچھ طبعی اعمال کا مشاہدہ کریں۔ سب سے زیادہ جانی پہچانی مثالیں ”ہیئت تبدیلی کے اعمال“ (Phase Transformation Process) کی ہیں مثلاً



اگر ہم تین وائچ گلاسوں میں علیحدہ علیحدہ 1mL ایسیٹون، ایتھائل الکوحل اور پانی لے کر ہوا میں کھلا رکھ دیں اور اس تجربہ کو رقیق کے مختلف حجم کے ساتھ نسبتاً گرم کمرے میں رکھ کر دہرائیں تو یہ دیکھا گیا ہے کہ ہر حالت میں رقیق سے آخر کار غائب ہو گئی ہے اور مکمل تبخیر میں لگنے والے وقت کا انحصار (i) رقیق کی فطرت، (ii) رقیق کی مقدار اور (iii) درجہ حرارت پر ہوتا ہے۔ جب وائچ گلاس فضا میں کھلی ہوئی رکھی ہے تو، تبخیر کی شرح مستقل رہتی ہے لیکن سالمات کمرے کے ایک بڑے حجم میں منتشر ہو جاتے ہیں نتیجے کے طور پر بخارات کی رقیق میں تکثیف کی شرح تبخیر کی شرح سے بہت کم ہوتی ہے۔ یہ کھلے ہوئے نظام ہیں اور کھلے ہوئے نظاموں میں توازن پر پہنچنا ممکن نہیں ہے۔

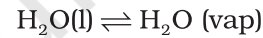
ایک بند برتن میں 100°C اور فضائی دباؤ (1.013 بار) پر پانی اور ابخارات متوازن حالت میں ہیں۔ پانی کا نقطہ جوش 1.013 بار دباؤ پر 100°C ہے۔ کسی بھی خالص رقیق کے لیے فضائی دباؤ (1.013 بار) پر وہ درجہ حرارت جس پر رقیق اور بخارات متوازن ہوں اس رقیق کا نقطہ جوش کہلاتا ہے۔ یہ فضائی دباؤ پر منحصر ہوتا ہے۔ رقیق کے نقطہ جوش مقام کی اونچائی پر منحصر ہوتے ہیں۔ بلند مقامات پر نقطہ جوش کم ہو جاتے ہیں۔

7.1.3 ٹھوس بخارات توازن

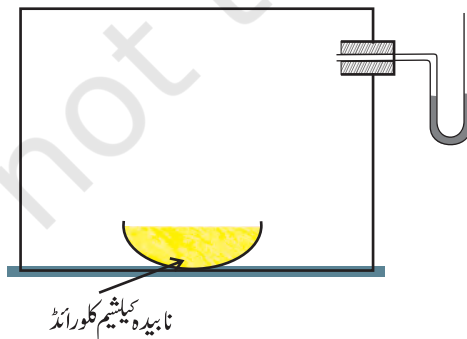
(Solid – Vapour Equilibrium)

آئیے اب ہم ایسے نظام کا مطالعہ کریں جہاں ٹھوس اشیا کی بخارات میں تصعید ہو جاتی ہے۔ اگر ہم ٹھوس آیوڈین کو ایک بند برتن میں رکھ دیں، تو کچھ دیر بعد یہ برتن وائلٹ بخارات سے بھر جائے گا اور رنگ کی شدت

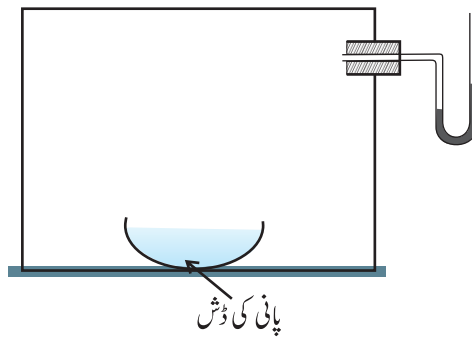
وائچ گلاس (یا پیٹری ڈش) پانی کے ساتھ باکس کے اندر تیزی سے رکھ دیا جاتا ہے ہم یہ دیکھیں گے کہ مینومیٹر کے دائیں بازو میں پارے کی سطح آہستہ آہستہ اوپر اٹھتی ہے اور آخر میں ایک مقام پر مستقل ہو جاتی ہے، یعنی کہ باکس کے اندر دباؤ بڑھتا اور ایک مستقل قدر تک پہنچ جاتا ہے۔ وائچ گلاس میں پانی کی سطح بھی کم ہو جاتی ہے (شکل 7.1)۔ شروع میں باکس کے اندر بخارات نہیں تھے (یا بہت کم تھے)۔ پانی جیسے ہی تبخیر ہوا باکس کے اندر دباؤ بڑھ جاتا ہے کیونکہ باکس کے اندر پانی کے سالمات گیس ہیئت میں داخل ہو جاتے ہیں۔ تبخیر کی شرح مستقل ہو جاتی ہے۔ تاہم، دباؤ میں اضافہ کی شرح وقت کے ساتھ کم ہو جاتی ہے جس کی وجہ بخارات کی پانی میں تکثیف ہے۔ آخر میں ایک توازن کی حالت آ جاتی ہے جہاں کسی قسم کی کوئی تبخیر نہیں ہوتی۔ اس کا مطلب یہ ہوا کہ متوازن مقام پر پہنچنے تک کسی حالت سے مائع (رقیق) حالت میں تبدیل ہونے والے پانی کے سالمات کی تعداد میں بھی اضافہ ہوتا ہے۔ یعنی کہ؛
تبخیر کی شرح = تکثیف کی شرح



حالت توازن میں دیے گئے درجہ حرارت پر پانی کے سالمات کے ذریعہ ڈالا گیا دباؤ مستقل رہتا ہے اور یہ پانی کا متوازن ابخاراتی دباؤ (یا صرف پانی کا ابخاراتی دباؤ) کہلاتا ہے پانی کا ابخاراتی دباؤ درجہ حرارت کے ساتھ بڑھتا ہے۔ اگر مندرجہ بالا تجربہ میتھائل الکوحل، ایسی ٹون اور ایتھر کے ساتھ دہرایا جائے تو یہ دیکھا گیا ہے کہ ایک ہی درجہ حرارت پر مختلف رقیق کے متوازن بخاراتی دباؤ مختلف ہوتے ہیں، اور وہ رقیق شے جس کا بخاراتی دباؤ زیادہ ہوتا ہے زیادہ طیران پذیر (Volatile) ہوتی ہے اور اس کا نقطہ جوش کم ہوتا ہے۔



نابیدہ کیلشیم کلورائیڈ



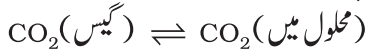
پانی کی ڈش

شکل 7.1 مستقل درجہ حرارت پر پانی کے متوازن ابخارات دباؤ کی پیمائش

اس وقت تک بڑھتا ہے جب تک کہ ایک مستقل مقدار حاصل نہ ہو جائے۔

رقيق میں گیس (Gases in Liquids)

جب سوڈا واٹر کی بوتل کھولی جاتی ہے تو اس میں گھلی ہوئی کاربن ڈائی آکسائیڈ کی کچھ مقدار تیزی سے باہر نکلتی ہے۔ یہ عمل مختلف دباؤ پر کاربن ڈائی آکسائیڈ کی حل پذیری میں فرق کی وجہ سے نظر آتا ہے۔ دباؤ کی حالت میں گیس کی حالت میں سالمات اور محلول میں حل شدہ سالمات کے درمیان توازن پایا جاتا ہے؛ یعنی:



یہ توازن ہنری کے قانون کے تحت ہوتا ہے جو یہ بتاتا ہے کہ کسی بھی درجہ حرارت پر ایک دی ہوئی مقدار کے محلول میں گھلی ہوئی گیس کی کمیت محلول کے اوپر گیس کے دباؤ کے تناسب میں ہوتی ہے۔ یہ مقدار درجہ حرارت بڑھنے پر گھٹتی ہے۔ سوڈا واٹر کی بوتل کو دباؤ کے تحت اس وقت سیل کیا جاتا ہے جب پانی میں اس کی حل پذیری زیادہ ہوتی ہے۔ جیسے ہی بوتل کو کھولا جاتا ہے۔ گھلی ہوئی کاربن ڈائی آکسائیڈ گیس نکل کر ایک نئے توازن کی حالت کو پہنچتی ہے جو کم دباؤ یعنی اس کے فضا میں جزوی دباؤ کے لیے لازمی ہوتا ہے۔ اس لیے بوتل کے سوڈا واٹر کو جب ہوا میں کچھ دیر کے لیے کھلا چھوڑ دیا جاتا ہے تو وہ بے لطف ہو جاتی ہے۔ یہ تعیم کیا جاسکتا ہے کہ:

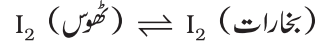
(i) ٹھوس $\rightleftharpoons$ رقيق توازن کے لیے 1 فضائی دباؤ (بار 1.013) پر صرف ایک ہی درجہ حرارت (نقطہ گداخت) ہوتا ہے جہاں دونوں ہیئت بیک وقت پائی جاتی ہیں۔ اگر اطراف سے حرارت کا تبادلہ نہ ہو تو دونوں ہیئتوں کی کمیت مستقل رہتی ہے۔

(ii) رقيق $\rightleftharpoons$ بخارات توازن میں، ایک دیے گئے درجہ حرارت پر بخارات کا دباؤ مستقل رہتا ہے۔

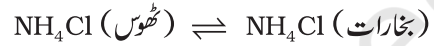
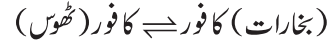
(iii) ٹھوس کے رقيق میں تحلیل ہونے پر دیے گئے درجہ حرارت پر حل پذیری مستقل ہوتی ہے

(iv) رقيق میں گیسوں کے تحلیل ہونے کے لیے، رقيق میں گیس کا ارتکاز رقيق کے اوپر گیس کے دباؤ (ارتکاز) کے تناسب میں ہوتا ہے۔ ان مشاہدات کو جدول 7.1 میں دکھایا گیا ہے۔

میں وقت کے ساتھ ساتھ کمی واقع ہوگی۔ کچھ وقت کے بعد رنگ کی شدت مستقل ہو جائے گی اور اس وقت توازن قائم ہو جائے گا۔ لہذا ٹھوس آئیوڈین کی تصعید سے آئیوڈین کے بخارات حاصل ہوتے ہیں اور آئیوڈین کے بخارات تکثیف کے بعد ٹھوس آئیوڈین دیتے ہیں۔ اس توازن کو مندرجہ ذیل طریقہ سے ظاہر کیا جاسکتا ہے۔



دوسری مثالیں جو اس طرح کا توازن دکھاتی ہیں وہ مندرجہ ذیل ہیں:

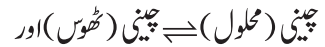


7.1.4 رقيق میں ٹھوس یا گیس کے افتراق کا توازن

(Equilibrium Involving Dissolution of Solid or Gases in Liquids)

رقيق میں ٹھوس (Solids in Liquids)

ہمارا اپنا ذاتی تجربہ یہ ہے کہ ہم کمرے کے درجہ حرارت پر پانی کی دی ہوئی مقدار میں نمک یا چینی کی ایک محدود مقدار ہی گھول سکتے ہیں۔ اگر ہم زیادہ درجہ حرارت پر چینی گھول کر ایک گاڑھا گھول تیار کریں تو محلول کو کمرہ کے درجہ حرارت تک ٹھنڈا کرنے پر اس میں چینی کے قلم علیحدہ ہو جاتے ہیں۔ ایک درجہ حرارت پر جب اور زیادہ مٹل (Solute) حل نہیں ہو سکتا تو ہم اسے سیر شدہ محلول (Saturated Solution) کہتے ہیں۔ سیر شدہ محلول میں مٹل کے ارتکاز کا انحصار درجہ حرارت پر ہوتا ہے۔ سیر شدہ محلول میں ٹھوس حالت میں مٹل کے سالمات اور محلول کے درمیان ایک حرکی توازن ہوتا ہے۔



چینی کے حل ہونے کی شرح = چینی کے قلماء کی شرح

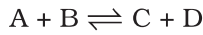
دونوں شرحوں کی مساویت اور توازن کی حرکی فطرت کو تابکار چینی کی مدد سے ثابت کیا گیا ہے۔ اگر ہم غیر تابکار چینی کے محلول میں کچھ تابکار چینی ڈال دیں، تو کچھ دیر بعد محلول اور ٹھوس چینی میں تابکاری کا عمل دیکھنے میں آئے گا۔ ابتدا میں محلول میں تابکار چینی کے سالمے نہیں تھے لیکن توازن کی حرکی فطرت کی وجہ سے دونوں ہیئتوں میں تابکار اور غیر تابکار چینی کے سالموں کا تبادلہ ہوتا ہے۔ محلول میں تابکار اور غیر تابکار سالموں کا تناسب

جدول 7.1 طبیعی توازن کی کچھ اہم خصوصیات

عمل	نتیجہ
رقیق $\rightleftharpoons$ بخارات $H_2O(l) \rightleftharpoons H_2O(g)$	P_{H_2O} دیے گئے درجہ حرارت پر مستقل ہوتا ہے
ٹھوس $\rightleftharpoons$ رقیق $H_2O(s) \rightleftharpoons H_2O(l)$	مستقل دباؤ پر نقطہ گداخت معین ہوتا ہے
مخل (ٹھوس) $\rightleftharpoons$ مخل (محلول) چینی (محلول) $\rightleftharpoons$ چینی (ٹھوس)	دیے گئے درجہ حرارت پر محلول میں مخل کا ارتکاز مستقل ہوتا ہے
گیس (گیس) $\rightleftharpoons$ گیس (آبی) $CO_2(g) \rightleftharpoons CO_2(aq)$	$[gas(aq)]/[gas(g)]$ دئے گئے درجہ حرارت پر مستقل ہوتا ہے
	$[CO_2(aq)]/[CO_2(g)]$ دئے گئے درجہ حرارت پر مستقل ہوتا ہے

7.2 کیمیائی اعمال میں توازن۔ حرکی توازن (Equilibrium In Chemical Processes – Dynamic Equilibrium)

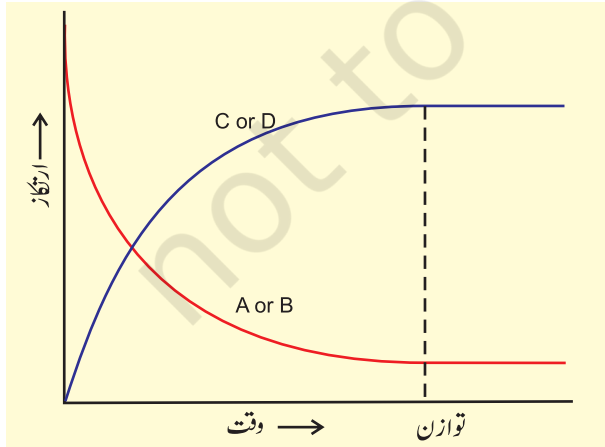
طبیعی نظام کے مماثل کیمیائی تعاملات بھی توازن کی حالت حاصل کرتے ہیں۔ یہ تعاملات بھی پیش رفت (Forward) اور پشت رفت (Backward) ہو سکتے ہیں۔ جب پیش رفت اور پشت رفت تعامل کی شرح برابر ہو جاتی ہے، تو متعامل اور ماحصل کی مقداریں مستقل رہتی ہیں۔ یہ کیمیائی توازن کی حالت ہوتی ہے۔ اس توازن کی فطرت حرکی ہوتی ہے کیونکہ اس میں ایک پیش رفت تعامل ہوتا ہے جس میں متعامل ماحصل دیتا ہے اور ایک رجعتی (Reverse) تعامل ہوتا ہے جس میں ماحصل ابتدائی متعامل دیتا ہے۔ اس کو اچھی طرح سمجھنے کے لیے آئیے ہم ایک رجعتی تعامل (Reversible Reaction) کی عام مثال لیتے ہیں۔



وقت گزرنے کے ساتھ ماحصل C اور D کی مقدار میں اضافہ ہوتا ہے اور متعامل A اور B کی مقداروں میں کمی آتی ہے (شکل 7.2)۔ اس کی وجہ سے پیش رفت تعامل کی شرح میں کمی واقع ہوتی ہے اور پشت رفت تعامل کی شرح میں اضافہ ہوتا ہے۔

دو تعاملات ایک ہی شرح پر واقع ہوتے ہیں اور نظام توازن کی حالت کو پہنچ جاتا ہے۔

اس طرح، تعامل اس وقت بھی توازن کی حالت کو پہنچے گا جب ہم صرف C اور D سے تعامل کی شروعات کریں اور ابتدا میں A اور B موجود نہ ہوں، کیونکہ توازن کسی بھی سمت سے حاصل ہو سکتا ہے۔



شکل 7.2 کیمیائی توازن کا حصول

7.1.5 طبیعی اعمال میں ہونے والے توازن کی عام خصوصیات (General Characteristics of Equilibria Involving Physical Processes)

ان طبیعی اعمال کے نظام میں جن پر اوپر بحث کی گئی ہے، توازن کے وقت مندرجہ ذیل عام خصوصیات ہوتی ہیں:

(i) ایک دیے گئے درجہ حرارت پر توازن صرف بند نظام میں ممکن ہے۔

(ii) دونوں متضاد اعمال یکساں شرح پر واقع ہوتے ہیں اور اس وقت ایک حرکی لیکن مستحکم حالت ہوتی ہے۔

(iii) نظام کی تمام قابل پیمائش خصوصیات مستقل رہتی ہیں۔

(iv) جب کسی طبیعی عمل میں توازن قائم ہو جاتا ہے، تو دیے گئے درجہ حرارت پر اس کے کسی ایک پیرامیٹر کی قدر مستقل ہوتی ہے۔ جدول 7.1 میں ایسی مقداروں کو دکھایا گیا ہے۔

(v) کس بھی مقام پر ایسی مقداروں کی وسعت اس حد کو ظاہر کرتی ہے جہاں تک وہ تعامل توازن تک پہنچنے سے پہلے جاتی ہے۔

حرکی توازن - ایک طالب علم کی سرگرمی

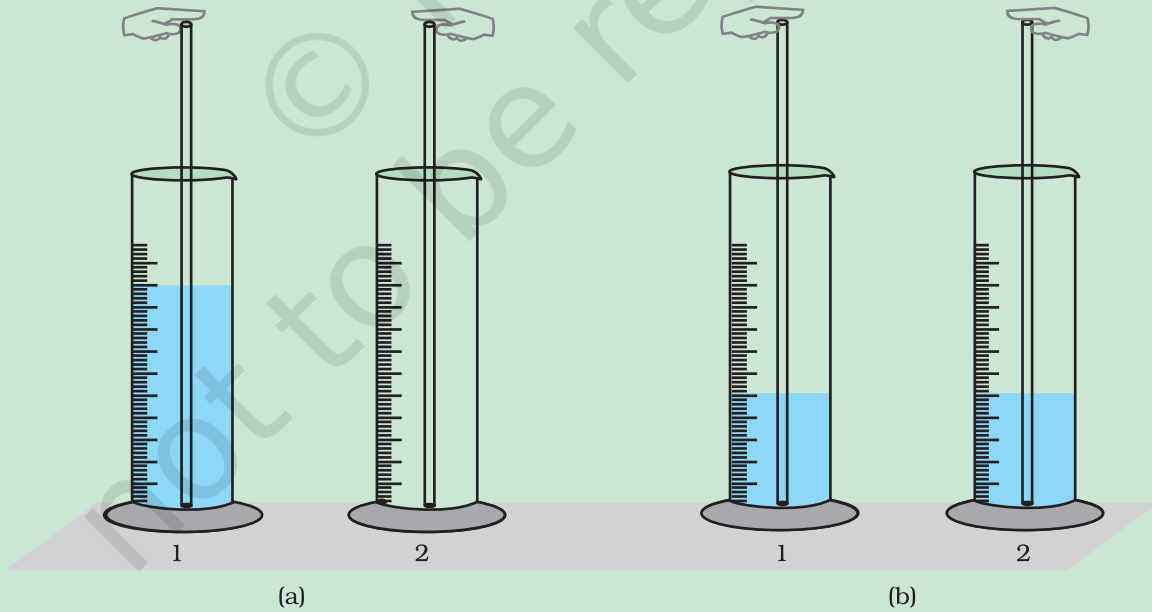
(Dynamic Equilibrium - A Student's Activity)

توازن، خواہ وہ طبعی نظام میں ہو جو یا کیمیائی نظام میں، فطرتاً ہی ہمیشہ حرکی ہوتا ہے اس کو تابکار ہم جا کے استعمال کے ذریعہ دکھایا جاسکتا ہے۔ یہ اسکول کی تجربہ گاہ میں ممکن نہیں ہے۔ تاہم مندرجہ ذیل سرگرمی کے ذریعہ اسے آسانی سے سمجھا جاسکتا ہے۔ یہ سرگرمی 5 یا 6 طالب علموں کی ایک جماعت کے ذریعہ کی جاسکتی ہے۔

100mL والے دو پیمائشی سلنڈر (ان پر 1 اور 2 لکھ دیجیے) اور 30cm لمبائی کی دو کانچ کی نلیاں لیجیے۔ دونوں نلیوں کا نصف قطر یا تو برابر ہو یا 3-5mm کے فرق سے ہو سکتا ہے۔ پیمائشی سلنڈر 1 کو رنگین پانی سے تقریباً آدھا بھر دیجیے (اس کے لیے آپ پانی میں چند دانے پوٹاشیم پرمینگنیٹ کے ڈال سکتے ہیں) اور دوسرے پیمائشی سلنڈر نمبر 2 کو خالی رکھیے۔

ایک نلی کو سلنڈر 1 میں اور دوسری کو سلنڈر 2 میں رکھیے۔ ایک ٹیوب کو سلنڈر 1 میں ڈبائے انگلی سے اس کے اوپری سرے کو بند کیجیے اور اس میں بھری ہوئی رنگین رقیق شے کو سلنڈر 2 کے نچلے حصے میں منتقل کر دیجیے۔ سلنڈر 2 میں رکھی ہوئی نلی کا استعمال کرتے ہوئے سلنڈر 2 سے رنگین پانی اسی طرح سلنڈر 1 میں منتقل کیجیے۔ اس طریقے سے دونوں گلاس کی نلیوں کو استعمال کرتے ہوئے رنگین پانی کو سلنڈر 1 سے سلنڈر 2 اور سلنڈر 2 سے سلنڈر 1 میں منتقل کرتے رہیے یہاں تک کہ آپ دیکھیں کہ دونوں سلنڈروں میں رنگین پانی کی سطح مستقل ہوگئی ہے۔

اگر آپ دونوں سلنڈروں کے رنگین پانی کو اسی طرح ادل بدل کرتے رہیں تو دونوں سلنڈروں میں رنگین پانی کی سطح میں کوئی تبدیلی نہیں آئے گی۔ اگر ہم رنگین پانی کی سطح، کو متعامل اور ماحصل کے 'ارکاز' کے مماثل مان لیں تو ہم کہہ سکتے ہیں کہ تبادلے کا عمل جو سطح کی استقامت کے بعد بھی جاری رہتا ہے عمل کی حرکی فطرت کا مظہر ہوتا ہے۔ اگر ہم اس تجربہ کو دو مختلف قطر کی نلیوں کے ساتھ دہرائیں تو ہم دیکھیں گے کہ دونوں سلنڈروں میں توازن کے وقت رنگین پانی کی سطح مختلف ہے۔ دو سلنڈروں کی سطح میں فرق کے لیے قطر کس حد تک ذمہ دار ہوتے ہیں؟ خالی سلنڈر 2 اس بات کا مظہر ہے کہ ابتدا میں کوئی ماحصل نہیں تھا۔

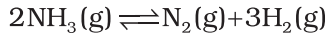
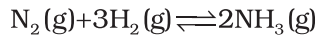


شکل 7.3 توازن کی حرکی فطرت کا مظاہرہ (a) ابتدائی حالت (b) اختتامی حالت جب توازن حاصل ہو چکا ہے۔

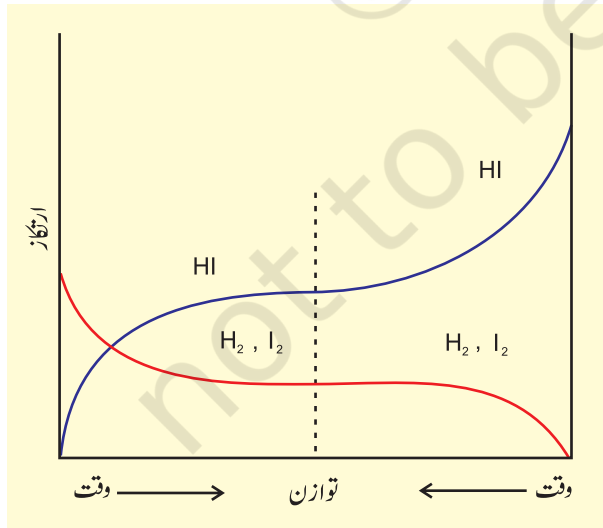
ہائڈروجن اور اس کی ڈیوٹریٹڈ (Deuterated) قسمیں (HD ، H_2) اور (D_2) موجود ہیں۔ اس طرح کوئی بھی یہ نتیجہ نکال سکتا ہے کہ سالمات میں H اور D کی کش مکش آمیزہ میں تعامل کے مسلسل پیش رفت اور پشت رفت تعاملات کے نتیجے میں ہوتی ہے۔ اگر تعامل اسی وقت رک جاتا جب توازن قائم ہو چکا تھا تو اس طرح آکسٹو پلس کی آمیزش نہ ہوتی۔

امونیا کی تیاری میں آکسٹو پلس (ڈیوٹیریم) کا استعمال واضح طور پر بتاتا ہے کہ 'کیمیائی تعاملات ایک حرکی توازن کی حالت کو پہنچتے ہیں جس میں پیش رفت اور پشت رفت تعاملات کی شرح برابر ہوتی ہے اور ترکیب میں کوئی تبدیلی نہیں ہوتی۔'

توازن دونوں سمتوں سے حاصل ہو سکتا ہے خواہ ہم H_2 گیس اور N_2 گیس لے کر NH_3 حاصل کریں یا NH_3 گیس لے کر اس کو N_2 گیس اور H_2 گیس میں تحلیل کریں۔

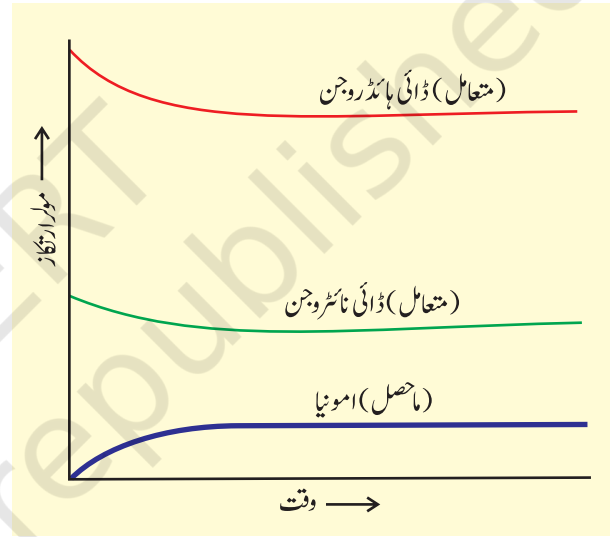


اسی طرح آئیے ہم تعامل $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ پر غور کرتے ہیں۔ اگر ہم شروعات H_2 اور I_2 کی یکساں مقداروں سے کرتے ہیں تو تعامل آگے کی سمت چلے گا اور H_2 اور I_2 کی مقداریں کم ہوں گی جبکہ HI کی مقدار میں اضافہ ہوگا، جب تک کہ یہ سب توازن کے وقت مستقل نہ ہو جائیں (شکل 7.5)۔ اگر H اور I کی کل تعداد ایک دیئے



شکل 7.5 تعامل $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ میں کیمیائی توازن دونوں سمتوں سے حاصل ہو سکتا ہے۔

کیمیائی توازن کی حرکی فطرت کو امونیا کی ہمبر پرائیس کے ذریعہ تالیف کی مثال سے واضح کیا جاسکتا ہے۔ تجربات کے ایک سلسلے میں ہمبر نے معلوم مقدار میں ڈائی نائٹروجن اور ڈائی ہائڈروجن کو بہت زیادہ درجہ حرارت اور دباؤ پر رکھ کر تجربات کی شروعات کی اور مقررہ وقفہ اوقات پر امونیا کی دستیاب مقدار معلوم کی۔ انہوں نے غیر تعامل شدہ ڈائی ہائڈروجن اور ڈائی نائٹروجن کی مقدار معلوم کرنے میں بھی کامیابی حاصل کی۔ شکل 7.4 دکھاتی ہے کہ کچھ وقفہ کے بعد آمیزے کی ترکیب مستقل رہتی ہے حالانکہ کچھ متعامل ابھی بھی موجود ہیں۔ ترکیب میں یہ استقامت



شکل 7.4 تعامل $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ کے لیے توازن کا اظہار

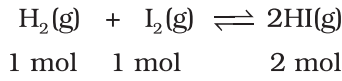
ظاہر کرنی ہے کہ تعامل اپنے توازن پر پہنچ گیا ہے۔ تعامل کی حرکی فطرت کو سمجھنے کے لیے امونیا کی تالیف بالکل ایسے ہی حالات (جزوی دباؤ اور درجہ حرارت کے) سے شروع کی گئی لیکن H_2 کی جگہ D_2 (ڈیوٹیریم) استعمال کی گئی۔ تعاملی آمیزہ H_2 یا D_2 سے شروع ہو کر اسی ترکیب کے ساتھ توازن کو پہنچتا ہے سوائے اس کے کہ H_2 اور NH_3 کی جگہ D_2 اور N پائے جاتے ہیں۔ توازن قائم ہونے کے بعد یہ دونوں آمیزے (H_2 ، NH_3 ، N_2 اور D_2 ، ND_3 ، N_2) ایک ساتھ ملا کر کچھ دیر کے لیے چھوڑ دیے جاتے ہیں۔ بعد میں جب اس آمیزے کا تجزیہ کیا گیا تو یہ پایا کہ امونیا کی مقدار اتنی ہی ہے جتنی کہ پہلے تھی۔ تاہم جب اس آمیزے کا ماس اسپیکٹرومیٹر کے ذریعہ جائزہ لیا گیا تو دیکھا گیا کہ امونیا اور امونیا کی ڈیوٹیریم والی قسمیں (NH_3 ، NH_2D ، NHD_2 اور ND_3) اور ڈائی

ناروے کے کیمیا داں کیٹومکسی ملن گلبگ اور پیٹرواگ نے 1864 میں یہ تجویز پیش کی کہ ایک توازن آمیزے میں ارتکاز مندرجہ ذیل توازن مساوات کے مطابق تعلق رکھتے ہیں۔

$$K_c = \frac{[C][D]}{[A][B]} \quad (7.1)$$

جہاں K_c ایک توازن مستقلہ ہے اور دائیں سمت کی علامات توازن مستقلہ علامات کہلاتی ہیں۔

توازن مساوات 'عمل کیمیت کا کلیہ' (Law of Mass Action) بھی کہلاتی ہے کیونکہ علم کیمیا کے ابتدائی ایام میں ارتکاز 'سرگرم کیمیت' (Active Mass) کہلاتا تھا۔ ان کے کام کو بہتر طور پر سمجھنے کے لیے ہم 731K پر ایک سیل بند برتن میں H_2 اور I_2 گیسوں کے درمیان تعامل کی مثال لیتے ہیں۔



تجربات کے چھ سیٹ متبادل ابتدائی حالات میں انجام دیے گئے پہلے چار تجربات (1، 2، 3) کی شروعات I_2 اور H_2 گیسوں کو سیل بند برتنوں میں لے کر اور باقی دو تجربات (5 اور 6) میں صرف HI لے کر کی گئی۔ تجربات 1، 2، 3، 4 میں H_2 اور I_2 کی مختلف مقداریں لی گئیں اور وقت گزرنے کے ساتھ ساتھ یہ دیکھا گیا کہ کاسنی رنگ کی شدت قائم رہتی ہے اور توازن قائم ہو جاتا ہے۔ اسی طرح تجربات 5 اور 6 میں مختلف سمت سے توازن قائم ہوتا ہے۔

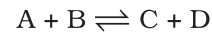
ہوئے حجم میں برابر ہے تو بالکل ایسا ہی متوازن آمیزہ حاصل ہوگا خواہ ہم اسے خالص متعامل سے شروع کریں یا خالص ماحصل سے۔

7.3 کیمیائی توازن کا قانون اور توازن مستقلہ

(Law Of Chemical Equilibrium And Equilibrium Constant)

توازن کی حالت میں متعامل اور ماحصل کا آمیزہ توازن آمیزہ (Equilibrium Mixture) کہلاتا ہے۔ اس حصہ میں ہم توازن آمیزہ کی ترکیب سے متعلق اہم سوالات کو موضوع بنائیں گے۔ توازن آمیزے میں متعامل اور ماحصل کے ارتکاز کے درمیان کیا تعلق ہے؟ ابتدائی ارتکاز سے ہم توازن ارتکاز کیسے معلوم کر سکتے ہیں؟ توازن آمیزے کی ترکیب کو بدلنے کے لیے ہم کون کون سے عوامل کو کام میں لا سکتے ہیں؟ آخری سوال خاص طور پر اس وقت اہم ہے کہ جب ہم صنعتی کیمیکل جیسے CaO ، NH_3 ، H_2 وغیرہ کی تالیف کے لیے حالات کا انتخاب کرتے ہیں۔

ان سوالات کا جواب دینے کے لیے آئیے ہم ایک عمومی رجعتی تعامل پر غور کرتے ہیں۔



جہاں متوازن کیمیائی مساوات میں A اور B متعامل اور C اور D ماحصل ہیں۔ بہت سے رجعتی تعاملات پر کیے گئے تجرباتی مطالعہ کی بنیاد پر

جدول 7.2 H_2 ، I_2 اور HI کی ابتدائی اور توازن مقدا ریں

توازن ارتکاز $mol L^{-1}$			ابتدائی ارتکاز $mol L^{-1}$			تجربہ نمبر
[HI (g)]	[I ₂ (g)]	[H ₂ (g)]	[HI (g)]	[I ₂ (g)]	[H ₂ (g)]	
2.52×10^{-2}	0.12×10^{-2}	1.14×10^{-2}	0	1.38×10^{-2}	2.4×10^{-2}	1
2.96×10^{-2}	0.20×10^{-2}	0.92×10^{-2}	0	1.68×10^{-2}	2.4×10^{-2}	2
3.34×10^{-2}	0.31×10^{-2}	0.77×10^{-2}	0	1.98×10^{-2}	2.44×10^{-2}	3
3.08×10^{-2}	0.22×10^{-2}	0.92×10^{-2}	0	1.76×10^{-2}	2.46×10^{-2}	4
2.35×10^{-2}	0.345×10^{-2}	0.345×10^{-2}	3.04×10^{-2}	0	0	5
5.86×10^{-2}	0.86×10^{-2}	0.86×10^{-2}	7.58×10^{-2}	0	0	6

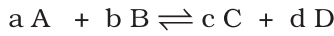
$$(7.2) \quad K_c = [\text{HI}(\text{g})]_{\text{eq}}^2 / [\text{H}_2(\text{g})]_{\text{eq}} [\text{I}_2(\text{g})]_{\text{eq}}$$

عام طور پر زیریں علامت 'eq' (توازن کے لیے استعمال ہوتی ہے) کو ارتکاز کی اصطلاح سے خارج کر دیا جاتا ہے۔ یہ مان کر چلتے ہیں کہ علامت میں K_c کے لیے ارتکاز توازن قدریں ہیں۔ لہذا ہم لکھتے ہیں۔

$$(7.3) \quad K_c = [\text{HI}(\text{g})]^2 / [\text{H}_2(\text{g})] [\text{I}_2(\text{g})]$$

زیریں علامت 'c' ظاہر کرتا ہے کہ K_c کو mol L^{-1} کے ارتکاز میں ظاہر کیا گیا ہے۔

”کسی دیے ہوئے درجہ حرارت پر ایک متوازن کیمیائی مساوات میں تعامل کے حاصل کے اپنے تناسب پیمائی ضربیہ تک اٹھائے گئے ارتکاز کے حاصل کو اپنے متعلقہ تناسب پیمائی ضربیہ تک اٹھائے گئے تعامل کے ارتکاز کے حاصل سے تقسیم کرنے پر ایک مستقل قدر حاصل ہوتی ہے یہ توازن کا قانون یا کیمیائی توازن کا قانون کہلاتا ہے۔ ایک عام تعامل



کے لیے توازن مستقل کو اس طرح ظاہر کریں گے

$$(7.4) \quad K_c = [\text{C}]^c [\text{D}]^d / [\text{A}]^a [\text{B}]^b$$

جہاں $[\text{A}]$ ، $[\text{B}]$ ، $[\text{C}]$ اور $[\text{D}]$ متعامل اور حاصل کے توازن ارتکاز ہیں مندرجہ ذیل تعامل $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ کے لیے توازن مستقل اس طرح لکھا جائے گا

$$K_c = [\text{NO}]^4 [\text{H}_2\text{O}]^6 / [\text{NH}_3]^4 [\text{O}_2]^5$$

مختلف اشیا کا مولر ارتکاز مربع بریکٹ میں بند کر کے ظاہر کیا جاتا ہے، جیسا کہ اوپر دکھایا گیا ہے۔ توازن مستقل کے لیے جب ہم علامت لکھتے ہیں تو حالت کے لیے علامات (S. I. g) کو عام طور پر نظر انداز کر دیتے ہیں۔

آئیے ہم تعامل



کے لیے توازن مستقل ایسے لکھیں:

$$(7.6) \quad K_c = [\text{HI}]^2 / [\text{H}_2] [\text{I}_2] = x$$

اسی درجہ حرارت پر رجعتی تعامل $2\text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$ کے لیے توازن مستقل

تجربات کے ان چھ سیٹوں سے حاصل کردہ اعداد و شمار جدول 7.2 میں دکھائے گئے ہیں۔

تجربات 1، 2، 3 اور 4 سے یہ صاف ظاہر ہے کہ ڈائی ہائیڈروجن کے تعامل کرنے والے مولوں کی تعداد = آیوڈین کے تعامل کرنے والے مولوں کی تعداد $\frac{1}{2}$ (HI مولوں کی تعداد) تجربات 5 اور 6 بھی دکھاتے ہیں کہ

$$[\text{H}_2(\text{g})]_{\text{eq}} = [\text{I}_2(\text{g})]_{\text{eq}}$$

مندرجہ بالا حقائق جانتے ہوئے متعامل اور حاصل کے ارتکاز میں تعلق قائم کرنے کے لیے مختلف اتحاد (Combination) بنائے جاسکتے ہیں۔ آئیے ایک مثال پر غور کرتے ہیں۔

$$[\text{HI}(\text{g})]_{\text{eq}} / [\text{H}_2(\text{g})]_{\text{eq}} [\text{I}_2(\text{g})]_{\text{eq}}$$

جدول 7.3 سے دیکھا جاسکتا ہے کہ اگر ہم متعامل اور حاصل کے لیے توازن مستقلوں کی قیمت رکھ دیں تو مندرجہ بالا علامت مستقل سے بہت دور ہے۔ تاہم اگر ہم مندرجہ ذیل علامت دیکھیں تو

$$[\text{HI}(\text{g})]_{\text{eq}}^2 / [\text{H}_2(\text{g})]_{\text{eq}} [\text{I}_2(\text{g})]_{\text{eq}}$$

ہم دیکھتے ہیں کہ یہ علامت تمام چھ سیٹوں میں مستقل قیمت دکھاتی ہے۔ (جیسا کہ جدول 7.3 میں دکھایا گیا ہے)۔

جدول 7.3 تعامل $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ کے لیے متعامل کے توازن ارتکاز کو ظاہر کرنے والی علامت

تجربہ نمبر	$\frac{[\text{HI}(\text{g})]_{\text{eq}}^2}{[\text{H}_2(\text{g})]_{\text{eq}} [\text{I}_2(\text{g})]_{\text{eq}}}$	$\frac{[\text{HI}(\text{g})]_{\text{eq}}}{[\text{H}_2(\text{g})]_{\text{eq}} [\text{I}_2(\text{g})]_{\text{eq}}}$
1	46.4	1840
2	47.6	1610
3	46.7	1400
4	46.9	1520
5	46.4	1970
6	46.4	790

یہ دیکھا جاسکتا ہے کہ اس علامت میں متعامل اور حاصل کی ارتکاز کی قوت دراصل کیمیائی تعامل کے لیے مساوات میں تناسب پیمائی کی شرح (Stoichiometric Coefficient) ہیں لہذا تعامل $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ کے لیے مساوات 7.1 کے مطابق توازن مستقل K_c اس طرح لکھا جاسکتا ہے۔

مسئلہ 7.1

500K درجہ حرارت پر $[N_2]$ اور H_2 سے $[NH_3]$ بننے میں توازن کے وقت مندرجہ ذیل ارتکاز حاصل ہوتے ہیں
 $[H_2] = 3.0 \times 10^{-2} M$ ، $[N_2] = 1.5 \times 10^{-2} M$
 $[NH_3] = 1.2 \times 10^{-2} M$ توازن مستقلہ کی قیمت معلوم کیجیے۔

حل

تعال $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ کے لیے توازن مستقلہ اس طرح لکھا جاسکتا ہے۔

$$K_c = \frac{[NH_3(g)]^2}{[N_2(g)][H_2(g)]^3}$$

$$= \frac{(1.2 \times 10^{-2})^2}{(1.5 \times 10^{-2})(3.0 \times 10^{-2})^3}$$

$$= 0.106 \times 10^4 = 1.06 \times 10^3$$

مسئلہ 7.2

تعال $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ کے لیے ایک سیل بند برتن 800K پر توازن کے وقت ارتکاز $N_2 = 3.0 \times 10^{-3} M$ ، $O_2 = 4.2 \times 10^{-3} M$ اور $NO = 2.8 \times 10^{-3} M$ پائے گئے۔ تعال کے لیے K_c کی قیمت کیا ہوگی؟

حل

تعال کے لیے توازن مستقلہ K_c اس طرح لکھا جاسکتا ہے

$$K_c = \frac{[NO]^2}{[N_2][O_2]}$$

$$= \frac{[2.8 \times 10^{-3} M]^2}{[3.0 \times 10^{-3} M][4.2 \times 10^{-3} M]}$$

$$= 0.622$$

7.4 متجانس توازن

(Homogeneous Equilibria)

ایک متجانس نظام میں تمام متعال اور حاصل ایک ہی ہیئت میں ہوتے ہیں۔
مثال کے طور پر ایک گسی تعال $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

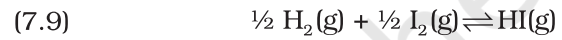
$$(7.7) \quad K'_c = [H_2][I_2] / [HI]^2 = 1/x = 1/K_c$$

اس طرح

$$(7.8) \quad K'_c = 1/K_c$$

”پشت رفت تعال کے لیے توازن مستقلہ پیش رفت تعال کے توازن مستقلہ کے مقلوب تناسب میں ہوتا ہے۔“

اگر ہم کسی کیمیائی مساوات کو اوّل سے آخر تک ایک ضریب سے ضرب کر کے تناسب پیدا ضریب کو تبدیل کر دیں تو ہمیں اس بات کو بھی یقینی بنانا ہوگا کہ توازن مستقلہ کا اظہار بھی اس تبدیلی کو ظاہر کرے۔ مثال کے طور پر اگر مساوات 7.5 کو اس طرح لکھیں

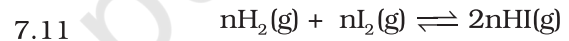


تو مندرجہ بالا تعال کے لیے توازن مستقلہ اس طرح دیا جاسکتا ہے:

$$K'_c = [HI] / [H_2]^{1/2} [I_2]^{1/2} = \{[HI]^2 / [H_2][I_2]\}^{1/2}$$

$$(7.10) \quad = x^{1/2} = K_c^{1/2}$$

مساوات 7.5 کو n سے ضرب کرنے پر ہمیں:



حاصل ہوتی ہے۔

لہذا تعال کے لیے توازن مستقلہ K_c^n کے برابر ہوگا۔ یہ نتائج جدول 7.4 میں دکھائے گئے ہیں۔

جدول 7.4 ایک عمومی تعال کے لیے توازن مستقلوں اور اس کے اضعاغ کے مابین تعلق

توازن مستقلہ	کیمیائی مساوات
K	$a A + b B \rightleftharpoons c C + d D$
$K'_c = (1/K_c)$	$c C + d D \rightleftharpoons a A + b B$
$K_c^n = (K_c^n)$	$na A + nb B \rightleftharpoons nc C + nd D$

یہ قابل غور ہے کہ توازن مستقلوں K_c اور K'_c کی عددی قدریں مختلف ہیں۔ یہ اہم ہے کہ توازن مستقلہ کی قیمت کے اظہار کے وقت متوازن کیمیائی مساوات کی شکل کو واضح کیا جائے۔

$$(7.12) \quad K_c = \frac{(p_{HI})^2}{(p_{H_2})(p_{I_2})} \quad \text{یا}$$

مزید: چونکہ

$$p_{HI} = [HI(g)]RT$$

$$p_{I_2} = [I_2(g)]RT$$

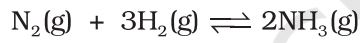
$$p_{H_2} = [H_2(g)]RT$$

لہذا

$$(7.13) \quad K_p = \frac{(p_{HI})^2}{(p_{H_2})(p_{I_2})} = \frac{[HI(g)]^2 [RT]^2}{[H_2(g)]RT [I_2(g)]RT} \\ = \frac{[HI(g)]^2}{[H_2(g)][I_2(g)]} = K_c$$

اس مثال میں $K_p = K_c$ یعنی دونوں توازن مستقلے برابر ہیں تاہم

ہمیشہ ہی ایسا نہیں ہوتا۔ مثال کے طور پر تعامل



$$K_p = \frac{(p_{NH_3})^2}{(p_{N_2})(p_{H_2})^3} \\ = \frac{[NH_3(g)]^2 [RT]^2}{[N_2(g)]RT [H_2(g)]^3 (RT)^3} \\ = \frac{[NH_3(g)]^2 [RT]^2}{[N_2(g)][H_2(g)]^3} = K_c (RT)^{-2} \\ \text{or } K_p = K_c (RT)^{-2}$$

(7.14)

اسی طرح ایک عام تعامل

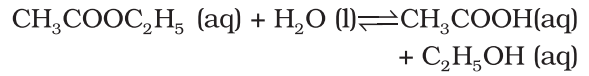


کے لیے

$$K_p = \frac{(p_c^c)(p_d^d)}{(p_a^a)(p_b^b)} = \frac{[C]^c [D]^d (RT)^{(c+d)}}{[A]^a [B]^b (RT)^{(a+b)}} \\ = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} (RT)^{(c+d)-(a+b)} \\ = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} (RT)^{\Delta n} = K_c (RT)^{\Delta n}$$

(7.15)

میں متعامل اور ماحصل ایک متجانس ہیئت میں ہوتے ہیں۔ اسی طرح تعاملات،



اور $Fe^{3+}(aq) + SCN^-(aq) \rightleftharpoons Fe(SCN)^{2+}(aq)$ کے لیے

تمام متعامل اور ماحصل متجانس محلول ہیئت (Homogeneous

Solution Phase) میں ہیں اب ہم کچھ متجانس ہیئت تعاملات کے

لیے توازن مستقلے دیکھیں گے

7.4.1 گیس نظام کے لیے توازن مستقلہ (Equilibrium

Constant in Gaseous Systems)

اب تک ہم نے تعاملات کے توازن مستقلے مولر ارتکاز کی اصطلاح میں ظاہر کیے ہیں اور اس کے لیے علامت K_c کا استعمال کیا ہے۔ ان تعاملات کی لیے جن میں عام طور پر گیس شامل ہوتی ہیں توازن مستقلہ کو جزوی دباؤ (Partial Pressure) کی اصطلاح میں ظاہر کرنا زیادہ آسان ہوتا ہے۔

مثالی گیس مساوات اس طرح لکھی جاتی ہے

$$pV = nRT$$

$$\Rightarrow p = \frac{n}{V}RT$$

یہاں p دباؤ Pa میں ظاہر کیا گیا ہے، n گیس کے مولوں کی تعداد ہے حجم جو کہ m^3 میں ظاہر کیا گیا ہے اور T درجہ حرارت کیلون میں ہے۔ لہذا، n/V ، mol/m^3 میں ظاہر کیا گیا ارتکاز ہے۔

اگر ارتکاز mol/L یا mol/dm^3 میں اور p بار میں ہے تو

$$p = cRT$$

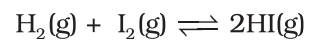
اسے ہم اس طرح بھی لکھ سکتے ہیں: $p = [gas] RT$

یہاں $R = 0.0831 \text{ bar litre/mol K}$ ہے۔

مستقل درجہ حرارت پر کسی گیس کا دباؤ اس کے ارتکاز کے تناسب

میں ہوتا ہے، یعنی $p \propto [gas]$

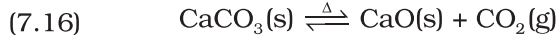
تبادل کے توازن پر ہونے پر



ہم لکھ سکتے ہیں:

$$K_c = \frac{[HI(g)]^2}{[H_2(g)][I_2(g)]}$$





تناسب پیمائی مساوات کی بنیاد پر ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$K_c = \frac{[\text{CaO}(s)][\text{CO}_2(g)]}{[\text{CaCO}_3(s)]}$$

چونکہ $[\text{CaO}(s)]$ اور $[\text{CaCO}_3(s)]$ دونوں مستقل ہیں، لہذا، کیمیشم کاربونیٹ کے حراری افتراق کے لیے تبدیل شدہ توازن مستقلہ اس طرح ہوگا۔

$$(7.17) \quad K_c = [\text{CO}_2(g)]$$

یا

$$(7.18) \quad K_p = p_{\text{CO}_2}$$

توازن مستقلہ کی اکائیاں

(Units of Equilibrium Constant)

توازن مستقلہ K_c کی قدر ارتکازی ارکان کو mol/L میں تبدیل کر کے معلوم کی جاسکتی ہے اور K_p کے لیے جزوی دباؤ کو kPa، Pa، atm یا bar میں تبدیل کر کے معلوم کر سکتے ہیں۔ اس کے نتیجے میں توازن مستقلہ کی اکائیاں حاصل ہوتی ہیں جن کا انحصار مولاریت یا دباؤ پر ہوتا ہے جب تک کہ شمار کنندہ اور نسب نمادوں کے قوت نما یکساں نہ ہوں۔

مندرجہ ذیل تعاملات $\text{H}_2(g) + \text{I}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{HI}(g)$ کے K_c کے لیے اور K_p کی کوئی اکائی نہیں ہے۔ $\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g)$ کے K_c کی اکائی mol/L اور K_p کی اکائی بار ہے۔

توازن مستقلوں کو بغیر جسامت کی مقداروں کی شکل میں بھی ظاہر کیا جاسکتا ہے اگر متعامل اور ماحصل کی معیاری حالتیں بتائی گئی ہوں۔ ایک خالص گیس کے لیے معیاری حالت 1 bar ہے۔ لہذا خالص حالت میں 4 bar کو اس طرح ظاہر کیا جاسکتا ہے۔ $4\text{bar}/1\text{bar}=4$ جو ایک غیر جسامتی (Dimensionless) عدد ہے۔ ایک مٹل کے لیے معیاری حالت 1 mol/L (C₀) مولر محلول ہے اور تمام ارتکازی حوالے سے ناپے جاسکتے ہیں۔ توازن مستقلہ کی عددی قیمت منتخب معیاری حالت پر منحصر ہوتی ہے۔ لہذا اس نظام میں K_p اور K_c دونوں ہی بغیر جسامت کی مقداریں ہیں لیکن مختلف معیاری حالتوں کی وجہ سے ان کی عددی قیمتیں مختلف ہوتی ہیں۔

مسئلہ 7.5

توازن $2\text{NOCl}(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}(g) + \text{Cl}_2(g)$ کے لیے توازن K_c درجہ حرارت 1069K پر 3.75×10^{-6} ہے۔ اس درجہ حرارت پر تعامل کے لیے K_p معلوم کیجیے؟

حل

ہم جانتے ہیں کہ

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$$

مندرجہ بالا مساوات کے لیے

$$\Delta n = (2+1) - 2 = 1$$

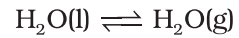
$$K_p = 3.75 \times 10^{-6} (0.0831 \times 1069)$$

$$K_p = 0.033$$

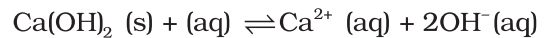
7.5 غیر متجانس توازن

(Heterogeneous Equilibria)

ایک سے زیادہ ہیئت والے نظاموں کے توازن غیر متجانس توازن (Heterogeneous Equilibrium) کہلاتے ہیں۔ ایک بند برتن میں اجزات اور پانی کے درمیان توازن، غیر متجانس توازن کی مثال ہے۔



اس مثال میں ایک گیس ہیئت ہے اور دوسری رقیق ہیئت ہے۔ اس طرح ایک ٹھوس اور اس کے سیر شدہ محلول کے درمیان توازن ایک غیر متجانس توازن ہے۔



غیر متجانس توازن میں عام طور پر خالص ٹھوس یا رقیق شامل ہوتے ہیں۔ خالص رقیق یا خالص ٹھوس والے غیر متجانس توازن کے لیے ہم توازن کے اظہار کو آسان کر سکتے ہیں کیونکہ خالص ٹھوس یا رقیق کے مولر ارتکاز مستقل ہوتے ہیں۔ (یعنی مقدار سے مبرا ہوتے ہیں)۔ دوسرے الفاظ میں اگر شے 'X' شامل ہے تو $[\text{X}(s)]$ اور $[\text{X}(l)]$ مستقل ہوں گے خواہ 'X' کی مقدار کچھ بھی ہو، اس کے برعکس $[\text{X}(g)]$ اور $[\text{X}(aq)]$ میں فرق ہوگا کیونکہ ایک دیے ہوئے حجم میں X کی مقدار تبدیل ہو جاتی ہے۔ آئیے ہم کیمیشم کاربونیٹ کے حراری افتراق کو لیتے ہیں جو متجانس کیمیائی توازن کی ایک دلچسپ اور اہم مثال ہے۔

توازن کے وقت $2x \text{ bar}$ $(0.48-x) \text{ bar}$

$$K_p = \frac{p_{\text{CO}}^2}{p_{\text{CO}_2}}$$

$$K_p = (2x)^2 / (0.48 - x) = 3$$

$$4x^2 = 3(0.48 - x)$$

$$4x^2 = 1.44 - 3x$$

$$4x^2 + 3x - 1.44 = 0$$

$$a = 4, b = 3, c = -1.44$$

$$x = \frac{(-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac})}{2a}$$

$$= [-3 \pm \sqrt{(3)^2 - 4(4)(-1.44)}] / 2 \times 4$$

$$= (-3 \pm 5.66) / 8$$

$$= (-3 + 5.66) / 8$$

(چونکہ x کی قیمت منفی نہیں ہو سکتی لہذا ہم اسے نظر انداز کر دیتے ہیں)

$$x = 2.66 / 8 = 0.33$$

توازن جزوی دباؤ مندرجہ ذیل ہوں گے۔

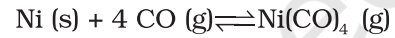
$$p_{\text{CO}} = 2x = 2 \times 0.33 = 0.66 \text{ bar}$$

$$p_{\text{CO}_2} = 0.48 - x = 0.48 - 0.33 = 0.15 \text{ bar}$$

اس سے ظاہر ہوتا ہے کہ ایک خاص درجہ حرارت پر CO_2 کا مستقل ارتکاز یا دباؤ CaO(s) اور $\text{CaCO}_3(\text{s})$ کے ساتھ توازن میں ہوتا ہے۔ تجربہ کے ذریعہ یہ پایا گیا کہ 1100K پر CO_2 کا دباؤ جو CaO(s) اور $\text{CaCO}_3(\text{s})$ کے ساتھ توازن میں ہے $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ہے۔ لہذا 1100K پر مندرجہ بالا تعامل کا توازن مستقلہ مندرجہ ذیل ہوگا:

$$K_p = p_{\text{CO}_2} = 2 \times 10^5 \text{ Pa} / 10^5 \text{ Pa} = 2.00$$

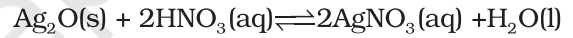
اسی طرح نکل، کاربن مونو آکسائیڈ اور نکل کاربونیل (نکل کی تخلیص میں استعمال کیا گیا) کے درمیان توازن میں،



توازن مستقلہ اس طرح لکھا جاسکتا ہے،

$$K_c = \frac{[\text{Ni(CO)}_4]}{[\text{CO}]^4}$$

یہ یاد رکھنا چاہیے کہ غیر متجانس توازن میں توازن قائم کرنے کے لیے خالص ٹھوس یا رقیق موجود ہونا چاہیے (خواہ وہ کتنے ہی کم کیوں نہ ہوں)، لیکن ان کے ارتکاز یا جزوی دباؤ توازن مستقلہ کی عبادت میں ظاہر نہیں ہوتے۔ مندرجہ ذیل تعامل میں:



$$K_c = \frac{[\text{AgNO}_3]^2}{[\text{HNO}_3]^2}$$

7.6 توازن مستقلوں کے استعمال (Applications)

Of Equilibrium Constants

توازن مستقلوں کے استعمال کو سمجھنے سے پہلے آئیے ہم توازن مستقلہ کی اہم خصوصیات کا خلاصہ کرتے ہیں:

- 1- توازن مستقلہ اس وقت استعمال ہوتا ہے جب متعامل اور حاصل کے ارتکاز اپنی حالت توازن کو پہنچ جاتے ہیں۔
- 2- توازن مستقلہ کی قدر متعامل اور حاصل کے ابتدائی ارتکاز سے آزاد ہوتی ہے۔
- 3- توازن مستقلہ درجہ حرارت پر منحصر ہوتا ہے۔ کسی خاص تعامل کے لیے جس کا اظہار دیے ہوئے درجہ حرارت پر متوازن مساوات کے ذریعہ کیا جاتا ہے، اس کی قدر ایک منفرد اور مخصوص ہوتی ہے۔

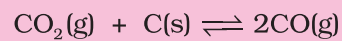
مسئلہ 7.6

تعام $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{C}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g})$ کے لیے K_p کی قدر 1000 K پر 3.0 ہے۔ اگر شروع میں $p_{\text{CO}_2} = 0.48 \text{ bar}$ اور $p_{\text{CO}} = 0 \text{ bar}$ اور خالص گریفائٹ موجود ہو تو CO اور CO_2 کے توازن جزوی دباؤ معلوم کیجیے۔

حل

تعام کے لیے

مان لیجیے کہ CO_2 کی x مقدار نے تعامل کیا، تب



ابتدائی دباؤ 0.48 bar 0

(c) 300 K پر تعامل $H_2(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2HBr(g)$ کے لیے $K_c = 5.4 \times 10^{18}$ ہے۔

- اگر $K_c < 10^{-3}$ ہو تو متعامل حاصل پر سبقت حاصل کر لیں گے: یعنی اگر K_c کی قیمت بہت کم ہے تو تعامل آگے بڑھے گا۔ مندرجہ ذیل مثالوں کا مطالعہ کیجیے:

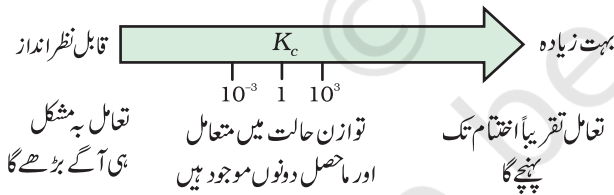
(a) 500 K پر H_2O کی H_2 اور O_2 میں تحلیل کے لیے توازن مستقلہ بہت کم ہے: $K_c = 4.1 \times 10^{-48}$

(b) $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ کے لیے 298 K پر $K_c = 4.8 \times 10^{-31}$ ہے

- اگر K_c 10^3 سے 10^{-3} کی رینج میں ہے تو متعامل اور حاصل دونوں کی مقداریں موجود ہوں گی۔ مندرجہ ذیل مثالیں دیکھئے:

(a) HI بنانے کے لیے H_2 اور I_2 کا 700 K پر تعامل $K_c = 57.0$

(b) N_2O_2 کی NO_2 میں تحلیل گیس حالت کے تعامل کی دوسری مثال ہے جس میں $25^\circ C$ پر $K_c = 4.64 \times 10^{-3}$ ہے جو نہ تو بہت زیادہ ہے اور نہ بہت کم۔ اس لیے توازن آمیزے میں NO_2 اور $NO_2N_2O_2$ دونوں ہی پائے جاتے ہیں۔ یہ تعمیمات مندرجہ ذیل شکل 7.6 میں ظاہر کی گئی ہیں۔



شکل 7.6 تعامل کی حد کا K_c پر انحصار

7.6.2 تعامل کی سمت کی پیشین گوئی کرنا (Predicting the Direction of the Reaction)

Direction of the Reaction

توازن مستقلہ کسی دیے ہوئے تعامل کی کسی بھی سطح پر جاری رہنے والی سمت کی پیشین گوئی کرنے میں مدد کرتا ہے۔ اس کے لیے ہم تعامل خارج قسمت Q (Reaction Quotient) معلوم کرتے ہیں تعامل خارج قسمت (Q_c) مولر ارتکاز کے ساتھ اور Q_p جزوی دباؤ کے ساتھ) کی تعریف اسی طرح بیان کی جاتی ہے جس طرح کے توازن مستقلہ K کی

4- پشت رفت تعامل کے لیے توازن مستقلہ کی قدر پیش رفت تعامل کے توازن مستقلہ کے مقلوب کے برابر ہوتی ہے۔

5- کسی تعامل کے لیے توازن مستقلہ K اس نظری تعامل کے توازن مستقلہ سے تعلق رکھتا ہے جس کی مساوات اصل تعامل کو کسی چھوٹے صحیح عدد سے ضرب یا تقسیم کر کے حاصل کی جاتی ہے۔

آئیے ہم مندرجہ ذیل کے لیے توازن مستقلہ کے استعمال پر غور کرتے ہیں:

- قدر کی بنیاد پر کسی تعامل کی حد کی پیشین گوئی کرنے میں،
- تعامل کی سمت کی پیشین گوئی کرنے میں اور
- توازن ارتکاز کی تحسین میں۔

7.6.1 تعامل کی حد کی پیشین گوئی کرنا

(Predicting the Extent of a Reaction)

کسی تعامل کے توازن مستقلہ کی عددی قدر (Numerical Value) تعامل کی حد کو ظاہر کرتی ہے۔ لیکن یہ قابل غور ہے کہ توازن ایسی کوئی معلومات فراہم نہیں کرتا جس سے یہ اندازہ ہو کہ تعامل کی شرح کیا ہے جس پر توازن پہنچا ہے۔ K_c یا K_p کی قدر حاصل کے ارتکاز کے براہ راست تناسب میں (جیسا کہ توازن مستقلہ کی عبادت میں شمار کنندہ سے ظاہر ہوتی ہیں) اور متعامل کے مقلوب تناسب میں (یہ نسب نما میں ظاہر ہوتی ہیں) ہوتی ہے۔ اس کا مطلب ہے کہ K کی بہت زیادہ قدر حاصل کے بہت زیادہ ارتکاز کو ظاہر کرتی ہے اور اس کے برعکس بھی۔ توازن آمیزے کی ترکیب سے متعلق ہم مندرجہ ذیل تعمیمات قائم کر سکتے ہیں۔

- اگر $K_c > 10^3$ ہے تو حاصل متعامل پر سبقت حاصل کر لیں گے، یعنی اگر K_c بہت زیادہ ہے تو تعامل تقریباً اختتام کو پہنچے گا۔ مندرجہ ذیل مثالوں کا مطالعہ کیجیے:

(a) 500 K پر H_2 کا O_2 کے ساتھ تعامل ہونے پر توازن مستقلہ بہت زیادہ ہے: $K_c = 2.4 \times 10^{47}$

(b) 300 K پر تعامل $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g)$ کے لیے $K_c = 4.0 \times 10^{31}$ ہے۔

- اگر $Q_c < K_c$ تو تعامل بائیں سے دائیں سمت جائے گا۔
- اگر $Q_c > K_c$ تو تعامل دائیں سے بائیں سمت جائے گا۔
- اگر $Q_c = K_c$ تو کوئی نیٹ تعامل نہیں ہوگا۔

مسئلہ 7.7

تو تعامل $2A \rightleftharpoons B + C$ کے لیے K_c کی قیمت 2×10^{-3} ہے۔ ایک دیے ہوئے وقت پر توازن آمیزے کی ترکیب $[A] = [B] = [C] = 3 \times 10^{-4} M$ ہے۔ تعامل کس سمت میں آگے بڑھ رہا ہے۔

حل

تو تعامل کے لیے تعامل خارج قسمت Q_c اس طرح دیا جاسکتا ہے۔
 $Q_c = [B][C] / [A]^2$

چونکہ

$$[A] = [B] = [C] = 3 \times 10^{-4} M$$

$$Q_c = (3 \times 10^{-4})(3 \times 10^{-4}) / (3 \times 10^{-4})^2 = 1$$

چونکہ $Q_c > K_c$ ہے لہذا تعامل پشت رفت ہوگا۔

7.6.3 توازن ارتکاز کی تحسب

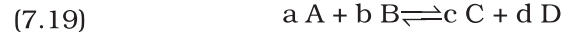
(Calculating Equilibrium Concentrations)

ایسے کیس میں جہاں ہمیں ابتدائی ارتکاز معلوم ہوں لیکن ہم کسی بھی توازن ارتکاز کو نہیں جانتے تو ہمیں مندرجہ ذیل اقدامات کرنے ہوں گے۔

- 1- تعامل کے لیے متوازن مساوات لکھیے
- 2- متوازن مساوات کے نیچے ایک جدول بنائیے جس میں تعامل میں حصہ لینے والے مادوں کے لیے فہرست بنائیں جس میں:
 - (a) ابتدائی ارتکاز لکھے جائیں،
 - (b) توازن کی سمت بڑھتے وقت ارتکاز میں تبدیل لکھی جائے اور
 - (c) توازن ارتکاز لکھے جائیں۔

جدول بناتے وقت توازن کی سمت بڑھتے ہوئے کسی ایک متعامل کے ارتکاز (mol/L) کو x سے ظاہر کیجیے، اس کے بعد تعامل کی تناسب پیمائی کا استعمال کرتے ہوئے دوسرے مادوں کے ارتکاز x کے حوالے سے معلوم کیجیے۔

کرتے ہیں، سوائے اس کے کہ Q_c میں ضروری نہیں ہے کہ ارتکاز توازن قیمتیں ہوں۔ ایک عام تعامل کے لیے:



$$Q_c = [C]^c [D]^d / [A]^a [B]^b \quad (7.20)$$

اگر $Q_c > K_c$ تو تعامل متعامل کی سمت بڑھے گا (پشت رفت تعامل)۔

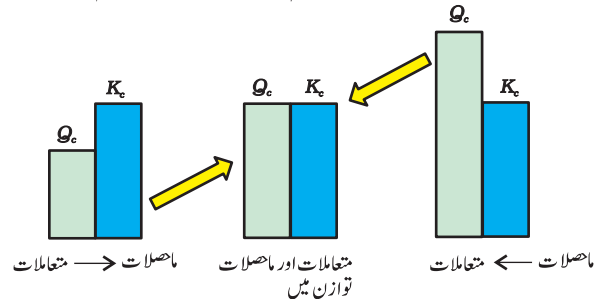
اگر $Q_c < K_c$ تو تعامل ماحصل کی سمت بڑھے گا (پیش رفت تعامل)۔

اگر $Q_c = K_c$ تو تعامل آمیزہ پہلے سے ہی توازن میں ہے۔
 H_2 کا I_2 کے ساتھ کیسی تعامل پر غور کیجیے۔

مان $K_c = 57.0$ پر $700 K: H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ لیجیے کہ ہمارے پاس مولر ارتکاز $[I_2]_t = 0.20 M$ ، $[H_2]_t = 0.10 M$ اور $[HI]_t = 0.40 M$ (زیریں علامت t جو ارتکاز کی علامات کے ساتھ ہے یہ بتاتی ہے کہ ارتکاز کسی من مانے (Arbitrary) وقت پر لیا گیا ہے اور یہ ضروری نہیں ہے کہ یہ توازن میں ہو)۔
 لہذا، تعامل کی اس اسٹیج پر تعامل خارج قسمت کو اس طرح دیا جاسکتا ہے؛
 $Q_c = [HI]^2 / [H_2] [I_2]_t = (0.40)^2 / (0.10)(0.20) = 8.0$

اب، اس کیس میں $K_c (57.0)$ کے برابر ہے، لہذا $H_2(g)$ ، $I_2(g)$ اور $HI(g)$ کا آمیزہ توازن میں نہیں ہے۔ یعنی مزید I_2 گیس سے تعامل کر کے زیادہ HI تیار کرے گی $Q_c = K_c$ ہونے تک اور ان کے ارتکاز میں کمی واقع ہوگی۔

Q_c اور K_c کی قدروں کا موازنہ کرتے ہوئے تعامل خارج قسمت Q_c تعامل کی سمت کی پیشین گوئی کرنے میں مددگار ثابت ہوتا ہے۔
 لہذا تعامل کی سمت سے متعلق ہم مندرجہ ذیل تعیمات قائم کر سکتے ہیں:



شکل 7.7 تعامل کی سمت کی پیشین گوئی کرنا

$$9.15 = (4.98 - x) + 2x$$

$$9.15 = 4.98 + x$$

$$x = 9.15 - 4.98 = 4.17 \text{ bar}$$

توازن کے وقت جزوی دباؤ

$$P_{N_2O_4} = 4.98 - 4.17 = 0.81 \text{ bar}$$

$$P_{NO_2} = 2x = 2 \times 4.17 = 8.34 \text{ bar}$$

$$K_p = (P_{NO_2})^2 / P_{N_2O_4}$$

$$= (8.34)^2 / 0.81 = 85.87$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

$$85.87 = K_c (0.083 \times 400)^1$$

$$K_c = 2.586 = 2.6$$

مسئلہ 7.9

3.0 مول PCl_5 کو 300 K پر 1L والے بند تعاملی برتن میں توازن قائم کرنے کے لیے چھوڑا گیا۔ توازن کے وقت آمیزے کی ترکیب کا حساب لگائیے۔ $K_c = 1.80$

حل



ابتدائی ارتکاز

3.0 0 0

مان لیجیے PCl_5 کے X مول کا انفرق ہو

توازن کے وقت

(3-X) X X

$$K_c = [PCl_3][Cl_2] / [PCl_5]$$

$$1.8 = x^2 / (3 - x)$$

$$x^2 + 1.8x - 5.4 = 0$$

$$x = [-1.8 \pm \sqrt{(1.8)^2 - 4(-5.4)}] / 2$$

$$x = [-1.8 \pm \sqrt{3.24 + 21.6}] / 2$$

$$x = [-1.8 \pm 4.98] / 2$$

$$x = [-1.8 + 4.98] / 2 = 1.59$$

$$[PCl_5] = 3.0 - x = 3 - 1.59 = 1.41 \text{ M}$$

$$[PCl_3] = [Cl_2] = x = 1.59 \text{ M}$$

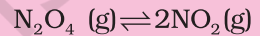
قدم 3- تعامل کی توازن مساوات میں توازن ارتکاز کی قیمت رکھ کر x کی قیمت معلوم کیجیے۔ اگر آپ ایک دو درجی مساوات حل کر رہے ہیں تو ایسے ریاضیاتی حل کا انتخاب کیجیے جس کا کوئی کیمیائی مطلب ہو۔

قدم 4- x کے لیے معلوم کی گئی قیمت کی مدد سے توازن ارتکاز معلوم کیجیے۔

قدم 5- اپنے جوابات کی جانچ توازن مساوات میں ان نکالی گئی قیمتوں کو رکھ کر کیجیے۔

مسئلہ 7.8

13.8g N_2O_4 کو 400K پر 1L والے تعاملی برتن میں رکھا گیا ہے اور توازن کی حالت کو پہنچنے دیا جاتا ہے۔



توازن کے وقت کل دباؤ 9.15 bar پایا گیا۔ توازن کے وقت K_p ، K_c اور جزوی دباؤ معلوم کیجیے۔

حل

ہم جانتے ہیں کہ $pV = nRT$

کل حجم (V) = 1 L

N_2O_4 کی سالماتی کمیت 92 g

مولوں کی تعداد g 13.8g / 92 = 0.15 = گیس (n)

گیس مستقلہ $(R) = 0.083 \text{ bar L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

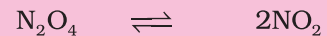
درجہ حرارت (T) = 400 K

$$pV = nRT$$

$$p \times 1L = 0.15 \text{ mol} \times 0.083 \text{ bar L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\times 400 \text{ K}$$

$$p = 4.95 \text{ bar}$$



ابتدائی دباؤ

4.98 bar 0

توازن کے وقت

(4.98-x) bar 2x bar

لہذا

$$P_{\text{total}} = P_{N_2O_4} + P_{NO_2}$$

- اگر $\Delta G^\circ > 0$ ، تو $-\Delta G^\circ/RT$ منفی ہوگا اور $e^{-\Delta G^\circ/RT} < 1$ یعنی $K < 1$ جس کا مطلب ہے کہ غیر از خود تعامل یا وہ تعامل جو آگے کی سمت ہوگا اتنا کم ہوگا کہ نہایت کم مقدار میں حاصل تیار ہوگا۔

7.7 توازن مستقلہ K، تعامل خارج قسمت Q اور گیس توانائی میں تعلق (Relationship Between Equilibrium Constant K, Reaction Quotient Q And Gibbs Energy G)

کسی تعامل کے لیے K_c کی قیمت اس کی تعامل کی شرح پر منحصر نہیں ہوتی۔ تاہم جیسا کہ آپ نے باب 6 میں پڑھا ہے یہ تعامل کی حرکیات پر، اور خاص طور پر گیس توانائی میں تبدیلی ΔG پر براہ راست منحصر ہوتی ہے اگر:

- ΔG منفی ہے، تو تعامل از خود ہوگا اور آگے کی سمت بڑھے گا۔

- ΔG مثبت ہے، تو تعامل از خود نہیں ہوگا۔ بلکہ رجعت پذیر تعامل کے طور پر منفی ΔG ہوگی، پیش رفت تعامل کے حاصل متعامل میں تبدیل ہو جائیں گے۔

- ΔG صفر ہے تو تعامل نے توازن حاصل کر لیا ہے: اس مقام پر کوئی آزاد توانائی موجود نہیں ہے جو تعامل کو آگے بڑھا سکے۔

توازن کے اس حرکیاتی نظریے کے لیے ایک ریاضیاتی عبارت مندرجہ ذیل مساوات کے ذریعہ ظاہر کی جاسکتی ہے:

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q \quad (7.21)$$

جہاں G° معیار گیس توانائی ہے

توانائی کی حالت میں جب $\Delta G = 0$ اور $Q = K_c$ ہوگا تب مساوات 7.21 اس طرح ہوگی۔

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln K = 0$$

$$(7.22) \Delta G^\circ = -RT \ln K$$

$$(7.22) \ln K = -\Delta G^\circ/RT$$

دونوں جانب کا اینٹی لوگارتم لینے کے بعد ہمیں حاصل ہوتا ہے،

$$(7.23) K = e^{-\Delta G^\circ/RT}$$

لہذا مساوات (7.23) کا استعمال کرتے ہوئے، تعامل کی از خود

کاری کو ΔG° کی اصطلاح میں بیان کیا جاسکتا ہے۔

- اگر $\Delta G^\circ < 0$ ، تو $\Delta G^\circ/RT$ مثبت ہوگا اور $e^{-\Delta G^\circ/RT} > 1$ ہوگا جو $K > 1$ بنائے گا۔ جس کا مطلب ہے کہ از خود تعامل یا وہ تعامل جو اس حد تک پیش رفت ہوگا کہ حاصل کی مقدار کافی ہوگی۔

مسئلہ 7.10

گلائیکولیس (Glycolysis) میں گلوکوز کے فاسفوریلشن (Phosphorylation) کے لیے ΔG° کی قیمت 13.8 kJ/mol ہے۔ 298 K پر K_c کی قیمت معلوم کیجیے۔

حل

$$\Delta G^\circ = 13.8 \text{ kJ/mol} = 13.8 \times 10^3 \text{ J/mol}$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_c \text{ اور یہ بھی کہ}$$

$$\ln K_c = -13.8 \times 10^3 \text{ J/mol}$$

$$(8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{K}^{-1} \times 298 \text{ K})$$

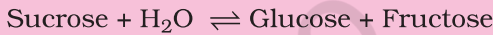
$$\ln K_c = -5.569$$

$$K_c = e^{-5.569}$$

$$K_c = 3.81 \times 10^{-3}$$

مسئلہ 7.11

سوکروز کی آپ پاشیدگی (Hydrolysis) سے ہمیں حاصل ہوتا ہے۔



مساوات کے لیے 300 K پر توازن مستقلہ $K_c = 2 \times 10^{13}$ ہے ΔG° معلوم کیجیے۔

حل

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_c$$

$$\Delta G^\circ = -8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{K}^{-1} \times$$

$$300 \text{ K} \times \ln(2 \times 10^{13})$$

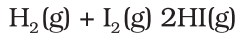
$$\Delta G^\circ = -7.64 \times 10^4 \text{ J mol}^{-1}$$

- اخراج کیے گئے متعامل / ماحصل کا ارتکازی دباؤ کل تعامل کی اس سمت سے راحت حاصل کرے گا جو اخراج کیے گئے مادہ کو پُر کرتی ہے۔

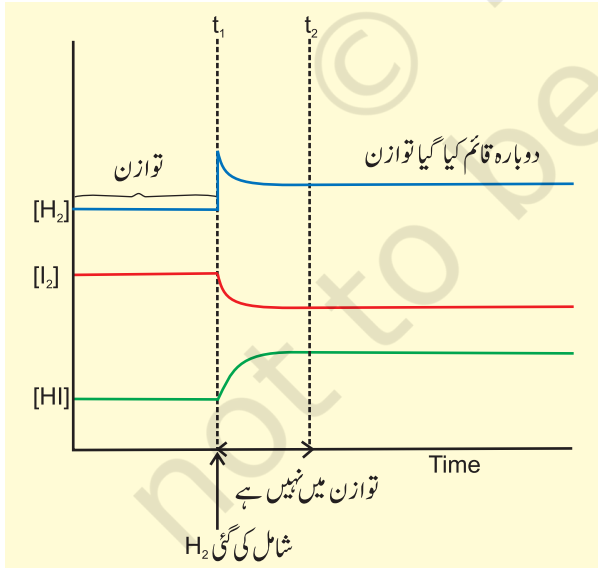
دوسرے الفاظ میں

”جب کبھی کسی متعامل یا ماحصل کے ارتکاز کو تعامل کے توازن کے دوران تبدیل کیا جاتا ہے، تو توازن آمیزے کی ترکیب اس انداز میں تبدیل ہوتی ہے کہ ارتکاز کی تبدیلیوں کے اثرات کمترین ہو سکیں۔“

آئیے ایک تعامل لیتے ہیں:



اگر توازن کے وقت تعامل آمیزے میں H_2 کی مقدار بڑھائی جائے، تو تعامل کے توازن میں خلل پیدا ہوگا۔ اس کو قائم رکھنے کے لیے تعامل اس سمت میں بڑھے گا جہاں H_2 استعمال ہو رہی ہے، یعنی زیادہ H_2 اور I_2 تعامل کر کے HI بنائیں گے اور آخر کار تعامل دہنی سمت (پیش رفت) میں بڑھے گا (شکل 7.8)۔ یہ لی چیمپلیر کے اصول کے مطابق ہے جس کے مطابق کسی متعامل / ماحصل کے اضافہ کرنے پر ایک نیا توازن قائم ہوگا جس میں متعامل / ماحصل کا ارتکاز اس سے کم ہوگا جتنا کہ اضافہ کے بعد ہوا لیکن اس سے کم ہوگا جو ابتدائی آمیزے میں تھا۔



شکل 7.8 تعامل $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ میں H_2 کے اضافہ کا متعامل اور ماحصل کے ارتکاز پر اثر

$$Q_c = [\text{HI}]^2 / [\text{H}_2][\text{I}_2]$$

7.8 توازن کو متاثر کرنے والے عوامل

(Factors Affecting Equilibria)

کیمیائی تالیف کے اہم مقاصد میں سے ایک اہم مقصد یہ ہے کہ متعامل زیادہ سے زیادہ مقدار میں ماحصل میں تبدیل ہوں جبکہ خرچ کی گئی توانائی کمترین ہو۔ اس کا مطلب معتدل درجہ حرارت اور دباؤ پر ماحصل کی زیادہ سے زیادہ مقدار کو حاصل کرنا۔ اگر یہ نہیں ہوتا ہے تو تجرباتی حالات کو موافق بنانے کی ضرورت ہے۔ مثال کے طور پر، ہبیر عمل کے ذریعہ N_2 اور H_2 سے NH_3 کی تالیف کے لیے تجرباتی حالات کا انتخاب حقیقی معاشی اہمیت کا حاصل ہے۔ امونیا کی عالمی سالانہ پیداوار تقریباً ایک کروڑ ٹن ہے۔ کیمیائی کھاد کے بطور اس کا سب سے زیادہ استعمال ہے۔

توازن مستقلہ K_c ، ابتدائی ارتکاز پر منحصر نہیں ہے۔ لیکن اگر توازن کے وقت نظام میں کسی ایک یا زیادہ متعامل مادے کے ارتکاز میں تبدیلی کر دی جائے تو نظام توازن میں قائم نہیں رہے گا، اور کل تعامل کسی بھی سمت میں اس وقت تک جائے گا جب تک کہ توازن دوبارہ قائم نہ ہو جائے۔ اسی طرح نظام کے درجہ حرارت یا دباؤ میں تبدیلی توازن کو بدل سکتی ہے۔ یہ طے کرنے کے لیے کہ تعامل کون سی راہ اختیار کرے گا یا ایک مقداری پیشین گوئی کے لیے کہ حالات میں تبدیلی کا توازن پر کیا اثر ہوگا، ہم لی-چیمپلیر کے اصول کا استعمال کرتے ہیں۔ یہ بتاتا ہے کہ ”کسی ایسے جو میں تبدیلی جو کسی نظام کی توازن حالت طے کرتی ہو، نظام میں اس طرح کی تبدیلی پیدا کر دیتی کہ وہ اس جو کے اثرات کو کم یا زائل کر دیتا ہے۔“ اس کا اطلاق تمام طبیعی اور کیمیائی توازن پر ہوتا ہے۔ اب ہم ان عوامل سے بحث کریں گے جو توازن کو متاثر کر سکتے ہیں۔

7.8.1 ارتکاز میں تبدیلی کا اثر

(Effect of Concentration Change)

عام طور پر جب توازن میں کسی متعامل / ماحصل کے اضافہ / اخراج سے خلل پیدا ہوتا ہے، تو لی چیمپلیر اصول پیشین گوئی کرتا ہے کہ۔

- داخل کیے گئے متعامل / ماحصل کا ارتکازی دباؤ کل تعامل کی اس سمت سے راحت حاصل کرے گا جو داخل کیے گئے مادے کا اسراف کرتی ہے۔

بننے سے راحت ملتی ہے۔ کیونکہ $Fe(SCN)]^{2+}$ کا ارتکاز کم ہو رہا ہے لہذا سرخ رنگ کی شدت میں بھی کمی واقع ہوتی ہے۔

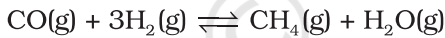
$HgCl_2$ ملانے سے بھی سرخ رنگ میں کمی آتی ہے کیونکہ Hg^{2+} ، SCN^- آئن سے تعامل کر کے مستحکم پیچیدہ آئن $[Hg(SCN)_4]^{2-}$ بناتا ہے۔ آزاد SCN^- (aq) آئن کا اخراج مساوات (7.24) میں توازن کو دائیں سے بائیں سمت شفٹ کرتا ہے کہ SCN^- آئن دوبارہ بن سکیں دوسری طرف پوٹاشیم تھائیوسائناٹ ڈالنے سے محلول کے رنگ کی شدت میں اضافہ ہوتا ہے کیونکہ وہ توازن کو دائیں سمت میں شفٹ کرتا ہے۔

7.8.2 دباؤ میں تبدیلی کے اثرات

(Effect of Pressure Change)

گیسی تعاملات میں حجم میں تبدیلی کرنے سے حاصل ہونے والی دباؤ کی تبدیلی ماحصل کی پیداوار کو متاثر کر سکتی ہے جہاں گسی متعالموں کے مولوں کی تعداد گسی ماحصل کے مولوں کی تعداد سے مختلف ہوتی ہے۔ غیر متجانس توازن کے لیے لی۔ جیپلیئر اصول کا استعمال کرنے سے ٹھوس اور رقیق پر دباؤ کی تبدیلی کے اثرات کو نظر انداز کیا جاسکتا ہے کیونکہ محلول / رقیق کا حجم (اور ارتکاز) دباؤ کے اثرات سے تقریباً آزاد ہے۔

مندرجہ ذیل تعامل دیکھیے



یہاں گسی متعالموں کے 4 مول $(CO + 3H_2)$ گسی ماحصل کے 2 مول $(CH_4 + H_2O)$ میں تبدیل ہو رہے ہیں۔ مان لیجیے کہ تعامل آمیزہ (مندرجہ بالا تعامل کے لیے) ایک سلنڈر میں رکھا گیا ہے جس میں مستقل درجہ حرارت پر ایک پسٹن لگا ہوا ہے۔ گیس کو اس کے ابتدائی حجم کے آدھے حصے تک دبایا گیا تو کل دباؤ دگنا ہو جائے گا $(pV = \text{constant})$ کے مطابق۔ جزوی دباؤ، متعامل اور ماحصل کے ارتکاز تبدیل ہو جائیں گے اور آمیزہ اب توازن میں نہیں رہے گا۔ دوبارہ توازن قائم کرنے کے لیے تعامل کس سمت میں بڑھے گا اس کی پیشین گوئی لی جیپلیئر اصول کے مطابق کی جاسکتی ہے۔ چونکہ دباؤ دگنا ہو گیا ہے لہذا اب توازن آگے کی سمت شفٹ ہوگا۔ ایک سمت جس میں گیس کے مولوں کی تعداد یا دباؤ گھٹتا ہے (ہم جانتے ہیں کہ دباؤ گیس کے مولوں کے تناسب میں ہوتا ہے)۔ اس کو تعامل خارج قسمت Q_c استعمال کر کے بھی

توازن کے وقت ہائڈروجن کے اضافہ سے Q_c کی قیمت K_c سے کم ہو جائے گی۔ لہذا توازن کو دوبارہ قائم کرنے کے لیے تعامل آگے کی سمت بڑھے گا۔ اسی طرح ہم کہہ سکتے ہیں کہ ماحصل کا اخراج بھی پیش رفت تعامل کو بڑھائے گا اور ماحصل کی مقدار میں اضافہ ہوگا اور اس کا تجارتی استعمال ان تعاملات میں زیادہ ہے جہاں ماحصل گیس یا طیران پذیر مادے ہوتے ہیں۔ امونیا کی صنعت میں بھی امونیا کو رقیق کیا جاتا ہے اور مسلسل تعامل آمیزے سے علیحدہ کیا جاتا رہتا ہے جس کی وجہ سے تعامل آگے کی سمت جاری رہتا ہے۔ اس طرح CaO (عمارتی مادے کی طرح استعمال ہونے والا اہم مادہ) کی $CaCO_3$ سے بڑے پیمانے پر تیاری میں بھٹی سے لگاتار CO_2 نکالنے سے اختتام کی سمت تعامل تیز ہوتا ہے۔ یہ یاد رکھنا چاہیے کہ ماحصل کا لگاتار اخراج Q_c کی قیمت کو K_c سے کم قیمت پر برقرار رکھتا ہے اور تعامل پیش رفت سمت میں جاری رہتا ہے۔

ارتکاز کے اثرات۔ ایک تجربہ

(Effect of Concentration – An Experiment)

اس کو مندرجہ ذیل تعامل سے ظاہر کیا جاسکتا ہے:

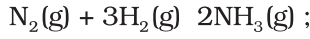


گہرا سرخ بے رنگ پیلا

$$(7.25) \quad K_c = \frac{[Fe(SCN)^{2+}(aq)]}{[Fe^{3+}(aq)][SCN^-(aq)]}$$

0.2 M 1 mL آئرن (III) نائیٹریٹ محلول میں دو قطرے 0.002 M پوٹاشیم تھائیوسائینٹ محلول ڈالنے سے سرخ رنگ ظاہر ہوتا ہے جو $[Fe(SCN)]^{2+}$ بننے کی وجہ سے ہے۔ سرخ رنگ کی شدت توازن قائم ہونے کے بعد برقرار رہتی ہے۔ اس توازن کو آگے یا پیچھے کی سمت تبدیل کرنے کا انحصار اس بات پر ہے کہ ہم متعامل یا ماحصل میں سے کسی کا اضافہ کر رہے ہیں ایسے متعامل کا اضافہ کر کے جو Fe^{3+} یا SCN^- آئن کو ہٹا سکیں۔ تعامل کو مخالف سمت میں بھی تبدیل کیا جاسکتا ہے۔ مثال کے طور پر آکزیلیک ایسڈ Fe^{3+} آئن سے تعامل کر کے ایک مستحکم پیچیدہ آئن $[Fe(C_2O_4)_3]^{3-}$ بناتا ہے اس طرح آزاد Fe^{3+} آئن کا ارتکاز کم ہو جاتا ہے لی۔ جیپلیئر اصول کے مطابق ہٹائے گئے Fe^{3+} کے ارتکازی دباؤ کو $[Fe(SCN)]^{2+}$ کے افتراق سے حاصل ہونے والے Fe^{3+} کے دوبارہ

- حرارت خور تعادل (مثبت ΔH) کے لیے درجہ حرارت میں اضافے کے ساتھ توازن مستقلہ میں بھی اضافہ ہوتا ہے۔
- درجہ حرارت کی تبدیلی توازن مستقلہ اور تعاملات کی شرح کو متاثر کرتی ہے۔



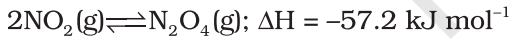
$$\Delta H = -92.38 \text{ kJ mol}^{-1}$$

مذکورہ بالا تعادل کے مطابق امونیا کی پیداوار ایک حرارت زا عمل ہے۔ لی چیلنر کے اصول کے مطابق درجہ حرارت بڑھانے سے توازن بائیں سمت شفٹ ہو جاتا ہے اور امونیا کا توازن ارتکاز کم ہو جاتا ہے۔ دوسرے الفاظ میں امونیا کی زیادہ پیداوار کے لیے کم درجہ حرارت موزوں ہے، لیکن عملی طور پر بہت کم درجہ حرارت تعادل کو دھیمہ کر دیتا ہے اور اس لیے ایک وسیط (Catalyst) استعمال کیا جاتا ہے۔

درجہ حرارت کا اثر - ایک تجربہ

(Effect of Temperature - An Experiment)

توازن پر درجہ حرارت کا اثر دکھانے کے لیے NO_2 گیس (بھورے رنگ کی گیس) کا مظاہرہ کیا جاسکتا ہے جو N_2O_4 (بے رنگ گیس) میں تبدیل ہو جاتی ہے۔



NO_2 گیس، جس کی تیاری مرکب HNO_3 میں Cu کی چھلین ڈال کر کی جاتی ہے، 5mL کی دو جانچ نلیوں میں اکٹھا کی جاتی ہے (ہر نلی میں گیس کے رنگ کی شدت ایک جیسی ہونی چاہیے) اور ڈھکن کو ایرلڈائنٹ سے سیل کر دیا جاتا ہے۔ 250mL کے تین بیکر 1، 2، 3 جن میں بالترتیب انجمادی آمیزہ، کمرہ کے درجہ حرارت پر پانی اور گرم پانی (363K) لیے جاتے ہیں (شکل 7.9)۔ دونوں جانچ نلیوں کو 10-8 منٹ کے لیے بیکر نمبر 2 میں رکھ دیتے ہیں۔ اس کے بعد ان میں سے ایک کو بیکر نمبر 1 اور دوسری کو بیکر نمبر 3 میں رکھتے ہیں۔ اس تجربہ میں درجہ حرارت کا تعادل کی سمت پر اثر بہت اچھی طرح واضح ہوتا ہے۔ بیکر 1 میں کم درجہ حرارت پر پیش رفت تعادل N_2O_4 کو سبقت حاصل ہے، چونکہ تعادل حرارت زا ہے لہذا NO_2 کی وجہ سے ہونے والے بھورے رنگ کی شدت میں کمی آتی ہے۔ جبکہ بیکر 3 میں بہت زیادہ درجہ حرارت پر رجعتی تعادل کو سبقت حاصل ہوتی ہے اور NO_2 بنتا ہے۔ لہذا بھورے رنگ میں شدت آ جاتی ہے۔

سمجھا جاسکتا ہے۔ مان لیجیے $[\text{CO}]$ ، $[\text{H}_2]$ ، $[\text{CH}_4]$ اور $[\text{H}_2\text{O}]$ میتھائیشن تعادل کے لیے توازن کے وقت مولر ارتکاز ہیں۔ جب تعادل آمیزے کا حجم آدھا ہو جاتا ہے تو جزوی دباؤ اور ارتکاز دگنے ہو جاتے ہیں۔ ہم ہر توازن ارتکاز کو اس کی قیمت کا دگنارکھ کر تعادل خارج قسمت حاصل کرتے ہیں۔

$$Q_c = \frac{[\text{CH}_4(\text{g})][\text{H}_2\text{O}(\text{g})]}{[\text{CO}(\text{g})][\text{H}_2(\text{g})]^3}$$

چونکہ $Q_c < K_c$ ہے تو تعادل آگے کی سمت بڑھے گا۔

تعادل $\text{C}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g})$ میں جب دباؤ بڑھایا جاتا ہے تو تعادل الٹی سمت میں چلتا ہے کیونکہ گیس کے مولوں کی تعداد آگے کی سمت میں بڑھتی ہے۔

7.8.3 غیر عامل گیس کی شمولیت کے اثرات

(Effect of Inert Gas Addition)

اگر حجم کو قائم رکھا جائے اور ایک غیر عامل گیس جیسے کہ آرگن کو جو تعادل میں حصہ نہیں لیتی، داخل کیا جائے تو توازن پر کوئی اثر نہیں ہوگا۔ اس کی وجہ یہ ہے کہ مستقل حجم پر غیر عامل گیس کی شمولیت جزوی دباؤ یا تعادل میں حصہ لینے والی اشیا کے مولر ارتکاز کو تبدیل نہیں کرتی۔ تعادل خارج قسمت صرف اسی وقت تبدیل ہوگا جب داخل کی جانے والی گیس تعادل میں حصہ لینے والی متعامل یا حاصل گیس ہو۔

7.8.4 درجہ حرارت میں تبدیلی کا اثر

(Effect of Temperature Change)

جب کبھی بھی توازن میں ارتکاز، دباؤ یا حجم کی تبدیلی سے خلل پیدا ہوتا ہے تو توازن آمیزے کی ترکیب بدل جاتی ہے کیونکہ تعادل خارج قسمت Q_c توازن مستقلہ K_c کے برابر نہیں رہتا۔ تاہم جب درجہ حرارت میں تبدیلی واقع ہوتی ہے تو توازن مستقلہ K_c تبدیل ہو جاتا ہے۔

عام طور پر توازن مستقلہ کا درجہ حرارت پر انحصار، تعادل کے لیے ΔH کے نشان پر منحصر ہوتا ہے۔

- حرارت زا تعادل (منفی ΔH) کے لیے درجہ حرارت میں اضافے کے ساتھ توازن مستقلہ میں کمی واقع ہوتی ہے۔

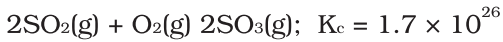
کیا

وقت لگتا ہے جبکہ بہت زیادہ درجہ حرارت زیادہ بہتر شرح لیکن کم پیداوار دیتا ہے۔

جرمن کیمیا داں فرٹز ہیر نے دریافت کیا کہ ایک وسط جس میں آئرن ہے مختلف درجہ حرارت پر تسلی بخش شرح کے لیے تعامل کو کیٹلائز کرتا ہے جہاں NH_3 کے توازنی ارتکاز کافی حد تک مناسب ہوتے ہیں۔ چونکہ تعامل میں بننے والے مولوں کی تعداد متعالموں کی تعداد سے کم ہوتی ہے NH_3 کی پیداوار کو دباؤ بڑھا کر بہتر بنایا جاسکتا ہے۔

وسط کا استعمال کرتے ہوئے NH_3 کی تالیف میں درجہ حرارت اور دباؤ کی مناسب ترین حالت 500°C اور 200 atm کے قریب ہوتی ہے۔

اس طرح کاٹلیکٹ پر اس کے ذریعہ سلفیورک ایسڈ کی بڑے پیمانے پر تیاری میں،

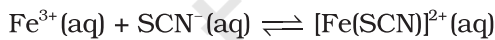


حالانکہ K_c کی قدر محض مجوزہ قدر ہے لیکن عملی طور پر SO_2 سے SO_3 کی تکسید بہت دھیمی ہوتی ہے۔ لہذا پلیٹینم یا ڈائی وینڈیم پینٹا آکسائیڈ (V_2O_5) تعامل کی شرح بڑھانے کے لیے وسط کے طور پر استعمال کیا جاتا ہے۔ نوٹ: اگر تعامل میں K کی قیمت بہت کم ہے تو وسط زیادہ کارگر ثابت نہیں ہوتا۔

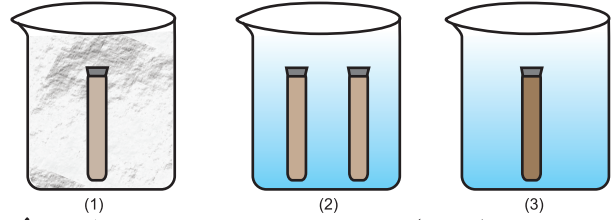
7.9 محلول میں آینی توازن

(Ionic Equilibrium In Solution)

توازن کی سمت پر ارتکاز میں تبدیلی کے اثرات دیکھنے کے دوران آپ نے اتفاقاً مندرجہ ذیل توازن کو دیکھا ہے جس میں آین موجود ہیں:



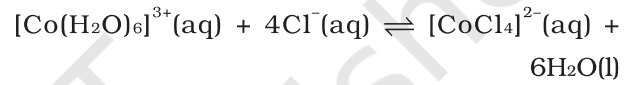
ایسے بے شمار توازن ہیں جن میں صرف آین شامل ہوتے ہیں۔ یہ سبھی کو معلوم ہے کہ چینی کا آبی محلول برقی ایصال نہیں کرتا۔ لیکن جب پانی میں سادہ نمک (سوڈیم کلورائیڈ) ملایا جاتا ہے تو برق کا ایصال ہوتا ہے مزید یہ بھی کہ سادہ نمک کی مقدار بڑھانے سے برقی ایصال بھی بڑھ جاتا ہے۔ مائیکل فیراڈے نے اشیا کو ان کی برقی ایصالیت کی بنیاد پر دو زمروں میں تقسیم کیا تھا۔ اشیا کا ایک زمرہ اپنے آبی محلول میں برق



(1) 270K پر انجمادی پانی سے بھرا ہوا بیکر
(2) 298 K درجہ حرارت پر پانی
(3) 363 K پر پانی

شکل 7.9 تعامل $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ کے لیے درجہ حرارت کا توازن پر اثر

حرارت خور تعامل میں بھی درجہ حرارت کا اثر دیکھا جاسکتا ہے



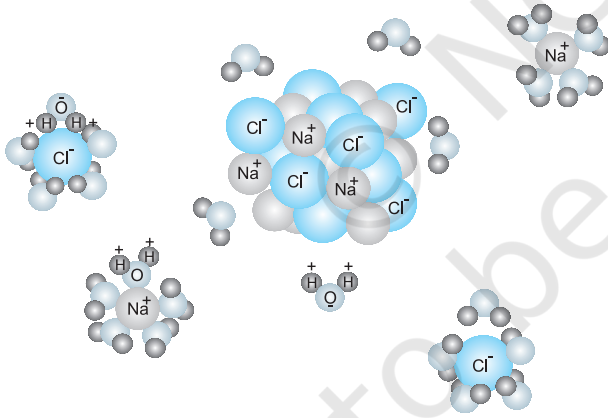
گلابی بے رنگ نیلا

کمرہ کے درجہ حرارت پر توازن آمیزہ کا رنگ $[\text{CoCl}_4]^{2-}$ کی وجہ سے نیلا ہے۔ جب اسے انجمادی آمیزے میں ٹھنڈا کیا جاتا ہے تو آمیزے کا رنگ $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ کی وجہ سے گلابی ہو جاتا ہے۔

7.8.5 وسط کا اثر (Effect of a Catalyst)

ایک وسط (Catalyst) متعامل کے ماحصل میں تبدیل ہونے کے لیے ایک نیا اور کم توانائی والا راستہ فراہم کر کے کیمیائی تعامل کی شرح کو بڑھا دیتا ہے۔ یہ پیش رفت اور پشت رفت تعاملوں کی شرح کو بڑھا دیتا ہے جو ایک ہی عبوری حالت سے گزرتے ہیں اور توازن پر اثر نہیں ڈالتا۔ وسط پیش رفت اور پشت رفت دونوں کی ایکٹیویشن توانائی (Activation Energy) کو بالکل ایک جیسی مقدار میں کم کرتا ہے۔ وسط تعامل آمیزے کی توازن ترکیب کو بالکل نہیں بدلتا۔ یہ متوازن کیمیائی مساوات میں ظاہر نہیں ہوتا اور نہ ہی توازن مستقلہ کے علامت میں ظاہر ہوتا ہے۔ آئیے ہم ڈائی نائٹروجن اور ڈائی ہائیڈروجن سے بننے والی امونیا کا مطالعہ کریں جو ایک زبردست حرارت زنا تعامل ہے اور جو اس طرح آگے بڑھتا ہے کہ بننے والے مولوں کی کل تعداد میں متعامل کے مقابلے میں کمی واقع ہوتی ہے۔ درجہ حرارت میں اضافے کے ساتھ توازن مستقلہ گھٹتا ہے۔ کم درجہ حرارت پر تعامل کی شرح کم ہوتی ہے کیونکہ توازن تک پہنچنے میں زیادہ

اساس صحیح تناسب میں ملائے جاتے ہیں تو وہ ایک دوسرے کے ساتھ تعامل کر کے نمک بناتے ہیں۔ نمکوں کی کچھ عام مثالیں سوڈیم کلورائیڈ، بیریم سلفیٹ، سوڈیم نائٹریٹ وغیرہ ہیں۔ سوڈیم کلورائیڈ (عام نمک) ہماری غذا کا ایک اہم حصہ ہے اور ہائڈروکلورک ایسڈ اور سوڈیم ہائڈروآکسائیڈ کے تعامل سے بنتا ہے۔ یہ ٹھوس حالت میں مثبت چارج والے سوڈیم آئن اور منفی چارج والے کلورائیڈ آئن کے گچھے کی شکل میں پایا جاتا ہے جو مخالف چارج والی انواع کے درمیان کام کرنے والے برقی سکونی باہمی عمل کے ذریعہ ایک دوسرے سے جڑے رہتے ہیں (شکل 7.10)۔ چارجوں کے درمیان برقی سکونی قوتیں میڈیم ڈائی الیکٹرک مستقلہ کے مقلوب تناسب میں ہوتی ہیں۔ پانی ایک آفاقی محلل ہے جس کا ڈائی الیکٹرک مستقلہ بہت زیادہ ہوتا ہے جو کہ 80 ہے۔ اس طرح جب نمک پانی میں گھولا جاتا ہے برقی سکونی باہمی عمل 80 کے فیکٹر سے کم ہو جاتا ہے اور یہ آئن کے محلول میں آزاد گھومنے میں مدد کرتا ہے۔ اس کے علاوہ یہ پانی کے سالموں کے ساتھ ہائڈریشن کی وجہ سے بھی کافی علیحدہ رہتے ہیں۔



شکل 7.10 سوڈیم کلورائیڈ کا پانی میں گھلنا۔ Na^+ اور Cl^- پانی کے قطبی سالموں کے ساتھ ہائڈریشن کے سبب مستحکم ہو گئے ہیں۔

پانی میں ہائڈروکلورک ایسڈ اور ایسیٹک ایسڈ کے آئیونائزیشن کا مقابلہ کرنے پر ہم دیکھتے ہیں کہ اگرچہ دونوں ہی قطبی شریک گرفت سالے ہیں لیکن پہلا والا اپنے ترکیبی آئیونوں میں پوری طرح آئیونائز ہو جاتا ہے جبکہ بعد والا صرف جڑوی طور پر (5% <) آئیونائز ہوتا ہے۔ جس حد تک

کا ایصال کرتا ہے اور الیکٹرولائٹ (Electrolyte) کہلاتا ہے۔ جبکہ وہ جو برق کا ایصال نہیں کرتے الیکٹرولائٹ نہیں ہیں۔ فیراڈے نے الیکٹرولائٹ کو مزید قوی اور کمزور الیکٹرولائٹ میں تقسیم کیا ہے۔ قوی الیکٹرولائٹ پانی میں گھلنے پر تقریباً پوری طرح آئیونائز ہو جاتے ہیں جبکہ کمزور الیکٹرولائٹ کا افتراق جزوی طور پر ہوتا ہے۔ مثال کے طور پر سوڈیم کلورائیڈ کے آبی محلول میں مکمل طور پر سوڈیم اور کلورائیڈ آئن ہی ہوتے ہیں جبکہ ایسیٹک ایسڈ غیر آئیونائز ایسیٹک ایسڈ کے سالمات اور کچھ ایسیٹک آئن اور پروٹان ہوتے ہیں یہ اس وجہ سے ہوتا ہے کہ سوڈیم کلورائیڈ میں 100% آئیونائزیشن ہوتا ہے جبکہ ایسیٹک ایسڈ میں اس کے مقابلے میں 5% سے بھی کم آئیونائزیشن ہوتا ہے کیونکہ وہ ایک کمزور الیکٹرولائٹ ہے۔ یہ نوٹ کرنا چاہیے کہ کمزور الیکٹرولائٹ میں توازن آئن اور غیر آئیونائز سالموں کے درمیان قائم ہوتا ہے۔ آبی محلول میں اس قسم کا توازن آینی توازن (Ionic Equilibrium) کہلاتا ہے۔ تیزاب، اساس اور نمک الیکٹرولائٹ کی اس جماعت میں آتے ہیں اور وہ قوی یا کمزور الیکٹرولائٹ کی طرح عمل کر سکتے ہیں۔

7.10 تیزاب اساس اور نمک

(Acids, Bases And Salts)

تیزاب اساس اور نمک قدرتی ماحول میں بڑے پیمانے پر پائے جاتے ہیں ہائڈروکلورک ایسڈ جو کہ گیسٹرک رس (Gastric Juice) ہے میں موجود ہمارے معدے کے استر کے ذریعہ روزانہ 1.5-2 لیٹر کے حساب سے افزائش ہوتا ہے جو عمل ہضم کے لیے لازمی ہوتا ہے ایسیٹک ایسڈ سرکہ کا اہم جز ہوتا ہے۔ نیبو اور سنترہ کے رس میں سٹرک ایسڈ (Citric Acid) اور اسکاربک ایسڈ (Ascorbic Acid) پائے جاتے ہیں، لفظ ایسڈ لاطینی لفظ 'ایسڈس' (Acidus) سے ماخوذ ہے جس کے معنی ہیں کھٹا۔ تیزاب نیلے لٹمس کاغذ کو لال رنگ میں تبدیل کرتے ہیں اور دھاتوں سے تعامل کرنے پر ہائڈروجن گیس دیتے ہیں اسی طرح اساس (Base) لال لٹمس کاغذ کو نیلے رنگ میں تبدیل کرتے ہیں، ان میں کڑواہٹ ہوتی ہے اور یہ صابن کی طرح چکنے ہوتے ہیں اساس کی ایک عام مثال کپڑے دھونے کا سوڈا ہے جو دھونے کے کام میں آتا ہے۔ جب تیزاب اور



مائیکل فراڈے
(1791-1867)

فیراڈے کی پیدائش لندن کے قریب ایک گھرانے میں ہوئی جس کے پاس بہت کم اثاثہ تھا۔ 14 سال کی عمر میں انہوں نے ایک جلد ساز کے یہاں کام کرنا شروع کیا جس نے فیراڈے کو اجازت دی کہ وہ ان کتابوں کو پڑھ سکتا ہے جن کی وہ جلد سازی کرتا ہے۔ خوش قسمتی سے اسے ڈیوی کی تجربہ گاہ میں بطور اسسٹنٹ کام کرنے کا موقع ملا، اور 14-1813 میں وہ ان کے ساتھ کونٹینینٹ گیا۔ اس سفر کے دوران کئی نمایاں سائنس دانوں سے اس کا رابطہ قائم ہوا جس سے اس نے بہت کچھ سیکھا۔ 1825 میں اس نے ڈیوی کے بعد رائل انسٹی ٹیوٹ کی تجربہ گاہوں کے ڈائریکٹر کا عہدہ سنبھالا اور 1833 میں وہ کیمیا کا پہلا فلیورین پروفیسر بنا۔ فیراڈے کا پہلا اہم کام تحلیلی کیمیا (Analytical Chemistry) پر تھا۔ 1821 کے بعد اس کا زیادہ تر کام برقیات، مقناطیسیت اور مختلف برقی مقناطیسی اعمال پر تھا۔ اس کے خیالات نے جدید فیلڈ تھیوری کی بنیاد ڈالی۔ 1834 میں اس نے اپنے الیکٹرولیسس کے دو کُلیہ دریافت کیے۔ فیراڈے بہت سادہ اور نرم دل انسان تھے۔ انہوں نے اعزازات کو قبول کرنے سے انکار کیا اور کسی سائنسی تنازع سے اپنے آپ کو علیحدہ رکھا۔ انہوں نے ہمیشہ اکیلے ہی کام کرنا پسند کیا اور کبھی اسسٹنٹ نہیں رکھا۔ انہوں نے سائنس کی اشاعت مختلف طریقوں سے کی جس میں ان کی جمعہ کی شام کا خطبہ بھی شامل تھا جو انہوں نے رائل انسٹی ٹیوٹ میں قائم کیا تھا۔ وہ اپنے کرسمس کے خطبہ 'شمع کی کیمیائی تاریخ' (Chemical History of a Candle) کے لیے بہت مشہور ہیں۔ انہوں نے تقریباً 450 سائنسی مضامین شائع کیے۔

ایک خالی پروٹان H^+ بہت زیادہ تعامل پذیر ہوتا ہے اور آبی محلول میں آزاد نہیں رہ سکتا لہذا وہ مکمل پانی کے سالمہ کے آکسیجن ایٹم کے ساتھ بند بنا کر ٹرائی گوئل بائی پیرامڈل ہائڈرونیئم آئن H_3H^+ بناتا ہے $[H(H_2O)]^+$ (دیکھئے باکس)۔

اسی طرح ایک اساس MOH آبی محلول میں مندرجہ ذیل مساوات کے مطابق آئیونائز ہوتا ہے۔



ہائڈروکسل آئن بھی آبی محلول میں آئیدہ شکل میں پایا جاتا ہے۔ تیزاب اور اساس کے آرہینس کے تصور کی بہت سی حدود ہیں چونکہ یہ صرف آبی محلول کے لیے ہی کارگر ہے اور امونیا جیسے مادوں کی اساسی نوعیت کی وضاحت نہیں کرتا جس میں ہائڈروکسل گروپ نہیں ہوتے۔

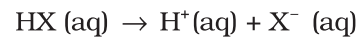
7.10.2 برونسٹڈ لاری تیزاب اور اساس (The Brönsted-Lowry Acids and Bases)

ڈنیش کیمیادان، جونس برونسٹڈ اور انگریز کیمیادان، تھامس ایم۔ لاری نے تیزاب اور اساس کی ایک زیادہ عمومی تعریف پیش کی۔ برونسٹڈ لاری نظریے کے مطابق "ایسڈ وہ اشیا ہوتی ہیں جو ایک ہائڈروجن H^+ عطیہ کر سکتی ہیں اور اساس وہ ہوتے ہیں جو ہائڈروجن آئن قبول کرتے ہیں۔ مختصر طور پر تیزاب پروٹان معطی (Donar) اور اساس پروٹان قبول کار ہوتے ہیں۔

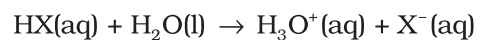
یہ آئیونائز ہو سکتا ہے وہ بند کی قوت پر منحصر ہوتی ہے اور اس حد پر بھی جہاں تک حاصل شدہ آئنوں کی سولوشن ہو سکتی ہے۔ افتراق اور آئیونائزیشن کی اصطلاحات کا استعمال مختلف معنی میں پہلے بھی کیا گیا ہے۔ افتراق پانی میں آئنوں کی علیحدگی کے اس عمل کو بتاتا ہے جو پہلے سے ہی مکمل کی ٹھوس حالت میں موجود ہوتے ہیں اس طرح جیسے کہ سوڈیم کلورائیڈ میں پائے جاتے ہیں۔ دوسری طرف آئیونائزیشن وہ عمل ہے جس میں ایک تبدیلی سالمہ محلول میں چارج شدہ آئنوں میں ٹوٹ جاتا ہے۔ یہاں ہم ان دونوں اصطلاحات میں فرق نہیں کریں گے اور دونوں کو ادل بدل کر استعمال کریں گے۔

7.10.1 تیزاب اور اساس کا آرہینس تصور (Arrhenius Concept of Acids and Bases)

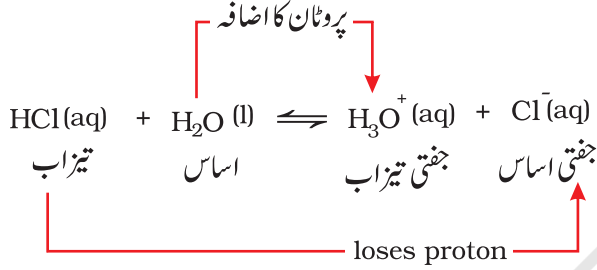
آرہینس کے نظریہ کے مطابق تیزاب وہ مادے ہوتے ہیں جو پانی میں ٹوٹ کر $H^+(aq)$ ہائڈروجن آئن دیتے ہیں اور اساس وہ مادے ہوتے ہیں جو پانی میں ٹوٹ کر $OH^-(aq)$ ہائڈروکسل آئن دیتے ہیں۔ "ایک ایسڈ $HX(aq)$ کا آئیونائزیشن مندرجہ ذیل مساوات کے ذریعہ ظاہر کیا جاسکتا ہے۔



یا



(base Pair) کہلاتا ہے۔ لہذا OH^- تیزاب H_2O کا جفتی اساس کہلائے گا اور NH_4^+ اساس NH_3 کا جفتی تیزاب کہلاتا ہے۔ اگر بروئنڈ تیزاب ایک قوی تیزاب ہے تو اس کا جفتی اساس کمزور اساس ہوگا اور اس کے برخلاف بھی۔ یہ قابل غور ہے کہ جفتی تیزاب کے پاس ایک اضافی پروٹان ہوتا ہے اور ہر جفتی اساس کے پاس ایک پروٹان کم ہوتا ہے۔ ہائڈروکلورک ایسڈ کے پانی میں آئیونائزیشن کی مثال لیجیے۔ HCl(aq) پانی کے سالمے کو ایک پروٹان دے کر ایک تیزاب کی طرح کام کرتا ہے جبکہ پانی ایک اساس ہوتا ہے



مندرجہ بالا مساوات میں یہ دیکھا جاسکتا ہے کہ پانی ایک اساس کی طرح کام کرتا ہے۔ نوع H_3O^+ پیدا ہوتی ہے جب پانی ایک پروٹان HCl سے قبول کرتا ہے۔ لہذا HCl ، Cl^- کا جفتی اساس ہوتا ہے اور HCl اساس Cl^- کا جفتی تیزاب ہوا۔ اسی طرح پانی H_3O^+ تیزاب کا جفتی اساس اور H_3O^+ اساس H_2O کا جفتی تیزاب ہوتا ہے۔

یہاں یہ مشاہدہ دلچسپ ہے کہ پانی ایک تیزاب اور اساس کا دوہرا کردار نبھا رہا ہے۔ HCl کے ساتھ تعامل میں پانی ایک اساس کی طرح کام کرتا ہے جبکہ امونیا کے ساتھ تعامل میں وہ ایک پروٹان دے کر تیزاب کا کام کرتا ہے۔

مسئلہ 7.12

مندرجہ ذیل بروئنڈ تیزابوں کے لیے جفتی اساس کیا ہوں گے:
 H_2SO_4 ، HF اور HCO_3^- ؟

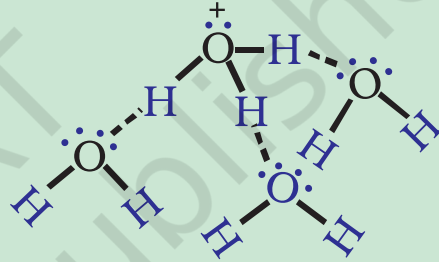
حل

جفتی اساس کے پاس ایک پروٹان کم ہونا چاہیے لہذا ان کے بالترتیب جفتی اساس ہوں گے: HSO_4^- اور CO_3^{2-} ، F^-

ہائڈرونیئم اور ہائڈروکسل آئن

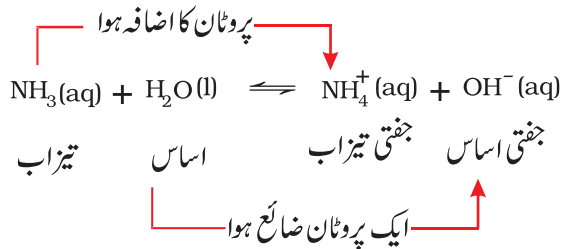
(Hydronium and Hydroxyl Ions)

ہائڈروجن آئن بذات خود صرف ایک پروٹان ہے جس کی جسامت بہت کم ہوتی ہے (10^{-15} نصف قطر) اور برقی میدان بہت زیادہ۔ یہ اپنے آپ کو پانی کے سالمہ کے ساتھ دولون پیئر میں سے ایک سے متحد ہو کر H_3O^+ دیتا ہے۔ یہ نوع ٹھوس حالت میں بہت سے مرکبات میں پائی گئی ہے (مثلاً $\text{H}_3\text{O}^+\text{Cl}^-$)۔ آبی محلول میں ہائڈرونیئم آئن مزید ہائڈریٹ ہو کر H_5O_2^+ ، H_7O_3^+ اور H_9O_4^+ جیسی انواع دیتا ہے۔ اسی طرح ہائڈروکسل آئن بھی آبیہ ہو کر H_5O_3^- ، H_3O_2^- اور H_7O_4^- وغیرہ جیسی انواع دیتا ہے۔



H_3O^+

مندرجہ ذیل مساوات کے ذریعہ دکھائے گئے امونیا کے پانی میں افتراق کی مثال پر غور کیجیے:



ہائڈروکسل آئن کے سبب ایک اساسی محلول بنتا ہے۔ اس تعامل میں پانی کے سالمے پروٹان معطی کے طور پر کام کرتے ہیں اور امونیا کے سالمے پروٹان قبول کار کے طور پر۔ لہذا یہ بالترتیب لاری۔ بروئنڈ تیزاب اور اساس کہلاتے ہیں۔ پشت رفت تعامل میں H^+ آئن NH_4^+ سے OH^- کو منتقل ہو جاتا ہے۔ اس حالت میں NH_4^+ بروئنڈ اساس کے طور پر کام کرتے ہیں۔ تیزاب اساس کا جوڑا جس میں صرف ایک پروٹان کا فرق ہوتا ہے وہ جفتی تیزاب اساس جوڑا (Conjugate Acid-Base Pair) کہلاتا ہے۔

آرہینیس سویڈن میں اپسالا کے پاس پیدا ہوئے۔ انہوں نے 1884 میں اپسالا یونیورسٹی میں اپنا تحقیقی مقالہ الیکٹرولائٹ محلول کی ایصالیت“ (Conductivities of Electrolyte Solution) پیش کیا۔ اگلے پانچ سالوں میں وسیع پیمانے پر سفر کیے اور یورپ کے بت سے تحقیقی مراکز کا دورہ کیا۔ 1895 میں وہ یونیورسٹی آف اسٹاکھوم میں طبیعیات کے پروفیسر کے عہدے پر فائز ہوئے۔ جہاں 1897 سے 1902 تک آپ اس کے ریکٹر رہے۔ 1905 سے انتقال کے وقت تک نوبل انسٹی ٹیوٹ آف اسٹاکھوم میں فزیکل کیمسٹری کے ڈائریکٹر کے طور پر کام کیا۔ کئی برسوں تک آپ برقی محلول پر کام کرتے رہے۔ 1899 میں آپ نے ایک مساوات کی بنیاد پر تعامل کی شرح پر درجہ حرارت کے انحصار پر بحث کی جو اب عام طور پر آرہینیس کی مساوات کہلاتی ہے۔



ساوئے آرہینیس (1859-1927) انہوں نے مختلف شعبوں میں کام کیا ہے اور ایمونو کیمسٹری (Immunochemistry)، علم کائنات (Cosomolgy)، زندگی کی ابتدا (Origin of Life) اور دور برفانی (Ice Age) کی وجوہات وغیرہ میں ان کا اہم تعاون رہا ہے۔ وہ پہلے سائنسدان تھے جنہوں نے 'سبز گھر اثر' پر اسی نام سے بحث کی۔ انہیں 1903 میں علم کیمیا میں برق پاشی (Electrolytic Dissociation) اور علم کیمیا کے ارتقاء میں اس کے استعمال پر نوبل پرائز ملا تھا۔

7.10.3 لیوئس تیزاب اور اساس

(Lewis Acids and Bases)

جی۔ این لیوئس نے 1923 میں تیزاب کی تعریف بیان کرتے ہوئے کہا تھا کہ یہ وہ نوع ہے جو الیکٹران کے جوڑے کو قبول کرے اور اساس وہ نوع ہے جو الیکٹران جوڑے کا عطیہ دے۔ جہاں تک اساس کا تعلق ہے بروئنڈ لاری اور لیوئس کے تصورات میں کوئی فرق نہیں ہے کیونکہ دونوں حالتوں میں اساس الیکٹران کا ایک تنہا جوڑا مہیا کرتے ہیں۔ تاہم لیوئس کے نظریہ میں بہت سے تیزابوں میں پروٹان نہیں ہوتے۔ ایک مخصوص مثال الیکٹران کی کمی والے BF_3 کا NH_3 سے تعامل ہے۔

BF_3 میں کوئی پروٹان نہیں ہے لیکن اس کے باوجود یہ تیزاب کی طرح کام کرتا ہے اور NH_3 کے الیکٹران کا تنہا جوڑا قبول کر کے اس کے ساتھ تعامل کرتا ہے۔ اس تعامل کو مندرجہ ذیل مساوات سے ظاہر کرتے ہیں۔



الیکٹران کی کمی والی انواع جیسے Mg^{2+} ، Co^{3+} ، AlCl_3 وغیرہ لیوئس تیزاب کی طرح کام کرتی ہیں جبکہ OH^- ، NH_3 ، H_2O وغیرہ جو الیکٹران جوڑا دے سکتے ہیں لیوئس اساس کی طرح کام کرتے ہیں۔

مسئلہ 7.15

مندرجہ ذیل انواع کو لیوئس تیزاب اور لیوئس اساس کے طور پر تقسیم کیجیے اور بتائیے کہ یہ ایسے کس طرح کام کرتے ہیں:

مسئلہ 7.13

مندرجہ ذیل بروئنڈ اساسوں کے لیے جفتی تیزاب لکھیں:
 HCOO^- اور NH_2^- ، NH_3 ؟

حل

جفتی تیزاب کے پاس ہر ایک میں ایک پروٹان زائد ہونا چاہیے لہذا ان کے مطابق جفتی تیزاب بالترتیب NH_3 ، NH_4^+ اور HCOOH ہیں۔

مسئلہ 7.14

انواع H_2O ، HCO_3^- ، HSO_4^- اور NH_3 بروئنڈ تیزاب اور اساس دونوں طرح کام کر سکتی ہیں۔ ان میں سے ہر ایک کے لیے جفتی تیزاب اور جفتی اساس بتائیے

حل

جواب مندرجہ ذیل جدول میں دیا گیا ہے:

جفتی اساس	جفتی تیزاب	نوع
H_2O	H_3O^+	OH^-
HCO_3^-	H_2CO_3	CO_3^{2-}
HSO_4^-	H_2SO_4	SO_4^{2-}
NH_3	NH_4^+	NH_2^-

لاری تصور کی اصطلاح میں بھی ناپی جاسکتی ہے جہاں قوی تیزاب کا مطلب ہے ایک اچھا پروٹان معطی اور قوی اساس کا مطلب ہے ایک اچھا پروٹان قبول کار۔ ایک کمزور تیزاب HA میں تیزاب اساس افتراق توازن دیکھئے۔

$$HA(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + A^-(aq)$$

جفتی اساس جفتی تیزاب اساس تیزاب

سیکشن 7.10.2 میں ہم نے دیکھا کہ تیزابی (یا اساسی) افتراق توازن حرکی نوعیت کا ہے جس میں پروٹان کی منتقلی پیش اور پشت سمت میں ہوتی ہے۔ اب سوال یہ پیدا ہوتا ہے کہ اگر توازن حرکی ہے تو وقت گزرنے کے ساتھ کون سی سمت موافق ہوگی؟ اس کے پیچھے کون سی قوت کا رفرما ہے؟ ان سوالات کا جواب دینے کے لیے افتراق توازن میں شامل دو تیزابوں (یا اساسوں) کی قوت کا مقابلہ کرنے کے سوال پر بحث کریں گے۔ مذکورہ بالا تیزابی افتراق توازن میں موجود دو تیزابوں HA اور H_3O^+ اور محلول میں زیادہ تر A^- اور H_3O^+ آئین ہوں گے۔ توازن کمزور تیزاب اور کمزور اساس کی تشکیل کی سمت آگے بڑھے گا۔ کیونکہ قوی تیزاب قوی اساس کو پروٹان دیتے ہیں۔

اس سے نتیجہ نکلتا ہے کہ قوی تیزاب کا پانی میں مکمل افتراق ہوتا ہے اور بننے والا اساس بہت کمزور ہوتا ہے یعنی، قوی تیزابوں کے جفتی اساس بہت کمزور ہوتے ہیں۔ قوی تیزاب جیسے پرکلورک ایسڈ ($HClO_4$)، ہائڈروکلورک ایسڈ (HCl)، ہائڈرو برومک ایسڈ (HBr)، ہائڈرو آئیوڈک ایسڈ (HI)، نائٹرک ایسڈ (HNO_3) اور سلفیورک ایسڈ (H_2SO_4) جفتی اساس آئین ClO_4^- ، Cl^- ، Br^- ، I^- ، NO_3^- اور HSO_4^- دیں گے جو پانی (H_2O) کے مقابلے میں کمزور اساس ہیں۔ اسی طرح ایک بہت قوی اساس کمزور جفتی تیزاب دے گا۔ دوسری طرف ایک کمزور تیزاب مان لیجیے HA آبی وسیلے میں صرف جزوی طور پر افتراق کرتا ہے لہذا، محلول میں خاص کر غیر افتراق شدہ HA سائلے ہوں گے۔ عام کمزور تیزاب نائٹرس ایسڈ (HNO_2)، ہائڈروفلورک ایسڈ (HF) اور ایسیٹک ایسڈ (CH_3COOH) ہیں۔ یہ قابل غور ہے کہ کمزور تیزابوں کے بہت قوی جفتی اساس ہوتے ہیں مثال کے طور پر NH_2^- ، O_2^{2-} اور H^- بہت اچھے پروٹان قبول کار ہیں لہذا یہ H_2O کے مقابلے میں زیادہ قوی اساس ہیں۔

BCl_3 (d) H^+ (c) F^- (b) HO^- (a)

حل

- (a) ہائڈروکسل آئین ایک لیوٹس اساس ہے اور وہ ایک الیکٹران کا جوڑا دے سکتا ہے (OH^-)۔
- (b) فلورائڈ آئین لیوٹس اساس کی طرح کام کرتا ہے اور وہ اپنے چار الیکٹران تنہا جوڑوں میں سے ایک دے سکتا ہے۔
- (c) ایک پروٹان لیوٹس تیزاب ہے کیونکہ وہ اساس جیسے ہائڈروکسل آئین اور فلورائڈ آئین سے الیکٹران کے جوڑے کو قبول کر سکتا ہے۔
- (d) BCl_3 ایک لیوٹس تیزاب کی طرح کام کرتا ہے اور وہ امونیا یا امین (Amine) جیسی انواع سے الیکٹران کا ایک تنہا جوڑا قبول کر سکتا ہے۔

7.11 تیزاب اور اساس کا آیونائزیشن

(Ionization Of Acids And Bases)

آرہینیس کا تیزاب اور اساس کا تصور وہاں زیادہ فائدہ مند ہے جہاں تیزاب اور اساس کا آیونائزیشن ہوتا ہے کیونکہ زیادہ تر کیمیائی اور حیاتیاتی اعمال میں آیونائزیشن آبی وسیلے میں ہوتا ہے۔ قوی تیزاب جیسے پرکلورک ایسڈ ($HClO_4$)، ہائڈروکلورک ایسڈ (HCl)، ہائڈرو برومک ایسڈ (HBr)، ہائڈرو آئیوڈک ایسڈ (HI)، نائٹرک ایسڈ (HNO_3) اور سلفیورک ایسڈ (H_2SO_4) قوی اس لیے کہلاتے ہیں کیونکہ یہ آبی محلول میں تقریباً پوری طرح اپنے ترکیبی آئینوں میں تحلیل ہو جاتے ہیں، اور اس طرح پروٹان (H^+) معطی بن جاتے ہیں۔ اسی طرح قوی اساس جیسے ہائڈرو آکسائیڈ ($LiOH$)، سوڈیم ہائڈرو آکسائیڈ ($NaOH$)، پوٹاشیم ہائڈرو آکسائیڈ (KOH)، سیزیم ہائڈرو آکسائیڈ ($CsOH$) اور بیریم ہائڈرو آکسائیڈ ($Ba(OH)_2$) آبی محلول میں مکمل طور پر افتراق کرنے کے بعد OH^- دیتے ہیں۔ آرہینیس کے تصور کے مطابق یہ قوی تیزاب اور اساس ہیں اور یہ مکمل طور پر افتراق کر کے میڈیم میں بالترتیب H_3O^+ اور OH^- دیتے ہیں۔ بصورت دیگر کسی تیزاب یا اساس کی قوت بروٹنڈ

کرتا ہے۔ لہذا ہائڈروکسل آئن $[\text{OH}^-]$ کا ارتکاز $1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ ہوتا ہے لہذا 298 K پر K_w کی قیمت،

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = (1 \times 10^{-7})^2 = 1 \times 10^{-14} \text{ M}^2 \quad (7.28)$$

K_w کی قیمت درجہ حرارت منحصر ہوتی ہے کیونکہ یہ ایک توازن مستقلہ ہوتا ہے۔

خالص پانی کی کثافت 1000 g/L ہوتی ہے اور اس کی مولر کمیت 18.0 g/mol ہوتی ہے۔ اس سے شفاف پانی کی مولارٹی مندرجہ ذیل طریقہ سے دی جاسکتی ہے:

$$[\text{H}_2\text{O}] = (1000 \text{ g/L}) (1 \text{ mol}/18.0 \text{ g}) = 55.55 \text{ M}$$

لہذا افتراق شدہ پانی کا غیر افتراق شدہ پانی سے تناسب اس طرح لکھا جاسکتا ہے۔ $10^{-7}/(55.55) = 1.8 \times 10^{-9}$ یا $\sim 2 \text{ in } 10^{-9}$ (لہذا توازن خاص طور پر غیر افتراق شدہ پانی کی سمت رہتا ہے)

ہم تیزابی، تعدیلی اور اساسی آبی محلولوں کو H_3O^+ اور OH^- کے ارتکاز کی نسبتی قدروں سے پہچان سکتے ہیں۔

$$\text{تیزابی: } [\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$$

$$\text{تعدیلی: } [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$$

$$\text{اساسی: } [\text{H}_3\text{O}^+] < [\text{OH}^-]$$

7.11.2 pH پیمانہ (The pH Scale)

مولاریت میں ہائڈرونیئم آئن کے ارتکاز کو زیادہ آسانی سے لوگاریتم پیمانے پر ظاہر کیا جاتا ہے جسے pH پیمانہ کہتے ہیں۔ کسی محلول کی pH ہائڈروجن آئن ایکٹیوٹی (a_{H^+}) کا 10 کے اساس پر منفی لوگاریتم ہے۔ ڈائی لیوٹ محلول ($< 0.01 \text{ m}$) میں ہائڈروجن آئن $[\text{H}^+]$ کی ایکٹیوٹی کے ذریعہ ظاہر کی گئی مولاریت کی قدر کے برابر ہوتی ہے یہ نوٹ کیا جانا چاہئے کہ عمل (ایکٹیوٹی) کی کوئی اکائی نہیں ہوتی اور اس کی مندرجہ ذیل طریقہ سے تعریف کی جاسکتی ہے۔

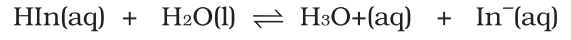
$$a_{\text{H}^+} = [\text{H}^+] / \text{mol L}^{-1}$$

pH کی تعریف سے مندرجہ ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$\text{pH} = -\log a_{\text{H}^+} = -\log \{[\text{H}^+] / \text{mol L}^{-1}\}$$

لہذا HCl کے تیزابی محلول (10^{-2} M) کی $\text{pH} = 2$ ہوگی۔ اسی طرح NaOH کے اساسی محلول جس کے لیے $[\text{OH}^-] = 10^{-4} \text{ M}$ اور $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-10} \text{ M}$ ہے $\text{pH} = 10$ ہوگی۔ 25°C پر شفاف پانی

پانی میں حل پذیر کچھ نامیاتی مرکبات جیسے فٹھالین (Phenolphthalein) اور بروموٹھالین (Bromothymol Blue) کمزور تیزاب کی طرح عمل کرتے ہیں اور اپنی تیزابی شکل (HIn) اور جفتی اساسی شکل (In^-) میں مختلف رنگ ظاہر کرتے ہیں۔



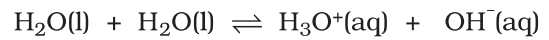
جفتی اساس جفتی تیزاب
رنگ B رنگ A

ایسے مرکبات تیزاب۔ اساس ٹائٹریشن میں انڈیکیٹر کے طور پر مفید ہوتے ہیں۔

7.11.1 پانی اور اس کے آئینی حاصل کا آئیونائزیشن مستقلہ

(The Ionization Constant of Water and its Ionic Product)

کچھ اشیاء جیسے پانی میں مخصوص صلاحیت ہوتی ہے کہ وہ تیزاب اور اساس دونوں کی طرح کام کر سکتی ہیں۔ یہ ہم سیکن 7.10.2 میں پانی کے ساتھ دیکھ چکے ہیں۔ تیزاب HA کی موجودگی میں یہ پروٹان لیتا ہے اور ایک اساس کی طرح کام کرتا ہے، جبکہ اساس B^- کی موجودگی میں یہ پروٹان دے کر تیزاب کی طرح کام کرتا ہے۔ شفاف پانی میں، ایک H_2O سالمہ پروٹان دیتا ہے اور تیزاب کی طرح کام کرتا ہے جبکہ دوسرا سالمہ اسی وقت پروٹان قبول کر کے ایک اساس کی طرح کام کرتا ہے اور توازن قائم ہوتا ہے



جفتی اساس جفتی تیزاب اساس تیزاب
افتراقی مستقلہ کو اس طرح ظاہر کرتے ہیں۔

$$K = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] / [\text{H}_2\text{O}] \quad (7.26)$$

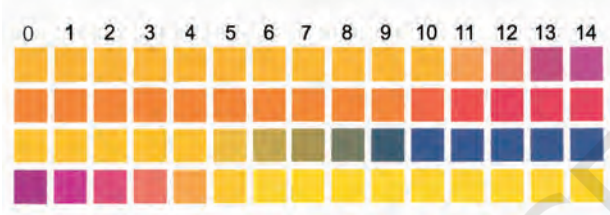
نسب نما میں سے پانی کے ارتکاز کو نکال دیتے ہیں کیونکہ پانی ایک خالص شے ہے اور اس کا ارتکاز مستقل رہتا ہے۔ $[\text{H}_2\text{O}]$ کو توازن مستقلہ میں شامل کر لیتے ہیں جو ایک نیا مستقلہ K_w دیتا ہے جو پانی کا آئینی حاصل (Ionic Product of Water) کہلاتا ہے۔

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] \quad (7.27)$$

298 K پر H^+ کا ارتکاز تجرباتی طور پر $1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ پایا گیا ہے۔ اور چونکہ پانی کا افتراق H^+ اور OH^- آئنوں کی برابر مقدار فراہم

سے تبدیل ہوتا ہے تو pH کی قیمت دو اکائیوں سے تبدیل ہوتی ہے۔ اب آپ سمجھ گئے ہوں گے کہ درجہ حرارت کے ساتھ pH کی تبدیلی کو اکثر کیوں نظر انداز کیا جاتا ہے۔

کسی محلول کی pH کی پیمائش لازمی ہے کیونکہ حیاتیاتی اور کاسمیک استعمال کے لیے اس کا معلوم ہونا ضروری ہے۔ کسی محلول کی pH کا اندازہ ایک pH کاغذ کی مدد سے لگایا جاسکتا ہے جس کا رنگ مختلف pH کے محلولوں میں کاغذ مختلف ہوتا ہے۔ آج کل ایسے pH کاغذ دستیاب ہیں جن میں چار پٹیاں ہوتی ہیں ایک ہی pH پر الگ الگ پٹیوں کے رنگ الگ ہوتے ہیں (شکل 7.11)۔ pH کاغذ کا استعمال کر کے 1-14 کی رینج میں 0.5~ کی درستگی تک pH معلوم کی جاسکتی ہے۔



شکل 7.11 چار پٹیوں کے ساتھ pH کاغذ جس میں یکساں pH پر مختلف رنگ ہو سکتے ہیں۔

زیادہ درستی (Accuracy) کے لیے pH میٹر کا استعمال کیا جاتا ہے۔ pH میٹر ایک ایسا آلہ ہوتا ہے جس سے جانچ محلول کا pH پر منحصر برقی مضر 0.001 درستگی صحت تک ناپا جاسکتا ہے۔ قلم کی جسامت کے pH پیمانے اب بازار میں دستیاب ہیں۔ کچھ عام اشیاء کی pH جدول 7.5 میں دی گئی ہیں۔

جدول 7.5 کچھ عام اشیاء کی pH

pH	سیال کا نام	pH	سیال کا نام
5.0	سیاہ کافی	~15	NaOH کا سیر شدہ محلول
~4.2	ٹماٹر کا رس	13	NaOH 0.1 M محلول
~3.0	سوٹ ڈرنک اور سرکہ	10.5	چونے کا پانی
~2.2	نیبو کا رس	10	ملک آف میگنیشیا
~1.2	گیسٹرک جوس	7.8	انڈے کی سفیدی، سمندر کا پانی
~0	HCl 1M محلول	7.4	انسانی خون
~-1.0	مرکنز HCl	6.8	دودھ
		6.4	انسانی لعاب

کا ہائڈروجن آئن ارتکاز $[OH^+] = 10^{-7} M$ ہوتا ہے، لہذا شفاف پانی کی pH کو اس طرح دکھایا جاسکتا ہے۔

$$pH = -\log(10^{-7}) = 7$$

تیزابی محلولوں کے ہائڈروجن آئن ارتکاز $[H^+] > 10^{-7} M$

ہوتے ہیں جبکہ اساسی محلولوں کے ہائڈروجن آئن ارتکاز $[H^+] < 10^{-7} M$ ہوتے ہیں۔ اس طرح ہم خلاصہ کر سکتے ہیں کہ:

تیزابی محلول میں $pH < 7$

اساسی محلول میں $pH > 10$

تعدیلی محلول میں $pH = 7$

اب دوبارہ مساوات (7.28) کو 298 K پر دیکھئے

$$K_w = [H_3O^+] [OH^-] = 10^{-14}$$

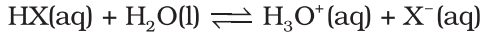
مساوات کی دونوں سمتوں کے منفی لوگارتم لینے پر، ہمیں ملے گا۔

$$\begin{aligned} -\log K_w &= -\log \{[H_3O^+] [OH^-]\} \\ &= -\log [H_3O^+] - \log [OH^-] \\ &= -\log 10^{-14} \end{aligned}$$

$$(7.29) \quad pK_w = pH + pOH = 14$$

غور کیجیے کہ اگرچہ K_w درجہ حرارت میں تبدیلی کے ساتھ بدل سکتا ہے درجہ حرارت کے ساتھ pH میں تبدیلی بہت معمولی ہوتی ہے اور ہم اسے نظر انداز کر سکتے ہیں۔

آبی محلولوں کے لیے pK_w بہت اہم مقدار ہے جو ہائڈروجن آئن اور ہائڈروکسل آئن کے نسبتی ارتکاز کو کنٹرول کرتا ہے جبکہ ان کا ماحصل مستقل ہوتا ہے۔ یہ نوٹ کیا جانا چاہیے کہ چونکہ pH پیمانہ لوگارتمی ہے، pH میں صرف ایک اکائی کی تبدیلی کا مطلب یہ بھی ہے کہ H^+ فیوٹر 10



ابتدائی ارتکاز (M)

مان لیجیے آئیونائزیشن تبدیل کی (M) کی حد α ہے
توازنی ارتکاز (M)

$-c\alpha$ $+c\alpha$ $+c\alpha$
 $c\alpha$ $c\alpha$ $c - c\alpha$

یہاں $C =$ غیر افتراقی تیزاب HX کا ابتدائی ارتکاز ہے، جبکہ $t = 0$ ہے۔
 $\alpha =$ وہ حد ہے جس حد تک HX اپنے آئینوں میں آئیونائز ہو سکتا ہے۔ ان
ترسیموں کا استعمال کر کے ہم مذکورہ بالا تیزاب آئیونائز توازن کے لیے
توازن مستقلہ معلوم کر سکتے ہیں۔

$$K_a = c^2 \alpha^2 / c(1-\alpha) = c\alpha^2 / 1-\alpha$$

HX کا K_a افتراقی یا آئیونائزیشن مستقلہ کہلاتا ہے۔ یہ مولر ارتکاز
میں اس طرح بھی واضح کیا جاسکتا ہے۔

$$K_a = [\text{H}^+][\text{X}^-] / [\text{HX}] \quad (7.30)$$

”دیے گئے درجہ حرارت T پر K_a تیزاب HX کی قوت کی پیمائش
ہے یعنی جتنی زیادہ K_a کی قیمت ہوگی اتنا ہی قوی وہ تیزاب ہوگا۔ K_a
غیر جماعتی مقدار ہے اس سمجھ کے ساتھ کہ تمام انواع کی معیاری ارتکاز کی
حالت 1M ہوتی ہے۔“

کچھ چندہ کمزور تیزابوں کے آئیونائزیشن مستقلے جدول 7.6 میں
دیے گئے ہیں۔

ہائڈروجن آئن ارتکاز کے لیے pH پیمانہ اتنا مفید ہے کہ pK_w کے
علاوہ اس کا استعمال دوسری انواع اور مقداروں کے لیے بھی کیا جاتا ہے۔

لہذا ہمارے پاس ہے

$$pK_a = -\log(K_a) \quad (7.31)$$

اگر ہم کسی تیزاب کا آئیونائزیشن مستقلہ K_a اور اس کا ابتدائی ارتکاز
C جانتے ہیں تو ہم تمام انواع کے لیے توازن ارتکاز اور تیزاب کے
آئیونائزیشن کی ڈگری اور محلول کی pH معلوم کر سکتے ہیں۔

کمزور الیکٹرولائٹ کی pH کا اندازہ لگانے کے لیے ہم اقدامات کا
ایک سلسلہ بروئے کار لاتے ہیں:

مسئلہ 7.16

ایک سوٹ ڈرنک کے نمونے میں ہائڈروجن آئن کا ارتکاز
 $3.8 \times 10^{-3} \text{M}$ ہے۔ اس کی pH کیا ہوگی؟

حل

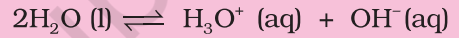
$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log[3.8 \times 10^{-3}] \\ &= -\{\log[3.8] + \log[10^{-3}]\} \\ &= -\{(0.58) + (-3.0)\} = -\{-2.42\} = 2.42 \end{aligned}$$

سوٹ ڈرنک کا pH 2.42 ہے اور یہ اندازہ لگایا جاسکتا ہے کہ وہ
تیزابی ہے

مسئلہ 7.17

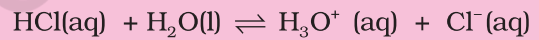
HCl محلول کی pH معلوم کیجیے۔
 $1.0 \times 10^{-8} \text{M}$

حل



$$K_w = [\text{OH}^-][\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-14}$$

مان لیجیے H_2O سے، $\text{H}_3\text{O}^+ - \text{X} = [\text{OH}^-] = \text{H}_2\text{O}^+$ کا ارتکاز
پیدا ہوگا (i) گھلنے والے HCl کے آئیونائزیشن سے یعنی:



اور (ii) H_2O کے آئیونائزیشن سے۔ بہت زیادہ ڈائی لیوٹ ان
محلولوں میں H_3O^+ کے دونوں ذرائع پر غور کرنا چاہیے۔

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-8} + x$$

$$K_w = (10^{-8} + x)(x) = 10^{-14}$$

یا

$$x^2 + 10^{-8}x - 10^{-14} = 0$$

$$[\text{OH}^-] = x = 9.5 \times 10^{-8}$$

$$\text{pOH} = 7.02 \text{ اور } \text{pH} = 6.98 \text{ لہذا}$$

7.11.3 کمزور تیزابوں کے آئیونائزیشن مستقلے

(Ionization Constants of Weak Acids)

ایک کمزور تیزاب کی مثال لیجیے جو آبی محلول میں جزوی طور پر آئیونائز ہوتا
ہے اس کا توازن اس طرح دکھایا جاسکتا ہے۔

جدول 7.6 کچھ چندہ کمزور تیزابوں کے برق پاش مستقلے (298K پر)

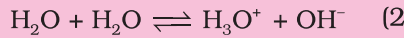
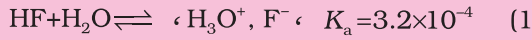
تیزاب (Acid)	آیونائزیشن مستقلے K_a
ہائڈروفلورک ایسڈ (HF)	3.5×10^{-4}
نائٹریک ایسڈ (HNO_2)	4.5×10^{-4}
فارمک ایسڈ (HCOOH)	1.8×10^{-4}
نیاسین ($\text{C}_5\text{H}_4\text{NCOOH}$)	1.5×10^{-5}
ایسٹیک ایسڈ (CH_3COOH)	1.74×10^{-5}
بیزوئک ایسڈ ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$)	6.5×10^{-5}
ہائپوکلورس ایسڈ (HClO)	3.0×10^{-8}
ہائڈروسیانک ایسڈ (HCN)	4.9×10^{-10}
فینول ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$)	1.3×10^{-10}

مسئلہ 7.18

HF کا آیونائزیشن مستقلہ 3.2×10^{-4} ہے۔ 0.02M محلول میں HF کی افتراق کی ڈگری معلوم کیجیے۔ محلول میں موجود تمام انواع (HF اور H_3O^+ , F^-) کے ارتکاز اور اس کی pH معلوم کیجیے۔

حل

مندرجہ ذیل پروٹان منتقلی تعاملات ممکن ہیں۔



$$K_w = 1.0 \times 10^{-14}$$

چونکہ $K_a \gg K_w$ لہذا تعامل (1) پر نسیل تعامل ہوگا۔



ابتدائی ارتکاز (M)

$$0.02 \quad 0 \quad 0$$

تبدیل شدہ (M)

$$-0.02\alpha \quad +0.02\alpha \quad +0.02\alpha$$

توازن ارتکاز (M)

$$0.02 - 0.02\alpha \quad 0.02\alpha \quad 0.02\alpha$$

پرنسیل تعامل کے لیے تعامل میں توازن ارتکاز کی قیمتیں رکھنے پر

$$K_a = (0.02\alpha)^2 / (0.02 - 0.02\alpha)$$

$$= 0.02\alpha^2 / (1 - \alpha) = 3.2 \times 10^{-4}$$

اس سے ہمیں مندرجہ ذیل دودرجی مساوات حاصل ہوتی ہے۔

$$\alpha^2 + 1.6 \times 10^{-2}\alpha - 1.6 \times 10^{-2} = 0$$

α میں دودرجی مساوات کو حل کیا جاسکتا ہے اور جذر کی دو قدریں

$$\alpha = +0.12 \text{ اور } -0.12 \text{ گئی}$$

منفی جذر قابل قبول نہیں ہے لہذا،

$$\alpha = 0.12$$

اس کا مطلب ہے کہ آیونائزیشن کی ڈگری، $\alpha = 0.12$ پھر

دوسری انواع، جیسے HF اور F^- کے توازن ارتکاز دیے

جاسکتے ہیں:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{F}^-] = c\alpha = 0.02 \times 0.12$$

$$= 2.4 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{HF}] = c(1 - \alpha) = 0.02 (1 - 0.12)$$

قدم 1 افتراق سے پہلے موجود انواع کی برونسٹڈ۔ لاری تیزاب / اساس کے طور پر شناخت کیجیے۔

قدم 2 تمام ممکنہ تعاملات کے لیے متوازن مساوات لکھیے یعنی یہ انواع تیزاب اور اساس دونوں طرح سے حصہ لیتے ہوئے لکھے جائیں گے۔

قدم 3 وہ تعامل جس میں K_a کی قیمت سب سے زیادہ ہوگی وہ ابتدائی تعامل کے طور پر لیا جائے گا جبکہ دیگر ثانوی تعامل ہوگا۔

قدم 4 ابتدائی تعامل میں ہر ایک نوع کے لیے مندرجہ ذیل قدروں کو جدول کی شکل میں لکھیے۔

(a) ابتدائی ارتکاز C

(b) آیونائزیشن کی ڈگری α کی اصطلاح میں توازن کی سمت بڑھتے وقت ارتکاز میں تبدیلی

(c) توازن ارتکاز

قدم 5 پرنسیل تعامل کے لیے توازن مستقلہ مساوات میں α کی قیمت نکالنے کے لیے توازن ارتکاز کی قیمت رکھیے۔

قدم 6 پرنسیل تعامل میں انواع کے ارتکاز کی قیمت نکالیے۔

قدم 7 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ کی قیمت معلوم کیجیے۔

مذکورہ بالا طریقہ کی وضاحت مندرجہ ذیل مثالوں کے ذریعے کی جاسکتی ہے۔

توازن ارتکاز (M)

$$\begin{aligned}
 &0.08 - x \quad \quad \quad x \quad \quad \quad x \\
 &K_a = \frac{[H_3O^+][ClO^-]}{[HOCl]} \\
 &= x^2 / (0.08 - x) \\
 &0.08 - x \approx 0.08 \quad \text{لیے } x \ll 0.08, \\
 &x^2 / 0.08 = 2.5 \times 10^{-5} \\
 &x = 1.41 \times 10^{-3} \quad \text{لہذا } x^2 = 2.0 \times 10^{-6} \\
 &[H^+] = 1.41 \times 10^{-3} \text{ M} \\
 &\text{فی صد افتراق} \\
 &= \frac{[HOCl]_{\text{dissociated}}}{[HOCl]_{\text{undissociated}}} \times 100 \\
 &= 1.41 \times 10^{-3} \times 10^2 / 0.08 = 1.76\% \\
 &pH = -\log(1.41 \times 10^{-3}) = 2.85.
 \end{aligned}$$

7.11.4 کمزور اساسوں کا آیونائزیشن

(Ionization of Weak Bases)

ایک اساس MOH کا آیونائزیشن مندرجہ ذیل مساوات سے ظاہر کیا جاسکتا ہے۔



کمزور اساس میں MOH کا M^+ اور OM^- میں جزوی آیونائزیشن ہوتی ہے۔ یہ معاملہ تیزاب افتراق توازن کی طرح ہے۔ اساسی آیونائزیشن کے لیے توازن مستقلہ اساسی آیونائزیشن مستقلہ کہلاتا ہے اور اسے K_b سے ظاہر کرتے ہیں۔ اسے توازن کی حالت میں مختلف انواع کے ارتکاز کو مولاریت میں دکھاتے ہوئے مندرجہ ذیل مساوات کے ذریعہ ظاہر کر سکتے ہیں۔

$$(7.33) \quad K_b = [M^+][OH^-] / [MOH]$$

متبادل طور پر اگر C = اساس کا ابتدائی ارتکاز اور α = اساس کی آیونائزیشن کی ڈگری یعنی، جس حد تک اساس آیونائز ہوتا ہے۔ جب توازن قائم ہو جاتا ہے تو توازن مستقلہ کو اس طرح لکھ سکتے ہیں۔

$$K_b = [C\alpha]^2 / C(1-\alpha) = C\alpha^2 / (1-\alpha)$$

کچھ چندہ کمزور اساسوں کے آیونائزیشن مستقلوں K_b کی قیمتیں جدول 7.7 میں دی گئی ہیں

$$= 17.6 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(2.4 \times 10^{-3}) = 2.62$$

مسئلہ 7.19

0.1M مونو بیسک ایسڈ کا pH 4.50 ہے۔ توازن کے وقت انواع H^+ ، A^- اور HA کے ارتکاز معلوم کیجیے۔ مونو بیسک ایسڈ کے لیے K_a اور pK_a کی قیمت معلوم کیجیے۔

حل

$$pH = -\log [H^+]$$

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-4.50} = 3.16 \times 10^{-5} \quad \text{لہذا}$$

$$[H^+] = [A^-] = 3.16 \times 10^{-5}$$

$$K_a = [H^+][A^-] / [HA]$$

$$[HA]_{\text{eqbm}} = 0.1 - (3.16 \times 10^{-5}) \approx 0.1$$

$$K_a = (3.16 \times 10^{-5})^2 / 0.1 = 1.0 \times 10^{-8}$$

$$pK_a = -\log(10^{-8}) = 8$$

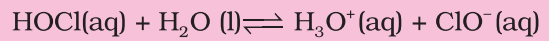
متبادل طور پر ”فی صد افتراق، کمزور تیزاب کی قوت ناپنے کا ایک دوسرا مفید طریقہ ہے اور اسے مندرجہ ذیل طریقہ سے دیا جاسکتا ہے۔

$$(7.32) \quad = \frac{[HA]_{\text{dissociated}}}{[HA]_{\text{initial}}} \times 100\%$$

مسئلہ 7.20

0.08M ہائپوکلورس ایسڈ، HOCl کی pH معلوم کیجیے۔ ایسڈ کا آیونائزیشن مستقلہ 2.5×10^{-5} ہے۔ HOCl کا فیصد افتراق معلوم کیجیے۔

حل



ابتدائی ارتکاز

$$0.08 \quad \quad \quad 0 \quad \quad \quad 0$$

توازن ارتکاز پر پہنچنے پر تبدیلی (M)

$$-x \quad \quad \quad +x \quad \quad \quad +x$$

جدول 7.7 K 298 پر کچھ کمزور اساسوں کے آئیونائزیشن مستقلوں کی قیمتیں

اساس	K_b
ڈائی میتھائل امین $(CH_3)_2NH$	5.4×10^{-4}
ٹرائی میتھائل امین $(C_2H_5)_3N$	6.45×10^{-5}
امونیا NH_3 یا NH_4OH	1.77×10^{-5}
کیونین (ایک نباتاتی ماحصل)	1.10×10^{-6}
پائریڈین C_5H_5N	1.77×10^{-9}
ایٹیلین $C_6H_5NH_2$	4.27×10^{-10}
یوریا $CO(NH_2)_2$	1.3×10^{-14}

$$K_b = \text{antilog}(-9.7) = 1.67 \times 10^{-10}$$

$$[OH^-] = K_w / [H^+] = 1 \times 10^{-14} / 1.67 \times 10^{-10}$$

$$= 5.98 \times 10^{-5}$$

متعلقہ ہائڈروجن آئن کا ارتکاز بھی وہی ہوگا جو کہ ہائڈروکسل کا ہے۔ ان دونوں آئینوں کے ارتکاز بہت کم ہیں۔ لہذا غیر افتراقی اساس کے ارتکاز 0.004M کے برابر لیے جاسکتے ہیں۔

$$K_b = [NH_2NH_3^+][OH^-] / [NH_2NH_2]$$

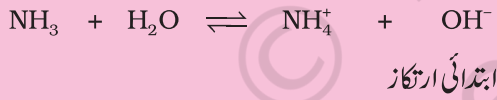
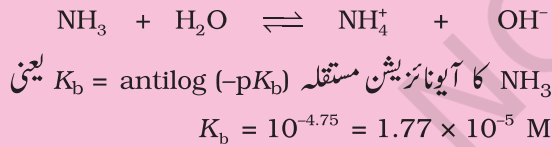
$$= (5.98 \times 10^{-5})^2 / 0.004 = 8.96 \times 10^{-7}$$

$$pK_b = -\log K_b = -\log(8.96 \times 10^{-7}) = 6.04$$

مسئلہ 7.22

0.1M NH_3 اور 0.2M NH_4Cl کی آمیزش سے بننے والے محلول کی pH معلوم کیجیے امونیا محلول کی 4.75 pOH ہے۔

حل



0.10	0.20	0
-x	+x	+x

توازن پر پہنچنے کے لیے تبدیلی

توازن کے وقت (M)

-0.10	0.20 + x	x
-------	----------	---

$$K_b = [NH_4^+][OH^-] / [NH_3]$$

$$= (0.20 + x)(x) / (0.1 - x) = 1.77 \times 10^{-5}$$

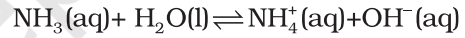
چونکہ K_b بہت کم ہے لہذا ہم 0.1M اور 0.2M کے مقابلے میں x کو نظر انداز کر سکتے ہیں۔

$$[OH^-] = x = 0.88 \times 10^{-5}$$

$$[H^+] = 1.12 \times 10^{-9}$$

$$pH = -\log[H^+] = 8.95$$

بہت سے نامیاتی مرکبات جیسے کہ امین کمزور اساس ہوتے ہیں۔ امین، امونیا کے مشتق ہیں جن میں ایک یا زیادہ ہائڈروجن ایٹم کسی دوسرے گروپ سے تبدیل کیے جاتے ہیں۔ مثال کے طور پر میتھائل امین، کوڈین، کیونین اور کوٹونین سب کمزور اساسوں کی طرح کام کرتے ہیں کیونکہ ان کے K_b بہت کم ہوتے ہیں۔ امونیا آبی محلول میں OH^- دیتی ہے۔



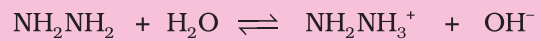
ہائڈروجن آئن ارتکاز کے لیے pH پیمانے کی توسیع کر کے مندرجہ ذیل کو حاصل کر سکتے ہیں۔

$$pK_b = -\log(K_b) \quad (7.34)$$

مسئلہ 7.21

0.004M ہائڈروجن آئن محلول کی pH 9.7 ہے۔ اس کے آئیونائزیشن مستقلہ K_b اور pK_b معلوم کیجیے۔

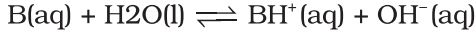
حل



pH سے ہم ہائڈروجن آئن ارتکاز نکال سکتے ہیں۔ ہائڈروجن آئن ارتکاز اور پانی کے آئینی ماحصل کو جانتے ہوئے ہم ہائڈروکسل آئن کا ارتکاز معلوم کر سکتے ہیں لہذا ہمارے پاس ہے؛

$$[H^+] = \text{antilog}(-pH)$$

دوسری طرف مندرجہ بالا علامت $K_w = K_a \times K_b$ کو اساس۔
افتراق توازن تعامل کی مدد سے بھی حاصل کیا جاسکتا ہے۔



$$K_b = [BH^+][OH^-] / [B]$$

چونکہ پانی کا ارتکاز مستقل ہوتا ہے لہذا اسے نسب نما سے نکال دیتے
ہیں اور افتراقی مستقلے میں شامل کر لیتے ہیں۔ اس کے بعد مندرجہ بالا
مساوات کو $[H^+]$ سے ضرب اور تقسیم کر کے ہمیں حاصل ہوتا ہے:

$$\begin{aligned} K_b &= [BH^+][OH^-][H^+] / [B][H^+] \\ &= [OH^-][H^+] / [B][H^+] \\ &= K_w / K_a \end{aligned}$$

یا

$$K_a \times K_b = K_w$$

یہ بھی غور کیا جاسکتا ہے کہ اگر ہم مساوات کی دونوں سمتوں کے منفی
لوگارتم لیں، تو جفتی تیزاب اور اساس کی pK قدروں کا ایک دوسرے سے
تعلق مندرجہ ذیل مساوات کے مطابق ہوگا۔

$$(298 \text{ K پر}) pK_a + pK_b = pK_w = 14$$

مسئلہ 7.23

0.05M امونیا محلول کی آیونائزیشن کی ڈگری اور pH معلوم
کیجیے۔ امونیا کا آیونائزیشن مستقلہ جدول 7.7 سے لیا جاسکتا ہے۔
اس کے علاوہ امونیا کے جفتی تیزاب کا آینی مستقلہ بھی معلوم کیجیے۔

حل

پانی میں امونیا کی آیونائزیشن کو مندرجہ ذیل مساوات کے ذریعہ
ظاہر کیا جاسکتا ہے۔



ہائڈروکسل آئن کا ارتکاز معلوم کرنے کے لیے ہم مساوات
(7.33) کا استعمال کر سکتے ہیں

$$[OH^-] = c \alpha = 0.05 \alpha$$

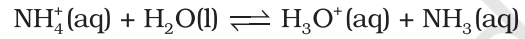
$$K_b = 0.05 \alpha^2 / (1 - \alpha)$$

α کی قیمت کم ہے لہذا دو درجی مساوات کو مساوات کے دہنی سمت
نسب نما میں 1 کے مقابلے α کو نظر انداز کر کے آسان بنایا جاسکتا
ہے۔ اس طرح

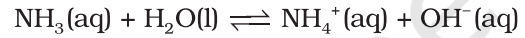
7.11.5 K_a اور K_b میں تعلق

(Relation between K_a and K_b)

جیسا کہ اس باب میں پہلے دیکھا جا چکا ہے، K_a اور K_b بالترتیب تیزاب
اور اساس کی قوت کو ظاہر کرتے ہیں۔ جفتی تیزاب۔ اساس کے جوڑے
بہت سادہ طریقہ سے تعلق رکھتے ہیں یعنی اگر ان میں سے ایک کی قیمت
معلوم ہو تو دوسرے کی قیمت معلوم کی جاسکتی ہے۔



$$K_a = [H_3O^+][NH_3] / [NH_4^+] = 5.6 \times 10^{-10}$$



$$K_b = [NH_4^+][OH^-] / [NH_3] = 1.8 \times 10^{-5}$$

گل



$$K_w = [H_3O^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14} M$$

جہاں K_a ایک تیزاب کی حیثیت سے NH_4^+ کی قوت کو اور K_b
ایک اساس کی حیثیت سے NH_3 کی قوت کو ظاہر کرتے ہیں۔

نیٹ تعامل سے یہ دیکھا جاسکتا ہے کہ تعامل کے لیے توازن مستقلہ،
 K_a اور K_b توازن مستقلوں کے حاصل ضرب کے برابر ہوتا ہے، لہذا:

$$K_a \times K_b = \frac{[H_3O^+][NH_3]}{[NH_4^+]} \times \frac{[NH_4^+]}{[OH^-][NH_3]}$$

$$= [H_3O^+][OH^-] = K_w$$

$$= (5.6 \times 10^{-10}) \times (1.8 \times 10^{-5}) = 1.0 \times 10^{-14} M$$

ایک تعیم کے لیے اس کی توسیع کی جاسکتی ہے۔ دو (یا زیادہ)
تعاملات کو جمع کر کے حاصل کیے گئے نیٹ تعامل کے لیے توازن مستقلہ انفرادی
تعاملات کے توازن مستقلوں کے حاصل ضرب کے برابر ہوتا ہے۔“

$$(7.35) \quad K_{NET} = K_1 \times K_2 \times \dots$$

اسی طرح جفتی تیزاب اساس جوڑے میں

$$(7.36) \quad K_a \times K_b = K_w$$

ایک کی قیمت معلوم ہونے پر دوسرے کی قیمت معلوم کی جاسکتی
ہے۔ یہ قابل غور ہے کہ قوی تیزاب کے جفتی اساس کمزور ہوں گے اور
قوی اساس کے جفتی تیزاب کمزور ہوں گے۔

جدول 7.8 چندہ کثیر پروٹک تیزابوں کے آئیونائزیشن
مستقلے (298K)

تیزاب	K_{a_1}	K_{a_2}	K_{a_3}
آکزیلیک	5.9×10^{-2}	6.4×10^{-3}	
ایسکوروبک ایسڈ	7.4×10^{-4}	1.6×10^{-12}	
سلفیورک ایسڈ	1.7×10^{-2}	6.7×10^{-8}	
سلفیورک ایسڈ	بہت زیادہ	1.2×10^{-12}	
کاربونک ایسڈ	4.3×10^{-7}	5.6×10^{-11}	
سٹرک ایسڈ	7.4×10^{-4}	1.7×10^{-5}	4.0×10^{-7}
فاسفورک ایسڈ	7.5×10^{-3}	6.2×10^{-8}	4.2×10^{-13}

یہ دیکھا جاسکتا ہے کہ کثیر پروٹک ایسڈ میں اعلیٰ درجے کے آئیونائزیشن مستقلے (K_{a_2}, K_{a_3}) نچلے درجے کے آئیونائزیشن مستقلے K_{a_1} سے کم ہوتے ہیں اس کی وجہ یہ ہے کہ ایک منفی چارج شدہ آئن سے مثبت چارج والے پروٹان کو برقی سکونی قوت کی وجہ سے نکال پانا زیادہ مشکل ہوتا ہے۔ اسے منفی چارج شدہ HCO_3^- کے مقابلے میں غیر چارج شدہ H_2CO_3 میں سے ایک پروٹان علیحدہ کر کے دیکھا جاسکتا ہے۔ اسی طرح ایک دوسرے منفی چارج شدہ HPO_4^- آئن آئن میں سے پروٹان کو نکالنا HPO_4^{2-} کی بہ نسبت زیادہ مشکل ہوتا ہے۔

کثیر پروٹک تیزابی محلول میں HA^- ، H_2A کے آمیزے اور ڈائی پروٹک تیزاب میں A^{2-} ہوتے ہیں۔ H_2A ایک قوی تیزاب ہونے کی وجہ سے اس کے ابتدائی تعامل میں H_2A کا افتراق ہوتا ہے اور محلول میں H_3O^+ خاص طور پر پہلے افتراقی مرحلے سے آتا ہے۔

7.11.7 تیزاب کی قوت کو متاثر کرنے والے عوامل

(Factors Affecting Acid Strength)

مقداری طور پر تیزاب اور اساس کی قوت پر بحث کرنے کے بعد ہم اس مقام پر آجاتے ہیں جہاں ہم ایک دیے ہوئے محلول کی pH نکال سکتے ہیں۔ لیکن ہم یہ جاننے کے لیے متجسس رہتے ہیں کہ کچھ تیزاب دوسروں کے مقابلے میں زیادہ قوی کیوں ہوتے ہیں؟ وہ کون سے عوامل ہیں جو ان کو قوی بناتے ہیں؟ اس کا جواب ہے کہ یہ ایک بے حد پیچیدہ عمل ہے۔

$$K_b = c\alpha^2 \text{ or } \alpha = \sqrt{(1.77 \times 10^{-5}/0.05)} \\ = 0.018.$$

$$[\text{OH}^-] = c\alpha = 0.05 \times 0.018 = 9.4 \times 10^{-4} \text{M}.$$

$$[\text{H}^+] = K_w/[\text{OH}^-] = 10^{-14}/(9.4 \times 10^{-4}) \\ = 1.06 \times 10^{-11}$$

$$\text{pH} = -\log(1.06 \times 10^{-11}) = 10.97$$

اب جفتی تیزاب اساس جوڑے کے تعلق کو استعمال کرتے ہوئے

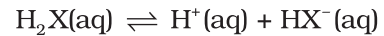
$$K_a \times K_b = K_w$$

جدول 7.7 سے NH_3 کے لیے K_b کی قیمت لیتے ہوئے ہم جفتی تیزاب NH_4^+ کا ارتکاز معلوم کر سکتے ہیں۔

$$K_a = K_w / K_b = 10^{-14} / 1.77 \times 10^{-5} \\ = 5.64 \times 10^{-10}$$

7.11.6 ڈائی- اور کثیر اساسی تیزاب اور ڈائی- اور کثیر تیزابی اساس (Di- and Polybasic Acids and Di- and Polyacidic Bases)

کچھ تیزاب جیسے کہ آکسائیڈ ایسڈ، سلفیورک ایسڈ اور فاسفورک ایسڈ میں ایسڈ کے ہر ایک سالے میں ایک سے زیادہ آئیونائزیشن کے قابل پروٹان موجود ہوتے ہیں۔ ایسے تیزاب کثیر اساسی (Polybasic) یا کثیر پروٹک (Polyprotic) تیزاب کہلاتے ہیں مثال کے طور پر ایک ڈائی بیسک تیزاب H_2X کے لیے آئیونائزیشن تعامل کو مندرجہ ذیل مساوات کے ذریعہ ظاہر کیا جاتا ہے۔



اور اسی کے مطابق توازن مستقلہ مندرجہ ذیل ہیں۔

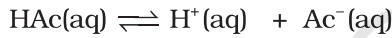
$$K_a = \{[\text{H}^+][\text{HX}^-]\} / [\text{H}_2\text{X}]$$

$$K_a = \{[\text{H}^+][\text{X}^{2-}]\} / [\text{HX}^-] \text{ اور}$$

یہاں K_a اور K_{a_2} تیزاب H_2X کے بالترتیب پہلے اور دوسرے آئیونائزیشن مستقلے ہیں۔ اسی طرح سہ اساسی تیزاب جیسے H_3PO_4 کے لیے ہمارے پاس تین آئیونائزیشن مستقلے ہوں گے۔ کچھ چندہ کثیر پروٹک تیزابوں کے لیے آئیونائزیشن مستقلے جدول 7.8 میں دیے گئے ہیں۔

ایسیٹک ایسڈ کے محلول میں ایسی ٹیٹ آئن کے اضافہ سے ہائڈروجن آئن $[H^+]$ کا ارتکاز کم ہو جاتا ہے۔ یہ بھی کہ اگر H^+ آئن کسی خارجی ماخذ سے داخل کیے جائیں تو توازن غیر افتراق شدہ ایسیٹک ایسڈ کی سمت میں جائے گا، یعنی اس سمت میں جہاں ہائڈروجن آئن کے ارتکاز میں کمی آئے۔ یہ عمل مشترک آئن اثر (Common Ion Effect) کی ایک مثال ہے۔ اس کی تعریف توازن میں تبدیلی کی شکل میں کی جاتی ہے جو اس شے کے اضافے کے سبب ہوتی ہے جس سے افتراق توازن میں پہلے سے موجود آینی نوع میں اضافہ ہوتا ہے۔ اس طرح ہم کہہ سکتے ہیں کہ مشترک آئن اثر ایک ایسا عمل ہے جو سیکشن 7.8 میں زیر بحث لی چیلنر کے اصول کی بنیاد پر ہوتا ہے۔

0.05M ایسیٹک ایسڈ محلول میں 0.05M ایسی ٹیٹ آینوں کو داخل کرنے پر محلول کی pH میں ہونے والی تبدیلی کو جانچنے کے لیے ہم ایک بار پھر ایسیٹک ایسڈ کے افتراق توازن کا مطالعہ کریں گے۔



ابتدائی ارتکاز (M)

0.05	0	0.05
مان لیجیے ایسیٹک ایسڈ کے آئیونائزیشن کی حد X ہے۔		
ارتکاز میں تبدیلی		
-X	+X	+X
توازنی ارتکاز		
0.05-X	X	0.05+X

لہذا،

$$K_a = [H^+][Ac^-] / [HAc] = \{(0.05+X)(X)\} / (0.05-X)$$

چونکہ بہت کمزور تیزاب کے لیے K_a بہت چھوٹا ہوتا ہے $X \ll 0.05$

$$(0.05 + X) \approx (0.05 - X) \approx 0.05$$

اس طرح

$$1.8 \times 10^{-5} = (X)(0.05 + X) / (0.05 - X)$$

$$= X(0.05) / (0.05) = X = [H^+] = 1.8 \times 10^{-5} M$$

$$pH = -\log(1.8 \times 10^{-5}) = 4.74$$

وسیع طور پر ہم یہ کہہ سکتے ہیں کہ تیزاب کے افتراق کی حد H-A بند کی قوت اور قطبیت پر منحصر ہوتی ہے۔

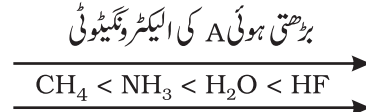
عام طور پر جب H-A بند کی قوت کم ہوتی ہے، یعنی بند کو توڑنے کے لیے درکار توانائی کم ہوتی ہے۔ H-A قوی تیزاب ہو جاتا ہے۔ یہ بھی کہ جب H-A بند زیادہ قطبی ہوتا ہے، یعنی ایٹم H اور A کے درمیان برقی منفیت کا فرق بڑھتا ہے اور چارج کی علیحدگی واضح ہو تو بند کا ٹوٹنا آسان ہو جاتا ہے لہذا تیزابیت بڑھ جاتی ہے۔

لیکن یہ غور کرنا چاہیے کہ جب دوری جدول کے ایک ہی گروپ کے عناصر کا مقابلہ کیا جاتا ہے، H-A بند توانائی اس کی قطبی فطرت کے مقابلے میں زیادہ اہم عوامل ہوتی ہے۔ گروپ میں نیچے کی سمت جاتے وقت جیسے جیسے A کی جسامت بڑھتی جاتی ہے H-A کی بندش کم ہو جاتی ہے اور تیزابی قوت بڑھ جاتی ہے۔ مثال کے طور پر



تیزابی قوت میں اضافہ

اسی طرح H_2O ، H_2S کے مقابلے میں زیادہ قوی تیزاب ہے۔ لیکن جب ہم دوری جدول کی ایک ہی قطار کے عناصر پر بحث کرتے ہیں تو H-A بند قطبیت تیزابی قوت کو متعین کرنے والا عوامل بن جاتی ہے جیسے جیسے A کی برقی منفیت بڑھے گی، تیزاب کی قوت بھی بڑھتی ہے۔ مثال کے طور پر

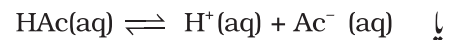
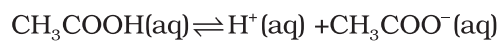


تیزابی قوت میں اضافہ

7.11.8 تیزابوں اور اساسوں کے آئیونائزیشن میں مشترک آئن اثر

(Common Ion Effect in the Ionization of Acids and Bases)

مندرجہ ذیل ایسیٹک ایسڈ افتراق توازن کی مثال پر غور کیجیے:



$$K_a = [H^+][Ac^-] / [HAc]$$

$$y = [\text{OH}^-] = [\text{NH}_4^+] \text{ جہاں}$$

تعدیل کے بعد اختتامی 75 mL محلول میں پہلے سے ہی NH_4^+ 2.5m mol آئین (0.033M) ہیں، لہذا NH_4^+ کا کل ارتکاز ایسے دیا جاسکتا ہے کہ:

$$[\text{NH}_4^+] = 0.033 + y$$

چونکہ Y کی قیمت بہت کم ہے $[\text{NH}_4\text{OH}] \approx 0.033 \text{ M}$ اور

$$[\text{NH}_4^+] \approx 0.033 \text{ M}$$

ہم جانتے ہیں کہ

$$K_b = [\text{NH}_4^+][\text{OH}^-] / [\text{NH}_4\text{OH}]$$

$$= y(0.033)/(0.033) = 1.77 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$y = 1.77 \times 10^{-5} = [\text{OH}^-] \text{ اس طرح}$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-14} / 1.77 \times 10^{-5} = 0.56 \times 10^{-9}$$

$$\text{pH} = 9.24 \text{ لہذا}$$

7.11.9 نمکوں کی آب پاشیدگی (Hydrolysis of Salts and the pH of their Solutions)

تیزاب اور اساس کے درمیان ایک مستقل تناسب میں ہونے والے تعامل سے بننے والے نمکوں کی پانی میں آب پاشیدگی ہو جاتی ہے۔ نمکوں کی آب پاشیدگی سے بننے والے کیٹ آئین / این آئین آبی محلول میں یا تو آبیدہ آئینوں کی طرح پائے جاتے ہیں یا پانی سے باہمی عمل کر کے نمکوں کی نوعیت کے مطابق تیزاب / اساس بناتے ہیں۔ نمکوں کے این آئین کیٹ آئین یا دونوں کا پانی کے ساتھ تعامل کرنے کا آخر الذکر عمل آب پاشیدگی کہلاتا ہے۔ اس باہمی عمل سے محلول کی pH متاثر ہوتی ہے۔ قوی اساسوں کے کیٹ آئین (مثلاً Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Ba^{2+} وغیرہ) اور قوی تیزابوں کے این آئین (مثلاً Cl^- , Br^- , NO_3^- , ClO_4^- وغیرہ) صرف آبیدہ ہو جاتے ہیں لیکن ان کی آب پاشیدگی نہیں ہوتی۔ لہذا قوی تیزابوں اور اساسوں سے بننے والے نمکوں کے محلول تعدیلی ہوتے ہیں یعنی pH 7 ہوتی ہے۔ دوسرے زمرے سے تعلق رکھنے والے نمک آب پاشیدہ ہو جاتے ہیں۔ اب ہم نمکوں کی مندرجہ ذیل اقسام کی آب پاشیدگی کا مطالعہ کریں گے۔

(i) کمزور تیزاب اور قوی اساس کے نمک مثلاً CH_3COONa

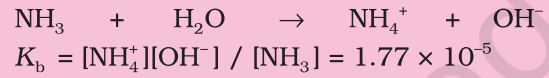
(ii) قوی تیزاب اور کمزور اساس کے نمک مثلاً NH_4Cl

(iii) کمزور تیزاب اور کمزور اساس کے نمک مثلاً $\text{CH}_3\text{COONH}_4$

مسئلہ 7.24

0.10M امونیا محلول کی pH معلوم کیجیے۔ جب اس محلول کے 50.0mL کا تعامل 0.10M HCl کے 25mL محلول کے ساتھ کرایا جاتا ہے تو پھر pH کیا ہوگا۔ امونیا کے لیے افتراق مستقلہ $K_b = 1.77 \times 10^{-5}$ ہے

حل



تعدیلی عمل سے پہلے

$$[\text{NH}_4^+] = [\text{OH}^-] = x$$

$$[\text{NH}_3] = 0.10 - x \approx 0.10$$

$$x^2 / 0.10 = 1.77 \times 10^{-5}$$

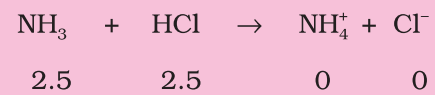
$$x = 1.33 \times 10^{-3} = [\text{OH}^-] \text{ اس طرح}$$

$$[\text{H}^+] = K_w / [\text{OH}^-] = 10^{-14} / 1.33 \times 10^{-3}$$

$$(1.33 \times 10^{-3}) = 7.51 \times 10^{-12}$$

$$\text{pH} = -\log(7.5 \times 10^{-12}) = 11.12$$

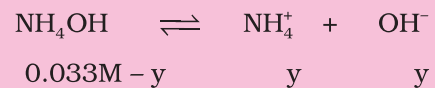
0.1M امونیا محلول (یعنی 5m mol امونیا) کے 50mL میں 0.1M HCl محلول کے 25mL امونیا کا اضافہ کرنے کے بعد (یعنی HCl ہو 2.5m mol)، امونیا کے 2.5m mol سائلے تعدیل ہو جائیں گے۔ حاصل ہونے والے 75mL محلول میں باقی ماندہ امونیا سالموں کے 2.5m mol اور NH_4^+ کے 2.5m mol غیر تعدیل شدہ سائلے رہ جائیں گے۔



توازن کے وقت

$$\begin{array}{cccc} 0 & & 0 & & 2.5 & & 2.5 \end{array}$$

حاصل شدہ 75mL محلول میں غیر تعدیل شدہ NH_4^+ آئین کے 2.5m mol (یعنی 0.033M) اور NH_3 سالموں کے 2.5m mol (یعنی 0.033M) ہوں گے۔ یہ NH_3 مندرجہ ذیل توازن میں ہوگا۔



$$\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} (\text{pK}_a - \text{pK}_b) \quad (7.38)$$

اگر فرق مثبت ہے تو محلول کی pH 7 سے زیادہ ہو سکتی ہے اور اگر فرق منفی ہے تو pH 7 سے کم ہوگی۔

مسئلہ 7.25

ایسیٹک ایسڈ کی pK_a اور امونیم ہائڈروآکسائیڈ کی pK_b بالترتیب 4.76 اور 4.75 ہیں۔ امونیم ایسیٹٹ محلول کی pH معلوم کیجیے:

حل

$$\begin{aligned} \text{pH} &= 7 + \frac{1}{2} [\text{pK}_a - \text{pK}_b] \\ &= 7 + \frac{1}{2} [4.76 - 4.75] \\ &= 7 + \frac{1}{2} [0.01] = 7 + 0.005 = 7.005 \end{aligned}$$

7.12 حاجب محلول (Buffer Solutions)

بہت سے جسمانی سیالوں، جیسے خون اور پیشاب وغیرہ کی مخصوص pH ہوتی ہے اور ان کی pH میں کوئی تبدیلی جسم کی خراب کارکردگی کا مظہر ہوتی ہے۔ بہت سے کیمیائی اور حیاتیاتی کیمیائی اعمال میں pH پر قابو رکھنا بھی بہت اہم ہوتا ہے۔ بہت سی میڈیکل اور کاسمیٹک مصنوعات کی تیاریوں میں بھی ایک مخصوص pH رکھنے کی ضرورت ہوتی ہے۔ ایسے محلول جو ڈائی لیوٹ کرنے یا تھوڑی سی مقدار میں تیزاب یا اساس ملانے پر pH میں تبدیلی کے تئیں مزاحمت رکھتے ہیں حاجب محلول (Buffer Solution) کہلاتے ہیں۔ معلوم شدہ pH کے حاجب محلول کی تیاری تیزاب کی pK_a اور اساس کے pK_b کے علم کی بنیاد پر اور نمک اور تیزاب یا نمک اور اساس کے تناسب کو کنٹرول کر کے کی جاسکتی ہے۔ ایسیٹک ایسڈ اور سوڈیم ایسیٹ کا آمیزہ 4.75 pH کے قریب ایک حاجب محلول کی طرح کام کرتا ہے اور امونیم کلورائیڈ اور امونیم ہائڈروآکسائیڈ کا آمیزہ 9.25 pH پر حاجب کی طرح کام کرتا ہے۔ اعلیٰ جماعتوں میں آپ حاجب محلولوں کے بارے میں زیادہ معلومات حاصل کریں گے۔

7.12.1 بفر محلول تیار کرنا

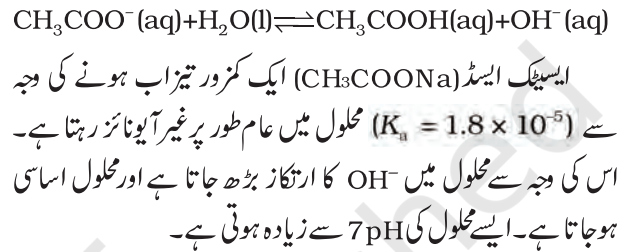
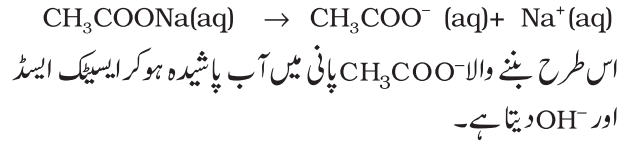
(Designing Buffer Solution)

توازن اور توازن مستقلہ کے معلومات، متعین pH کے بفر محلول تیار کرنے میں ہماری مدد کرتی ہے۔ آئیے دیکھیں کہ ہم یہ محلول کیسے تیار کر سکتے ہیں۔

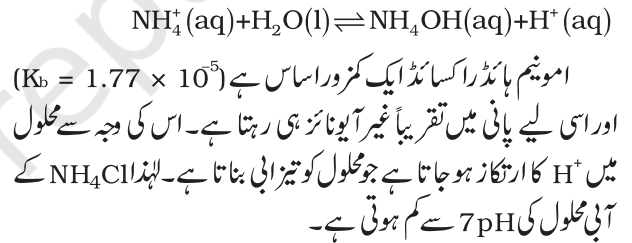
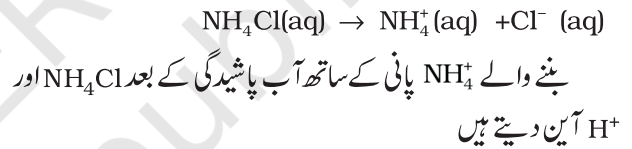
تیزابی بفر (حاجب) تیار کرنا

تیزابی pH کا بفر تیار کرنے کے لیے ہم کمزور تیزاب اور طاقت ور اساس سے تشکیل پائے ان کے نمک استعمال کرتے ہیں۔ ہم ایک ایسی

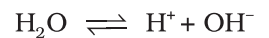
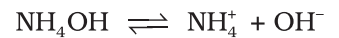
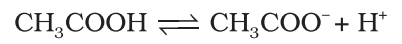
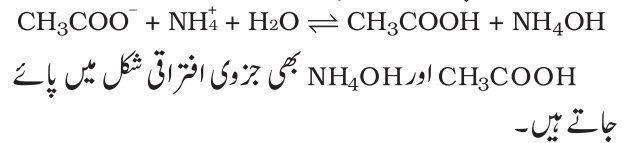
پہلی مثال میں CH_3COONa ایک کمزور تیزاب CH_3COOH اور قوی اساس NaOH کی نمک ہونے کی وجہ سے آبی محلول میں پوری طرح سے برق پاشیدگی ہو جاتی ہے:



اسی طرح کمزور اساس NH_4OH اور قوی تیزاب HCl سے بننے والا نمک NH_4Cl پانی میں پوری طرح افتراق ہو جاتا ہے۔



کمزور تیزاب CH_3COOH اور کمزور اساس سے بننے والے نمک $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ کی مثال دیکھیے۔ بننے والے آئینوں میں مندرجہ ذیل طریقے سے آب پاشیدگی ہوتی ہے:



تفصیلی تحسیب میں جائے بغیر ہی یہ کہا جاسکتا ہے کہ آب پاشیدگی کی ڈگری محلول کے ارتکاز سے آزاد ہوتی ہے اور ایسے محلول کی pH ان کی pK قیمتوں کے ذریعے متعین کی جاتی ہے۔

اسی طور پر کیے گئے تجزیہ سے ہم مندرجہ ذیل نتیجہ پر پہنچ سکتے ہیں

$$pOH = pK_b + \log \frac{[مزدوج تیزاب, BH^+]}{[اساس, B]} \quad (7.41)$$

بغیر محلول کی pH، مساوات: $pH + pOH = 14$ استعمال کرتے ہوئے
تحسیب کی جاسکتی ہے۔ ہم جانتے ہیں کہ:

$$pK_a + pK_b = pK_w \text{ اور } pH + pOH = pK_w$$

ان اقدار کو مساوات (A-3) میں رکھنے پر، (7.41) کی شکل ہو جاتی ہے۔

$$pK_w - pH = pK_w - pK_a + \log \frac{[مزدوج تیزاب, BH^+]}{[اساس, B]}$$

یا

$$pH = pK_a + \log \frac{[مزدوج تیزاب, BH^+]}{[اساس, B]} \quad (7.42)$$

اگر اساس اور اس کے مزدوج تیزاب (کیٹائن) کا مولی ارتکاز یکساں ہو تو بغیر محلول کی pH، اساس کی pK_a کی قدر کے یکساں ہوگی۔
امونیا کی pK_a قدر 9.25 ہے۔ اس لیے 9.25 کے قریب قریب قدر کا
بفر، یکساں مولی ارتکاز کے امونیا محلول اور امونیم کلورائیڈ محلول کو لے کر تیار
کیا جاسکتا ہے۔ امونیم کلورائیڈ اور امونیم ہائیڈروآکسائیڈ سے بنے بفر محلول
کے لیے مساوات (7.42) ہو جاتی ہے:

$$pH = 9.25 + \log \frac{[مزدوج تیزاب, BH^+]}{[اساس, B]}$$

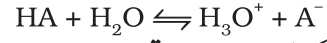
ہاؤ سے بفر محلول کی pH متاثر نہیں ہوتی، کیونکہ لوگر تھم والے رکن کی
نسبت تبدیل نہیں ہوتی۔

7.13 معمولی حل پذیر نمکوں کے حل پذیری مستقل

(Solubility Equilibria Of Sparingly Soluble Salts)

ہم یہ پہلے سے ہی جانتے ہیں کہ آبی ٹھوس کی پانی میں حل پذیری کافی حد
تک تغیر پذیر ہے۔ ان میں سے کچھ (جیسے کیلشیم کلورائیڈ) اتنے حل پذیر
ہوتے ہیں کہ وہ فطرتاً ہائیکروسکوپک (Hygroscopic) ہوتے ہیں یہاں
تک کہ فضا سے اخراجات جذب کر لیتے ہیں۔ دیگر (جیسے کہ تھیم فلورائیڈ)
کی حل پذیری اتنی کم ہوتی ہے کہ ان کو عام طور پر غیر حل پذیر کہا جاتا ہے
حل پذیری بہت سے عوامل پر منحصر ہوتی ہے ان میں سے اہم نمک کی لیٹس
اینٹھالپی اور محلول میں آئنوں کی سالویشن کی اینٹھالپی ہوتی ہے۔ ایک نمک
کو محلول میں حل ہونے کے لیے اس کے آئنوں کے درمیان قوت کشش
(لیٹس اینٹھالپی) پر آئن محلل باہمی عمل کا غالب آنا لازمی ہے آئنوں کی
سالویشن اینٹھالپی کو ہمیشہ سالویشن اصطلاح میں بیان کیا جاتا ہے جو ہمیشہ
منفی ہوتی ہے یعنی سالویشن اینٹھالپی کی مقدار ہمیشہ محلل کی فطرت پر منحصر

مساوات تیار کرتے ہیں جو اس کی pH، کمزور تیزاب کے توازن مستقل K_a
اور کمزور تیزاب اور اس کے مزدوج اساس کے ارتکازات کی نسبت کے مابین رشتہ بتا
سکے۔ عمومی صورت میں، جہاں کمزور تیزاب HA کی پانی میں رواں انگیزی ہوتی ہے،



اس کے لیے ہم لکھ سکتے ہیں، ریاضیاتی عبارت

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$$

اس عبارت کی باز ترتیب سے ہمیں حاصل ہوتا ہے

$$[H_3O^+] = K_a \frac{[HA]}{[A^-]}$$

دونوں جانب لوگر تھم لیتے ہوئے اور ارکان کی دوبارہ ترتیب کرتے ہوئے

$$pK_a = pH - \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

(7.39)

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

(7.40)

ریاضیاتی عبارت (7.40)، ہینڈرسن-ہاسل باخ مساوات
(Henderson-Hasselbach equation) کہلاتی ہے۔ مقدار
تیزاب کی مزدوج اساس (اینائن) کے ارتکاز کی آمیزہ میں پائے
جانے والے تیزاب کے ارتکاز سے نسبت ہے۔

کیونکہ تیزاب ایک کمزور تیزاب ہے، یہ بہت کم رواں سازی کرتا
ہے اور [HA] کے ارتکاز اور بفر سے لیے گئے تیزاب کے ارتکاز میں
نا قابل لحاظ فرق ہوتا ہے۔ مزید یہ کہ مزدوج اساس، (A^-) کا زیادہ تر
حصہ تیزاب کی رواں سازی سے حاصل ہوتا ہے۔ اس لیے مزدوج اساس
کے ارتکاز اور نمک کے ارتکاز میں نا قابل لحاظ فرق ہوگا۔ اس لیے، مساوات
7.40 یہ شکل اختیار کر لیتی ہے:

$$pH = pK_a + \log \frac{[نمک]}{[تیزاب]}$$

مساوات (7.39) میں، اگر $[A^-]$ کا ارتکاز [HA] کے ارتکاز کے
مساوی ہے، تو $pH = pK_a$ ، کیونکہ $\log 1$ کی قدر صفر ہے۔ اس لیے اگر ہم
تیزاب اور نمک (مزدوج اساس) کے مولی ارتکاز یکساں رکھیں تو بغیر محلول
کی pH، تیزاب کی pK_a کے مساوی ہوگی۔ اس لیے درکار pH کا بفر
محلول تیار کرنے کے لیے، ہم ایسا تیزاب منتخب کرتے ہیں جس کی pK_a درکار
pH کے نزدیک ہو۔ ایسی ٹک ایسڈ کی pK_a قدر 4.76 ہے۔ اس لیے
ایسا بفر محلول جو مساوی مولی ارتکاز میں لیے گئے ایسی ٹک ایسڈ اور سوڈیم
ایسی ٹیٹ سے تشکیل دیا گیا ہو، اس کی pH، 4.76 کے آس پاس ہوگی۔
ایک کمزور اساس اور اس کے مزدوج تیزاب سے بنائے گئے بفر کے

کی مولر حل پذیری کے برابر ہوں گے۔ اگر مولر حل پذیری 'S' ہے تو

$$1.1 \times 10^{-10} = (S)(S) = S^2$$

$$S = 1.05 \times 10^{-5}$$

لہذا بیریم سلفیٹ کی مولر حل پذیری $1.05 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$

کے برابر ہوگی۔

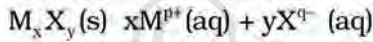
ایک نمک افتراق کے بعد دو یا دو سے زیادہ این آئن اور کیٹ آئن دے سکتا ہے جن کے چارج مختلف ہوتے ہیں۔ مثال کے طور پر ایک نمک جیسے زر کو نیم فاسفیٹ پر غور کیجیے جس کا سالماتی ضابطہ $(\text{Zr}^{4+})_3(\text{PO}_4^{3-})_4$ پر غور کیجیے۔ اس کا افتراق تین زرکونیم آئنوں میں ہوتا ہے جن پر 4+ چارج ہے اور چار فاسفیٹ آئن جن پر 3- چارج ہوتا ہے۔ اگر زرکونیم فاسفیٹ کی مولر حل پذیری S ہو تو مرکب کی تناسب پیمائی سے یہ دیکھا جاسکتا ہے

$$[\text{PO}_4^{3-}] = 4S \text{ اور } [\text{Zr}^{4+}] = 3S$$

$$K_{sp} = (3S)^3 (4S)^4 = 6912 (S)^7$$

$$S = [K_{sp} / (3^3 \times 4^4)]^{1/7} = (K_{sp} / 6912)^{1/7}$$

ایک ٹھوس نمک جس کا عام ضابطہ $M_x^{p+} X_y^{q-}$ اور مولر حل پذیری S ہے اپنے سیر شدہ محلول کے ساتھ توازن میں ہوتا ہے۔ اسے مندرجہ ذیل مساوات کے ذریعہ ظاہر کیا جاسکتا ہے:



$$(x \times p^+ = y \times q^-)$$

اور اس کا حل پذیری ماحصل مستقلہ اس طرح دیا جاسکتا ہے:

$$(7.44) \quad K_{sp} = [M^{p+}]^x [X^{q-}]^y = (xS)^x (yS)^y$$

$$= x^x \cdot y^y \cdot S^{(x+y)}$$

$$S^{(x+y)} = K_{sp} / x^x \cdot y^y$$

$$(7.45) \quad S = (K_{sp} / x^x \cdot y^y)^{1/(x+y)}$$

مساوات میں اصطلاح K_{sp} کو Q_{sp} سے ظاہر کیا جاتا ہے (سیکشن 7.6.2) جب ایک یا دو انواع کا ارتکاز توازن کے دوران کا ارتکاز نہ ہو۔ ظاہر ہے کہ توازن کی حالت میں $K_{sp} = Q_{sp}$ لیکن دوسری صورت میں یہ ترسیب (Precipitation) یا افتراق کے عمل کو سمت عطا کرتی ہے۔ بہت سے عام نمکوں کے حل پذیری ماحصل مستقلہ K_{sp} 298 پر جدول 7.9 میں دیے گئے ہیں۔

ہوتی ہے۔ غیر قطبی (شریک گرفت) محلول میں سالیوشن اینتھالپی کم ہوتی ہے لہذا نمک کی لیٹس اینتھالپی کو مغلوب کرنے کے لیے کافی نہیں ہوتی نتیجتاً نمک غیر قطبی محلول میں حل نہیں ہوتے۔ ایک عمومی قاعدے کے طور پر کسی نمک کے کسی مخصوص محلول میں حل پذیر ہونے کے لیے اس کی سالیوشن اینتھالپی اس کی لیٹس اینتھالپی سے زیادہ ہونی چاہیے تاکہ آخر الذکر اول الذکر کے ذریعہ مغلوب کی جاسکے۔ ہر نمک کی اپنی مخصوص حل پذیری ہوتی ہے جس کا انحصار درجہ حرارت پر ہوتا ہے۔ ہم نمکیات کو ان کی حل پذیری کی بنیاد پر مندرجہ ذیل تین جماعتوں میں تقسیم کرتے ہیں۔

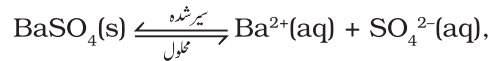
جماعت I	حل پذیر	حل پذیری $< 0.1M$
جماعت II	کم حل پذیر	$0.01M < \text{حل پذیری} < 0.1M$
جماعت III	معمولی حل پذیر	$< 0.01M$ حل پذیر

اب ہم معمولی حل پذیر آینی نمک اور اس کے سیر شدہ آبی محلول کے درمیان توازن کا مطالعہ کریں گے۔

7.13.1 حل پذیری ماحصل مستقلہ

(Solubility Product Constant)

آپے اب ہم ایک ٹھوس جیسے کہ بیریم سلفیٹ کا اس کے سیر شدہ آبی محلول سے تعلق کا مطالعہ کریں گے۔ غیر حل شدہ ٹھوس اور سیر شدہ محلول میں آئن کے درمیان توازن کو مندرجہ ذیل مساوات کے ذریعہ ظاہر کیا جاسکتا ہے:



توازن مستقلہ مندرجہ ذیل مساوات سے ظاہر کر سکتے ہیں:

$$K = \frac{[\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{BaSO}_4]}$$

خالص ٹھوس مادوں کے لیے ارتکاز مستقل رہتے ہیں لہذا ہم لکھ سکتے ہیں۔

$$(7.43) \quad K_{sp} = K[\text{BaSO}_4] = [\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}]$$

ہم K_{sp} کو حل پذیر ماحصل مستقلہ (Solubility Product Constant) یا صرف حل پذیری ماحصل (Solubility Product) کہتے ہیں۔ مندرجہ بالا مساوات میں 298 K پر K_{sp} کی تجرباتی قیمت 1.1×10^{-10} ہے۔ اس کا مطلب ہے کہ ٹھوس بیریم سلفیٹ کے لیے اپنے سیر شدہ محلول کے ساتھ توازن میں ہونے کے لیے بیریم اور سلفیٹ آئنوں کے ارتکاز کے ماحصل اس کے حل پذیر ماحصل مستقلہ کے برابر ہوتے ہیں۔ دونوں آئنوں کے ارتکاز بیریم سلفیٹ

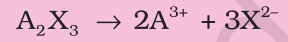
جدول 7.9 K 298 پر کچھ عام آئینی نمکوں کے حل پذیری حاصل
مستقلہ K_{sp}

نمک کا نام	ضابطہ	K_{sp}
Silver Bromide	AgBr	5.0×10^{-13}
Silver Carbonate	Ag_2CO_3	8.1×10^{-12}
Silver Chromate	Ag_2CrO_4	1.1×10^{-12}
Silver Chloride	AgCl	1.8×10^{-10}
Silver Iodide	AgI	8.3×10^{-17}
Silver Sulphate	Ag_2SO_4	1.4×10^{-5}
Aluminium Hydroxide	$Al(OH)_3$	1.3×10^{-33}
Barium Chromate	$BaCrO_4$	1.2×10^{-10}
Barium Fluoride	BaF_2	1.0×10^{-6}
Barium Sulphate	$BaSO_4$	1.1×10^{-10}
Calcium Carbonate	$CaCO_3$	2.8×10^{-9}
Calcium Fluoride	CaF_2	5.3×10^{-9}
Calcium Hydroxide	$Ca(OH)_2$	5.5×10^{-6}
Calcium Oxalate	CaC_2O_4	4.0×10^{-9}
Calcium Sulphate	$CaSO_4$	9.1×10^{-6}
Cadmium Hydroxide	$Cd(OH)_2$	2.5×10^{-14}
Cadmium Sulphide	CdS	8.0×10^{-27}
Chromic Hydroxide	$Cr(OH)_3$	6.3×10^{-31}
Cuprous Bromide	CuBr	5.3×10^{-9}
Cupric Carbonate	$CuCO_3$	1.4×10^{-10}
Cuprous Chloride	CuCl	1.7×10^{-6}
Cupric Hydroxide	$Cu(OH)_2$	2.2×10^{-20}
Cuprous Iodide	CuI	1.1×10^{-12}
Cupric Sulphide	CuS	6.3×10^{-36}
Ferrous Carbonate	$FeCO_3$	3.2×10^{-11}
Ferrous Hydroxide	$Fe(OH)_2$	8.0×10^{-16}
Ferric Hydroxide	$Fe(OH)_3$	1.0×10^{-38}
Ferrous Sulphide	FeS	6.3×10^{-18}
Mercurous Bromide	Hg_2Br_2	5.6×10^{-23}
Mercurous Chloride	Hg_2Cl_2	1.3×10^{-18}
Mercurous Iodide	Hg_2I_2	4.5×10^{-29}
Mercurous Sulphate	Hg_2SO_4	7.4×10^{-7}
Mercuric Sulphide	HgS	4.0×10^{-53}
Magnesium Carbonate	$MgCO_3$	3.5×10^{-8}
Magnesium Fluoride	MgF_2	6.5×10^{-9}
Magnesium Hydroxide	$Mg(OH)_2$	1.8×10^{-11}
Magnesium Oxalate	MgC_2O_4	7.0×10^{-7}
Manganese Carbonate	$MnCO_3$	1.8×10^{-11}
Manganese Sulphide	MnS	2.5×10^{-13}
Nickel Hydroxide	$Ni(OH)_2$	2.0×10^{-15}
Nickel Sulphide	NiS	4.7×10^{-5}
Lead Bromide	$PbBr_2$	4.0×10^{-5}
Lead Carbonate	$PbCO_3$	7.4×10^{-14}
Lead Chloride	$PbCl_2$	1.6×10^{-5}
Lead Fluoride	PbF_2	7.7×10^{-8}
Lead Hydroxide	$Pb(OH)_2$	1.2×10^{-15}
Lead Iodide	PbI_2	7.1×10^{-9}
Lead Sulphate	$PbSO_4$	1.6×10^{-8}
Lead Sulphide	PbS	8.0×10^{-28}
Stannous Hydroxide	$Sn(OH)_2$	1.4×10^{-28}
Stannous Sulphide	SnS	1.0×10^{-25}
Strontium Carbonate	$SrCO_3$	1.1×10^{-10}
Strontium Fluoride	SrF_2	2.5×10^{-9}
Strontium Sulphate	$SrSO_4$	3.2×10^{-7}
Thallos Bromide	TlBr	3.4×10^{-6}
Thallos Chloride	TlCl	1.7×10^{-4}
Thallos Iodide	TlI	6.5×10^{-8}
Zinc Carbonate	$ZnCO_3$	1.4×10^{-11}
Zinc Hydroxide	$Zn(OH)_2$	1.0×10^{-15}
Zinc Sulphide	ZnS	1.6×10^{-24}

مسئلہ 7.26

خالص پانی میں A_2X_3 کی حل پذیری معلوم کیجیے، یہ مانتے ہوئے کہ دونوں قسم کے آئن پانی سے تعامل نہیں کرتے A_2X_3 کا حل پذیری مستقلہ $K_{sp} = 1.1 \times 10^{-23}$ ہے۔

حل



$$K_{sp} = [A^{3+}]^2 [X^{2-}]^3 = 1.1 \times 10^{-23}$$

اگر A_2X_3 کی حل پذیری ہو تو:

$$K_{sp} = (2S)^2 (3S)^3 = 108S^5 = 1.1 \times 10^{-23} \text{ لہذا}$$

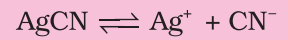
$$S^5 = 1 \times 10^{-25} \text{ اس طرح}$$

$$S = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

مسئلہ 7.27

دو معمولی حل پذیر نمک $AgCN$ اور $Ni(OH)_2$ کی K_{sp} قدریں بالترتیب 2.0×10^{-15} اور 6×10^{-17} ہیں۔ کون سا نمک زیادہ حل پذیر ہے۔

حل



$$K_{sp} = [Ag^+][CN^-] = 6 \times 10^{-17}$$



$$K_{sp} = [Ni^{2+}][OH^-]^2 = 2 \times 10^{-15}$$

$$[Ag^+] = S_1 \text{ مان لیجیے}$$

$$[CN^-] = S_1 \text{ تو}$$

$$[Ni^{2+}] = S_2 \text{ مان لیجیے}$$

$$[OH^-] = 2S_2 \text{ تو}$$

$$S_1^2 = 6 \times 10^{-17}, S_1 = 7.8 \times 10^{-9}$$

$$(S_2)(2S_2)^2 = 2 \times 10^{-15}, S_2 = 0.58 \times 10^{-4}$$

$Ni(OH)_2$ نمک $AgCN$ کے مقابلے سے زیادہ حل پذیر ہے۔

7.13.2 آینی نمکوں کی حل پذیری پر مشترک آئن اثر

(Common Ion Effect on Solubility of Ionic Salts)

لی چیٹ لیٹر کے اصول سے یہ متوقع ہے کہ اگر ہم کسی ایک آئن کے ارتکاز کو بڑھا دیں تو اسے اپنے مخالف آئن سے اتحاد کرنا چاہیے اور اس وقت تک کچھ نمک کا رسوب بنے گا جب تک کہ $K_{sp} = Q_{sp}$ نہیں ہو جاتا اس طرح اگر کسی آئن کا ارتکاز کم ہوگا تو زیادہ نمک گھلے گا تا کہ دونوں آینوں کے ارتکاز بڑھ جائیں جب تک کہ دوبارہ $K_{sp} = Q_{sp}$ نہ ہو جائے۔ یہ حل پذیر نمکوں جیسے کہ سوڈیم کلورائیڈ کے لیے بھی قابل عمل ہے سوائے اس کے کہ آینوں کے زیادہ ارتکاز کی وجہ سے ہم Q_{sp} کے اظہار کے لیے ان کی مولاریت کے بجائے ان کی ایکٹیوٹی کا استعمال کرتے ہیں۔ اس طرح اگر ہم سوڈیم کلورائیڈ کا سیر شدہ محلول لیں اور اس میں سے HCl گیس گزاریں، تو HCl کے افتراق سے دستیاب ہونے والے کلورائیڈ آئن کا ارتکاز (ایکٹیوٹی) بڑھنے کی وجہ سے سوڈیم کلورائیڈ کا رسوب ہوگا۔ اس طرح حاصل ہونے والا سوڈیم کلورائیڈ بہت زیادہ خالص ہوگا اور ہمیں سوڈیم اور میکینشیم سلفیٹ جیسی ملاوٹوں سے نجات ملے گی۔ مشترک آئن اثر کا استعمال کسی خاص آئن کے تقریباً مکمل رسوب کے لیے اس کے معمولی حل پذیر نمک کی طرح، حل پذیری ماحصل کی بہت کم قدر کے ساتھ گریویمیٹرک تخمینہ (Gravimetric Estimation) کے لیے بھی کیا جاتا ہے۔ اس طرح ہم سلور آئن کو سلور کلورائیڈ کی طرح فیرک آئن کو اس کے ہائیڈرو آکسائیڈ (اور آبیڈ فیرک آکسائیڈ) کی طرح اور بیریم کو اس کے سلفیٹ کی طرح مقداری تخمینوں کے لیے رسوب کر سکتے ہیں۔

مسئلہ 7.28

0.10 M NaOH میں Ni(OH)_2 کی مولر حل پذیری معلوم کیجیے Ni(OH)_2 کا آینی ماحصل 2.0×10^{-15} ہے۔

حل

مان لیجیے Ni(OH)_2 کی حل پذیری S ہے Ni(OH)_2 کے S mol/L کا افتراق Ni^{2+} کے S mol/L اور OH^- کے 2 S mol/L فراہم کرتا ہے، لیکن OH^- کا کل ارتکاز 0.10 mol/L کیونکہ محلول میں پہلے سے ہی NaOH

OH^- 0.10 mol/L موجود ہے۔

$$K_{sp} = 2.0 \times 10^{-15} = [\text{Ni}^{2+}] [\text{OH}^-]^2 = (S) (0.10 + 2S)^2$$

چونکہ K_{sp} چھوٹا ہے $2S \ll 0.10$

$$(0.10 + 2S) \approx 0.10$$

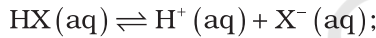
اس لیے،

$$2.0 \times 10^{-15} = S (0.10)^2$$

$$S = 2.0 \times 10^{-13} \text{ M} = [\text{Ni}^{2+}]$$

کمزور تیزاب جیسے کہ فاسفیٹ کے نمکوں کی حل پذیری کم pH پر بڑھ جاتی ہے یہ اس لیے کہ کم pH پر این آئن کا ارتکاز اس کے پروٹونیشن (Protonation) کے سبب کم ہو جاتا ہے۔ یہ بدلے میں نمک کی حل پذیری کو بڑھا دیتا ہے، اس طرح کہ $K_{sp} = Q_{sp}$ ہمیں ایک ساتھ دو توازنوں کو مطمئن کرنا پڑتا ہے۔ یعنی،

$$K_{sp} = [\text{M}^+] [\text{X}^-]$$



$$K_a = \frac{[\text{H}^+ (\text{aq})] [\text{X}^- (\text{aq})]}{[\text{HX (aq)}]}$$

$$[\text{X}^-] / [\text{HX}] = K_a / [\text{H}^+]$$

دونوں سمتوں کا مقلوب لیتے ہوئے اور 1 کا اضافہ کر کے ہمیں ملتا ہے:

$$\frac{[\text{HX}]}{[\text{X}^-]} + 1 = \frac{[\text{H}^+]}{K_a} + 1$$

$$\frac{[\text{HX}] + [\text{X}^-]}{[\text{X}^-]} = \frac{[\text{H}^+] + K_a}{K_a}$$

پھر دوبارہ مقلوب لیتے ہوئے ہمیں حاصل ہوتا ہے۔

$$[\text{X}^-] / ([\text{X}^-] + [\text{HX}]) = f = K_a / (K_a + [\text{H}^+])$$

اور یہ دیکھا جاسکتا ہے کہ pH کے گھٹنے کے ساتھ ساتھ f گھٹتا ہے۔ اگر کسی دی ہوئی pH پر نمک کی حل پذیری S ہے تو:

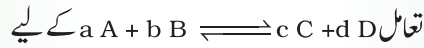
$$K_{sp} = [S] [f S] = S^2 (K_a / (K_a + [\text{H}^+]))$$

$$S = \{K_{sp} ([\text{H}^+] + K_a) / K_a\}^{1/2} \quad (7.46)$$

لہذا $[\text{H}^+]$ کے بڑھنے یا pH کے گھٹنے کے ساتھ حل پذیری S بڑھتی ہے۔

خلاصہ

جب رقیق کو چھوڑ کر بخارات میں جانے والے سالمات کی تعداد بخارات سے واپس رقیق میں آنے والے سالمات کی تعداد برابر ہو جاتی ہے تو توازن قائم ہوتا ہے جو فطرتاً حرکی ہوتا ہے۔ توازن طبیعی اور کیمیائی دونوں اعمال کے لیے قائم کیا جاسکتا ہے اور اس مقام پر پیش رفت اور پشت رفت تعامل کی شرح برابر ہوتی ہے۔ توازن مستقلہ، K_c حاصل کے ارتکاز کو متعامل کے ارتکاز سے تقسیم کر کے ظاہر کرتے ہیں۔ ہر ایک رکن پر اس کے تناسب پیا ضربیہ کی نو لگائی جاتی ہے



$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

ایک معین درجہ حرارت پر توازن مستقلہ کی قیمت مستقل ہوتی ہے اور اس اسٹنچ پر تمام میکرو اسکوپک خصوصیات جیسے کہ ارتکاز، دباؤ وغیرہ مستقل ہو جاتی ہیں۔ گیس تعامل کے لیے توازن مستقلہ K_p سے ظاہر کیا جاتا ہے اور اسے لکھنے کے K_c میں ارتکاز کو جزوی دباؤ سے تبدیل کر دیا جاتا ہے۔ تعامل کی سمت کی پیشین گوئی تعامل خارج قسمت Q_c کے ذریعہ ظاہر کی جاتی ہے جو توازن کے وقت K_c کے برابر ہوتی ہے۔ لی جیٹلیر اصول بتاتا ہے کہ کسی عوامل جیسے کہ درجہ حرارت، دباؤ، ارتکاز وغیرہ میں تبدیلی توازن کو اس سمت موڑ دے گی جہاں اس تبدیلی کے اثر کو کم یا معتدل کیا جاسکے۔ اسے مختلف عوامل جیسے کہ درجہ حرارت، ارتکاز، وسط اور غیر عامل گیسوں کے توازن کی سمت پر اثرات کا مطالعہ کرنے کے لیے استعمال کیا جاتا ہے تاکہ ان عوامل پر قابو پا کر حاصل کی پیداوار کو کنٹرول کیا جاسکے۔ وسط کسی تعامل آمیزے کی توازن ترکیب کو متاثر نہیں کرتا لیکن تعامل کی حاصل میں تبدیلی کے لیے کم توانائی کے راستے فراہم کر کے تعامل کی شرح کو بڑھایا گھٹا سکتے ہیں۔

وہ تمام اشیا جو آبی محلول میں بجلی کا ایصال کرتی ہیں الیکٹرولائٹ کہلاتی ہیں تیزاب، اساس اور نمک الیکٹرولائٹ ہیں اور آبی محلول میں الیکٹرولائٹ کے افتراق یا آئیونائزیشن سے کیٹ آئن اور این آئن پیدا ہونے کی وجہ سے یہ اپنے آبی محلولوں میں بجلی کا ایصال کرتے ہیں۔ قوی الیکٹرولائٹ مکمل طور پر افتراق کرتے ہیں۔ کمزور الیکٹرولائٹ میں آئنوں اور غیر آئن شدہ الیکٹرولائٹ سالموں کے درمیان ایک توازن پایا جاتا ہے۔ آرٹینیس کے مطابق تیزاب اپنے آبی محلول میں ہائڈروجن آئن دیتے ہیں اور اساس ہائڈروکسل آئن دیتے ہیں۔ دوسری طرف برونسٹڈ لاری نے تیزاب کو پروٹان معطی (Donor) اور اساس کو پروٹان قبول کار (Acceptor) بتایا ہے۔ جب برونسٹڈ لاری تیزاب کسی اساس سے تعامل کرتا ہے تو وہ اس کا جفتی تیزاب بناتا ہے اور تیزاب سے تعامل کر کے اس کا جفتی اساس بناتا ہے۔ اس طرح ایک تیزاب اساس کے جفتی جوڑے میں صرف ایک پروٹان کا فرق ہوتا ہے۔ لیوکس نے تیزاب کی تعریف کو مزید عمومی بناتے ہوئے اسے ایک الیکٹران کے جوڑے کو قبول کرنے والا اور اساس کو ایک الیکٹران جوڑا فراہم کرنے والا بتایا ہے۔ کمزور تیزابوں کے آئیونائزیشن (توازن) مستقلہ (K_a) اور کمزور اساس کے توازن مستقلہ (K_b) کی عبارت کو تیار کرنے کے لیے آرٹینیس کی تعریف استعمال کی گئی ہے۔ آئیونائزیشن کی ڈگری اور ارتکاز پر اس کا انحصار اور مشترک آئن پر بحث کی گئی ہے۔ ہائڈروجن آئن کے ارتکاز (ایکٹیوٹی) $[H^+]$ کے لیے pH پیمانے ($pH = -\log[H^+]$) کو متعارف کرایا گیا ہے اور پھر دوسری مقداروں، $pK_a = -\log[K_a]$: $pK_b = -\log[K_b]$ اور $pK_w = -\log[K_w]$ کے لیے اس کی توسیع کی گئی ہے۔ پانی کے آئیونائزیشن پر غور کیا گیا اور ہم نے دیکھا کہ مساوات $pH + pOH = pK_w$ ہمیشہ ہی مطمئن ہوتی ہے۔ قوی تیزاب اور کمزور اساس، کمزور تیزاب اور قوی اساس اور کمزور تیزاب اور کمزور اساس کے نمک پانی میں آب پاشیدگی کے بعد آبی محلول بناتے ہیں۔ حاجب محلول کی تعریف اور اس کی اہمیت پر مختصراً بحث کی گئی ہے۔ معمولی حل پذیر نمکوں کے حل پذیری توازن پر بحث ہوئی ہے اور توازن مستقلہ کو حل پذیری حاصل مستقلہ (K_{sp}) کی طرح متعارف کیا گیا ہے۔ نمک کی حل پذیری سے اس کے تعلق کو قائم کیا گیا ہے۔ نمک کی ان کے محلولوں سے ترسیب کے حالات یا پانی میں ان کے افتراق پر بحث کی گئی ہے۔ مشترک آئن کے کردار اور معمولی حل پذیر نمکوں کی حل پذیری پر بھی بحث ہوئی ہے۔

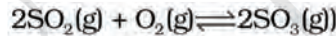
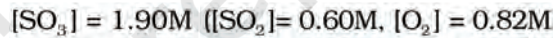
طلباء کے لیے اس باب سے متعلق چند مجوزہ سرگرمیاں

- (a) مختلف پھلوں اور سبزیوں کے تازہ رس، سوٹ ڈرنک، جسمانی سیال اور دستیاب پانی کے نمونوں کی pH معلوم کرنے کے لیے طالب علم pH کاغذ کا استعمال کر سکتے ہیں۔
- (b) pH کاغذ کا استعمال مختلف نمکوں کے محلولوں کی pH معلوم کرنے کے لیے بھی کیا جاسکتا ہے جس کی مدد سے وہ یہ معلوم کر سکتے ہیں کہ آیا وہ قوی/کمزور تیزاب یا اساس ہیں۔
- (c) طلباء سوڈیم ایسیٹ اور ایسٹک ایسڈ کے محلولوں کو ملا کر حاجب محلول تیار کر سکتے ہیں پھر pH کاغذ کا استعمال کر کے اس کی pH معلوم کر سکتے ہیں۔
- (d) انہیں کچھ انڈیکیٹر دیے جاسکتے ہیں تاکہ وہ مختلف pH کے محلولوں میں ان کے رنگوں کا مشاہدہ کر سکیں۔
- (e) طالب علم انڈیکیٹر کا استعمال کر کے کچھ تیزاب اساس ٹائٹریشن کر سکتے ہیں۔
- (f) معمولی حل پذیر نمکوں کی حل پذیری پر مشترک آئین اثر کا مطالعہ کر سکتے ہیں۔
- (g) اگر اسکول میں pH میٹر دستیاب ہے تو وہ اس کی مدد سے محلول کی pH معلوم کر سکتے ہیں اور اس کا مقابلہ pH کاغذ کی مدد سے معلوم کی گئی pH سے کر سکتے ہیں۔

مشقیں

7.1 ایک مستقل درجہ حرارت پر سیل بند برتن میں ایک رقیق اپنے بخارات کے ساتھ توازن میں ہے برتن کا حجم اچانک بڑھ جاتا ہے۔

- (a) بخاراتی دباؤ پر اس تبدیلی کا ابتدائی اثر کیا ہوگا؟
- (b) ابتدا میں تبخیر اور تکثیف کی شرح میں کیا تبدیلی آئے گی؟
- (c) آخر کار جب توازن قائم ہو جائے گا تو کیا ہوگا اور آخری بخاراتی دباؤ کیا ہوگا؟
- 7.2 مندرجہ ذیل توازن کے لیے K_c کیا ہوگا جبکہ ہر ایک شے کے توازن ارتکاز اس طرح ہیں:

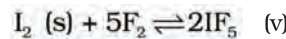
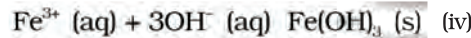
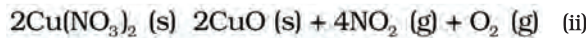


7.3 ایک مخصوص درجہ حرارت اور 10^5Pa کے کل دباؤ پر آئیوڈین کے بخارات حجم کے اعتبار سے 1 فضائی دباؤ کا 40% ہیں۔

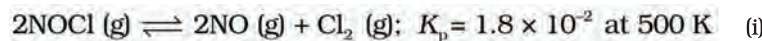


توازن کے لیے K_p کی قیمت معلوم کیجیے۔

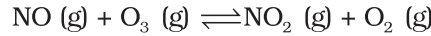
7.4 مندرجہ ذیل ہر ایک تعامل کے لیے توازن مستقل K_c کی علامت لکھئے۔



7.5 K_p کی مدد سے مندرجہ ذیل ہر ایک توازن کے لیے K_c کی قیمت معلوم کیجیے۔



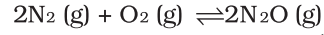
7.6 مندرجہ ذیل تعامل کے لیے 1000 K پر $K_c = 6.3 \times 10^{14}$ ہے



توازن میں پیش رفت اور پشت رفت دونوں تعاملات عنصری دوسالئی تعاملات ہیں۔ پشت رفت تعامل کے لیے K_c کیا ہوگا۔

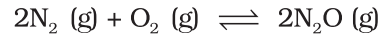
7.7 خالص ٹھوس اور رقیق کو توازن مستقلہ کی عبارت لکھتے وقت کیوں نظر انداز کرتے ہیں؟

7.8 N_2 اور O_2 کے درمیان متعامل مندرجہ ذیل کے مطابق ہوتا ہے:



اگر N_2 کے 0.482 مول اور O_2 کے 0.933 مولوں کا آمیزہ 10L کے تعالیٰ برتن میں رکھا جاتا ہے اور اس درجہ حرارت پر جہاں $K_c = 2.0 \times 10^{-37}$ ہے، N_2O بننے دیا جاتا ہے تو توازن آمیزے کی ترکیب کا تعین کیجیے۔

7.9 مندرجہ ذیل تعامل کے مطابق نائٹرک آکسائیڈ Br_2 سے تعامل کر کے نائٹروسل برومائید دیتا ہے۔



جب ایک مستقل درجہ حرارت پر بند برتن میں NO کے 0.087 mol اور Br_2 کے 0.0437 mol ملائے جاتے ہیں تو NO Br کے 0.0518 mol حاصل ہوتے ہیں۔ NO اور Br_2 کی توازن مقداریں معلوم کیجیے

7.10 450K پر توازن کے وقت دیے گئے تعامل کا $K_p = 2.0 \times 10^{10} / \text{bar}$ ہے۔

اس درجہ حرارت پر K_c کیا ہوگا؟

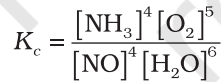
7.11 0.2 atm کے دباؤ پر ایک فلاسک میں HI(g) کا ایک نمونہ رکھا گیا ہے توازن کے وقت HI کا جزوی دباؤ 0.04 atm ہے۔

دیے گئے توازن کے لیے K_p کیا ہوگا؟



7.12 500K پر 20L کے ایک تعالیٰ برتن میں N_2 کے 1.57mol، H_2 کے 1.92 مول اور NH_3 کے 8.13 mol آمیزے کو داخل کیا گیا۔ اس درجہ حرارت پر تعامل $\text{N}_2 \text{ (g)} + 3\text{H}_2 \text{ (g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_3 \text{ (g)}$ کا $K_c = 1.7 \times 10^2$ ہے۔ کیا تعامل آمیزہ توازن میں ہے؟ اگر نہیں تو کل تعامل کی سمت کیا ہوگی؟

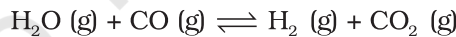
7.13 ایک گیس تعامل کے لیے توازن مستقلہ کی علامت اس طرح دی گئی ہے:



اس عبارت کے لیے متوازن کیمیائی مساوات لکھئے

7.14 10 L کے ایک برتن میں H_2O کا ایک مول اور ایک مول CO لیے گئے اور 725K تک گرم کیے گئے۔ توازن پر 40% پانی

(کمیت کے اعتبار سے) CO سے مندرجہ ذیل مساوات کے مطابق تعامل کرتا ہے۔



تبادل کے لیے توازن مستقلہ معلوم کیجیے۔

7.15 700 K پر تعامل $\text{H}_2 \text{ (g)} + \text{I}_2 \text{ (g)} \rightleftharpoons 2\text{HI (g)}$ کے لیے توازن مستقلہ 54.8 ہے اگر 700K پر توازن کے وقت

HI(g) کے 0.5 mol L^{-1} موجود ہیں تو $\text{H}_2 \text{ (g)}$ اور $\text{I}_2 \text{ (g)}$ کے ارتکاز کیا ہوں گے؟ یہ مانتے ہوئے کہ ہم نے تعامل کی

شروعات HI(g) سے کی ہے اور اسے 700K پر توازن پر پہنچنے دیا جاتا ہے۔

7.16 توازن $2\text{ICl (g)} \rightleftharpoons \text{I}_2 \text{ (g)} + \text{Cl}_2 \text{ (g)}$; $K_c = 0.14$ میں ہر ایک شے کے توازن ارتکاز کیا ہوں گے جبکہ ICl کا

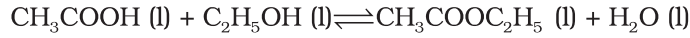
ابتدائی ارتکاز 0.78 M تھا۔

7.17 مندرجہ ذیل توازن کے لیے 899 K پر K_p کی قدر 0.04atm ہے۔ C_2H_6 کا توازن ارتکاز کیا ہوگا جب وہ 4.0atm پر

ایک فلاسک میں رکھی جائے اور توازن تک پہنچ سکے۔



7.18 استھنال اور ایسیٹک ایسڈ کے درمیان تعامل سے استھنل ایسیٹ بنتا ہے تو اوزن کا اظہار مندرجہ ذیل مساوات سے ہوتا ہے۔



(i) اس تعامل کے لیے ارتکاز نسبت (تعال خارج قسمت) Q_c لکھئے (نوٹ: اس تعامل میں پانی نہ تو افر مقدار میں ہے اور نہ ہی محلول ہے)۔

(ii) 293 K پر اگر کوئی 1.00 مول ایسیٹک ایسڈ اور 10.18 mol استھنال سے شروعات کرتا ہے تو اختتامی توازن آمیزے میں 0.171 mol استھنل ایسیٹ ہوتا ہے۔ توازن مستقلہ معلوم کیجیے۔

(iii) 10.5 mol استھنال اور 1.0 mol ایسیٹک ایسڈ سے شروعات کرتے ہوئے اور درجہ حرارت 293 K پر مستقل رکھتے ہوئے کچھ دیر بعد 0.214 مول استھنل ایسیٹ پایا گیا۔ کیا توازن حاصل ہو گیا؟

7.19 473 K پر ایک دیکوم شدہ برتن میں خالص PCl_5 داخل کی گئی۔ جب توازن قائم ہو گیا تو PCl_5 کا ارتکاز $0.5 \times 10^{-1} \text{ mol L}^{-1}$ پایا گیا۔ اگر K_c کی قیمت 8.3×10^{-3} ہے تو توازن کے وقت PCl_3 اور Cl_2 کے ارتکاز کیا ہوں گے۔



7.20 لوہے کی کچ دھات سے اسٹیل بنانے میں ایک تعامل ہوتا ہے جس میں کاربن مونو آکسائیڈ کے ذریعہ آئرن (III) کی تحویل ہوتی ہے جو آئرن دھات اور CO_2 دیتا ہے۔



اگر CO اور CO_2 کے ابتدائی جزوی دباؤ $p_{\text{CO}} = 1.4 \text{ atm}$ اور $p_{\text{CO}_2} = 0.80 \text{ atm}$ تو 1050 K پر ان کے جزوی دباؤ کیا ہوں گے؟

7.21 تعامل $\text{N}_2 \text{ (g)} + 3\text{H}_2 \text{ (g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_3 \text{ (g)}$ کے لیے 500 K پر K_c کی قدر 0.061 ہے۔ ایک خاص وقت پر تجزیہ کرنے سے یہ معلوم ہوتا ہے کہ تعالی آمیزے میں N_2 کے 0.5 mol L^{-1} ، H_2 کے 2.0 mol L^{-1} اور NH_3 کے 0.5 mol L^{-1} کیا تعامل توازن میں ہے؟ اگر نہیں تو توازن پر پہنچنے کے لیے تعامل کس سمت بڑھے گا؟

7.22 برومین مونوکلورائیڈ (BrCl) برومین اور کلورین میں تحلیل ہو کر توازن پر پہنچتی ہے۔



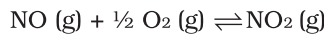
جس کے لیے 500 K پر K_c کی قدر 32 ہے۔ اگر شروع میں خالص BrCl کا ارتکاز $3.3 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ ہے تو توازن کے وقت آمیزے میں اس کا مولر ارتکاز کتنا ہوگا؟

7.23 1127 K اور 1 atm پر CO اور CO_2 کے کیسی آمیزے کے ٹھوس کاربن کے ساتھ توازن میں CO کیت کے اعتبار سے 90.55% ہے۔



اوپر دیے گئے درجہ حرارت پر مندرجہ بالا تعامل کے لیے K_c کی قیمت معلوم کیجیے۔

7.24 298 K پر NO اور O_2 سے NO_2 کے لیے



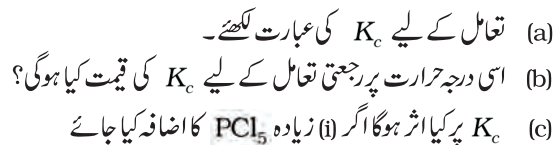
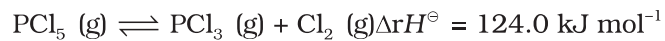
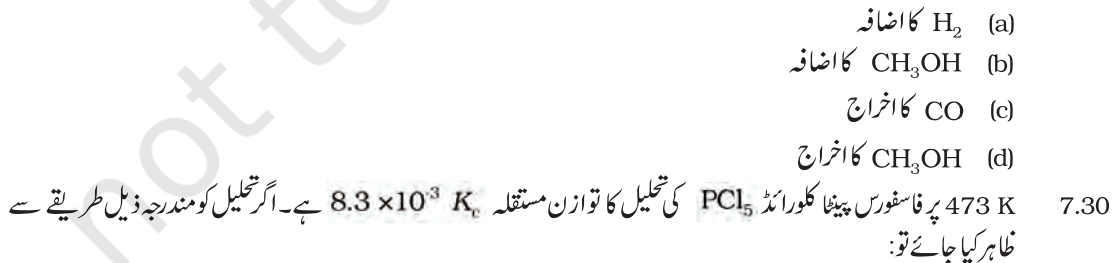
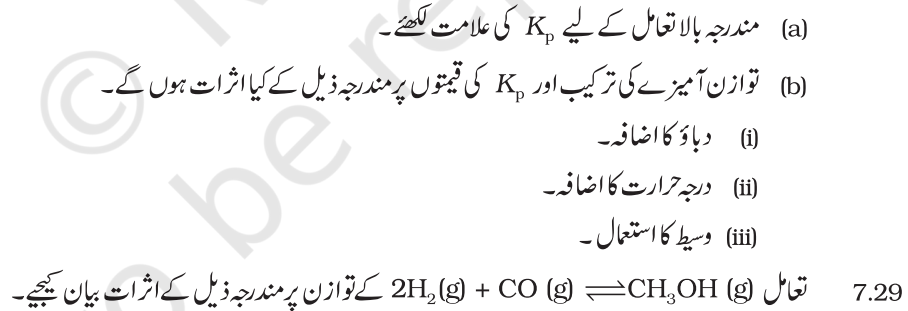
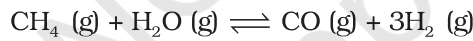
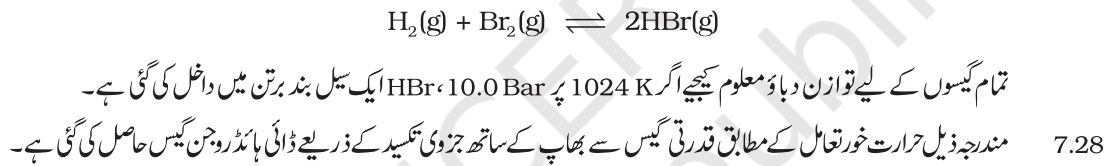
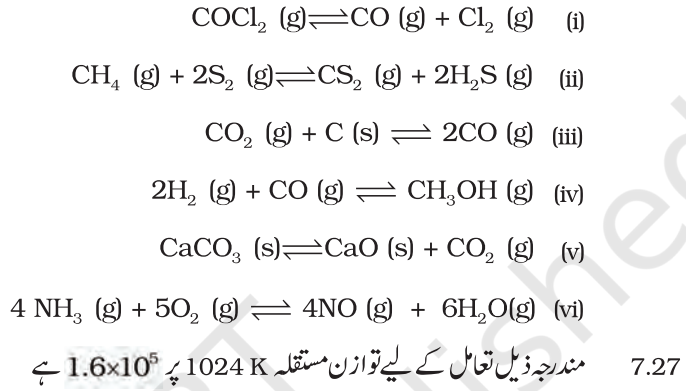
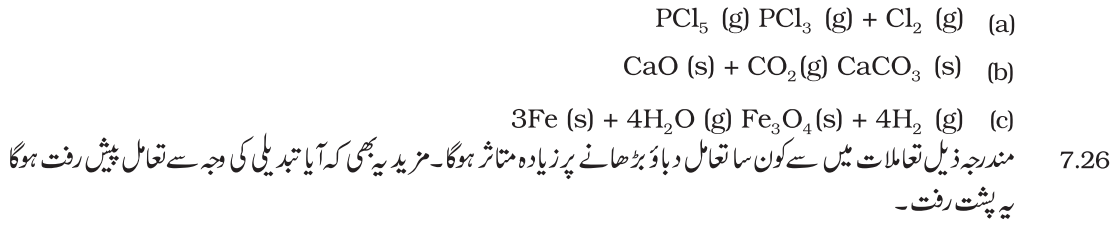
جہاں

$$\Delta_r G^\ominus (\text{NO}_2) = 52.0 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta_r G^\ominus (\text{NO}) = 87.0 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta_r G^\ominus (\text{O}_2) = 0 \text{ kJ/mol}$$

7.25 مندرجہ ذیل توازنوں میں اگر حجم بڑھا کر دباؤ میں کمی کی جائے تو تعامل ماحصلات کے مولوں کی تعداد بڑھے گی، گھٹے گی، یا برقرار رہے گی؟



(i) دباؤ میں اضافہ کیا جائے۔

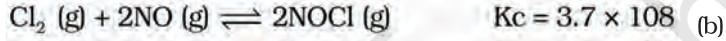
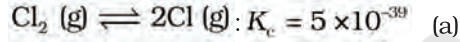
(ii) درجہ حرارت میں اضافہ کیا جائے۔

7.31 ہبیر پراس میں استعمال کی جانے والی H_2 گیس قدرتی گیس کی میتھین کے بہت زیادہ درجہ حرارت پر بھاپ سے تعامل کے ذریعے حاصل ہوتی ہے۔ دواسٹیک تعامل کی پہلی اسٹیج میں CO اور H_2 کی تشکیل ہوتی ہے۔ دوسری اسٹیج میں، پہلی اسٹیج میں بننے والی CO اور واٹر گیس شفٹ تعامل میں زیادہ بھاپ سے تعامل کرتی ہے۔



اگر $400^\circ C$ پر تعادلی برتن میں CO اور بھاپ کا مساوی مولر آمیزہ داخل کیا جائے، اس طرح کہ $p_{CO} = p_{H_2O} = 4.0 \text{ bar}$ تو توازن کے وقت H_2 کا جزوی دباؤ کیا ہوگا؟ $400^\circ C$ پر $K_p = 10.1$ ہے۔

7.32 مندرجہ ذیل تعاملات میں کس میں متعامل اور ماحصل ارتکاز کافی ہوں گے



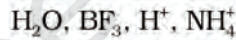
7.33 تعامل $3O_2(g) \rightleftharpoons 2O_3(g)$ کے لیے $25^\circ C$ پر K_c کی قیمت 2.0×10^{-50} ہے۔ اگر $25^\circ C$ پر ہوا میں O_2 کا توازن مستقلہ 1.6×10^{-2} ہو تو O_3 کا ارتکاز کیا ہوگا؟

7.34 تعامل $CO(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons CH_4(g) + H_2O(g)$ کے ایک فلاسک میں $1L$ $CO(g)$ اور $3H_2(g)$ کے ایک فلاسک میں $1300 K$ پر توازن میں ہے۔ اس میں CO کے 0.30 مول، H_2 کے 0.10 مول اور H_2O کے 0.02 مول اور CH_4 کی نامعلوم مقدار بھی ہے۔ CH_4 کا آمیزے میں ارتکاز معلوم کیجیے۔ دیے گئے درجہ حرارت پر تعامل کے لیے توازن مستقلہ 3.90 ہے۔

7.35 جفتی تیزاب اساس جوڑے سے کیا مراد ہے؟ مندرجہ ذیل انواع کے لیے جفتی تیزاب / اساس معلوم کیجیے۔

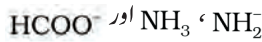


7.36 مندرجہ ذیل میں سے کون لیئس تیزاب ہے؟



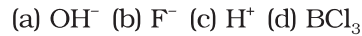
7.37 برونیڈ تیزابوں: HCO_3^- ، H_2SO_4 ، HF کے لیے جفتی اساس کیا ہوں گے؟

7.38 مندرجہ ذیل برونیڈ اساسوں کے لیے جفتی تیزاب لکھئے۔



7.39 انواع H_2O ، HCO_3^- ، HSO_4^- اور NH_3 برونیڈ تیزاب اور اساس کی طرح کام کر سکتے ہیں۔ ہر ایک کے لیے اس کا جفتی تیزاب اور اساس دیجیے۔

7.40 مندرجہ ذیل انواع کی لیئس تیزاب اور اساس کے تحت درجہ بندی کیجیے اور بتائیے کہ یہ کس طرح لیئس تیزاب / اساس کی طرح کام کرتے ہیں۔



7.41 ایک سو فٹ ڈرنک میں ہائڈروجن آئن کا ارتکاز $3.8 \times 10^{-8} M$ ہے۔ اس کی pH کتنی ہوگی؟

7.42 سرکہ کے ایک نمونہ کی pH قدر 3.76 ہے۔ اس میں ہائڈروجن آئن کا ارتکاز معلوم کیجیے۔

7.43 4.8×10^{-9} اور 1.8×10^{-4} ، 6.8×10^{-4} بالترتیب $HCOOH$ اور HCN کے آیونائزیشن مستقلے بالترتیب $298 K$ پر HF ، $HCOOH$ اور HCN کے آیونائزیشن مستقلے معلوم کیجیے۔

- 7.44 فیول کا آیونائزیشن مستقلہ 1.0×10^{-10} ہے۔ $0.05M$ فیول کے محلول میں فیولیٹ آئن کا ارتکاز کیا ہوگا؟ اس کے آیونائزیشن ڈگری کتنی ہوگی اگر محلول سوڈیم فیولیٹ میں بھی $0.01M$ ہے۔
- 7.45 H_2S کا پہلا آیونائزیشن مستقلہ 9.1×10^{-8} ہے۔ اس کے $0.1M$ محلول میں HS^- آئن کا ارتکاز معلوم کیجیے۔ یہ ارتکاز کس طرح متاثر ہوگا اگر محلول HCl میں بھی $0.1M$ ہے۔ اگر H_2S کے لیے دوسرا آیونائزیشن مستقلہ 1.2×10^{-13} ہے تو دونوں حالات میں S^{2-} کے ارتکاز معلوم کیجیے۔
- 7.46 ایسیٹک ایسڈ کا آیونائزیشن مستقلہ 1.74×10^{-5} ہے۔ اس کے $0.05 M$ محلول میں ایسیٹک ایسڈ کے افتراق کی ڈگری معلوم کیجیے۔ محلول میں ایسیٹک آئن کا ارتکاز اور pH معلوم کیجیے۔
- 7.47 ایک $0.01 M$ نامیاتی تیزاب کی pH قدر 4.15 پائی گئی ہے۔ این آئن کا ارتکاز تیزاب کے لیے آیونائزیشن مستقلہ اور اس کی pK_a معلوم کیجیے۔
- 7.48 یہ مانتے ہوئے کہ افتراق مکمل ہے، مندرجہ ذیل محلولوں کی pH معلوم کیجیے۔
 (a) $0.003 M HCl$ (b) $0.005 M NaOH$ (c) $0.002 M HBr$ (d) $0.002 M KOH$
- 7.49 مندرجہ ذیل محلولوں کی pH معلوم کیجیے۔
 (a) $2g TIOH$ پانی میں گھل کر محلول کے 2 لیٹر بناتا ہے۔
 (b) $0.3g NaOH$ پانی میں گھل کر $500 mL$ محلول دیتا ہے۔
 (c) $0.3g NaOH$ پانی میں گھل کر $200 mL$ محلول دیتا ہے۔
 (d) $13.6 M HCl$ کے $1 mL$ کو پانی سے ڈائی لیوٹ کر کے محلول کا $1L$ حاصل کرتے ہیں۔
- 7.50 $0.1M$ بروموایسیٹک ایسڈ کی آیونائزیشن کی ڈگری 0.132 ہے۔ محلول کی pH اور بروموایسیٹک ایسڈ کا pK_a معلوم کیجیے۔
- 7.51 $0.005 M$ کوڈین $(C_{18}H_{21}NO_3)$ محلول کی pH قدر 9.95 ہے۔ اس کا آیونائزیشن مستقلہ pK_b معلوم کیجیے۔
- 7.52 $0.001M$ اینیلین محلول کی pH کیا ہوگی؟ اینیلین کا آیونائزیشن مستقلہ جدول 7.7 سے حاصل کیا جاسکتا ہے۔ محلول میں اینیلین کی آیونائزیشن کی ڈگری معلوم کیجیے۔ اینیلین کے جفتی تیزاب کا آیونائزیشن مستقلہ بھی معلوم کیجیے۔
- 7.53 اگر $0.05 M$ ایسیٹک ایسڈ کی pK_a قیمت 7.74 ہے تو اس کی آیونائزیشن ڈگری معلوم کیجیے۔ ڈگری آف آیونائزیشن پر کیا اثر ہوگا اگر محلول میں مندرجہ ذیل بھی موجود ہیں۔ (a) $0.01M$ (b) $0.1M HCl$ میں؟
- 7.54 ڈائی میتھائل امین کا آیونائزیشن مستقلہ 5.4×10^{-4} ہے۔ اس کے $0.02M$ محلول میں آیونائزیشن کی ڈگری معلوم کیجیے۔ کتنے فیصد ڈائی میتھائل امین آیونائز ہوگا اگر محلول $NaOH$ میں بھی $0.1M$ ہے؟
- 7.55 مندرجہ ذیل حیاتیاتی سیالوں میں جن کے pH دیے گئے ہیں، ہائڈروجن آئن کے ارتکاز معلوم کیجیے۔
 (a) انسانی عضلاتی۔ سیال 6.83
 (b) انسانی معدہ کا سیال 1.2
 (c) انسانی خون 7.38
 (d) انسانی لعاب 6.4
- 7.56 دودھ، بلیک کافی، ٹماٹر جوس، نیوکارس اور انڈے کی سفیدی کی pH بالترتیب $2.2, 4.2, 5.0, 6.8$ اور 7.8 ہے۔ ہر ایک کے لیے ان کے ہائڈروجن ارتکاز معلوم کیجیے۔

- 7.57 اگر K 298 پر 0.561 گرام KOH پانی میں گھل کر 200mL محلول دیتا ہے تو پوٹاشیم، ہائیڈروجن اور ہائیڈروکسل آئن کا ارتکاز اور محلول کی pH معلوم کیجیے۔
- 7.58 298 K پر $\text{Sr}(\text{OH})_2$ کی حل پذیری محلول کی 19.23 g/L ہے اسٹرونتیم اور ہائیڈروکسل آئنوں کے ارتکاز اور محلول کی pH معلوم کیجیے۔
- 7.59 پروپیونک ایسڈ کا آئیونائزیشن مستقلہ 1.32×10^{-5} ہے۔ اس کے 0.05 M محلول میں تیزاب کی ڈگری آف آئیونائزیشن معلوم کیجیے اور اس کی pH بھی نکالے۔ اگر محلول HCl میں بھی 0.0 M ہے تو اس کی ڈگری آف آئیونائزیشن کیا ہوگی؟
- 7.60 سیانک ایسڈ (HCNO) کے 0.1 M محلول کی pH قدر 2.34 ہے تیزاب کا آئیونائزیشن مستقلہ اور محلول میں اس کی ڈگری آف آئیونائزیشن معلوم کیجیے۔
- 7.61 نائٹرس ایسڈ کا آئیونائزیشن مستقلہ 4.5×10^{-4} ہے۔ 0.04 M سوڈیم نائٹرائٹ محلول کی pH اور اس کی ڈگری آف ہائیڈروکسل معلوم کیجیے۔
- 7.62 پریڈینیم ہائیڈروکلورائیڈ کے 0.02 M محلول کی pH قدر 3.44 ہے۔ پریڈین کا آئیونائزیشن مستقلہ معلوم کیجیے۔
- 7.63 بتائیے کہ مندرجہ ذیل محلول تیزابی، اساسی یا تعدیلی ہیں۔
- 7.64 کلورولیسٹک ایسڈ کا آئیونائزیشن مستقلہ 1.35×10^{-3} ہے۔ 0.1 M تیزاب اور اس کے 0.1 M سوڈیم نمک محلول کی pH کیا ہوگی۔
- 7.65 310 K پر پانی کا آبی ماحصل 2.7×10^{-14} ہے۔ اس درجہ حرارت پر تعدیل پانی کی pH کیا ہوگی؟
- 7.66 مندرجہ ذیل میں بننے والے آمیزوں کی pH معلوم کیجیے۔
- (a) $10 \text{ mL of } 0.2 \text{ M Ca}(\text{OH})_2 + 25 \text{ mL of } 0.1 \text{ M HCl}$
- (b) $10 \text{ mL of } 0.01 \text{ M H}_2\text{SO}_4 + 10 \text{ mL of } 0.01 \text{ M Ca}(\text{OH})_2$
- (c) $10 \text{ mL of } 0.1 \text{ M H}_2\text{SO}_4 + 10 \text{ mL of } 0.1 \text{ M KOH}$
- 7.67 298K پر سلور کرومیٹ، بیریم کرومیٹ، فیرک ہائیڈروآکسائیڈ لیڈ کلورائیڈ اور مرکبوس آئیوڈائیڈ کی حل پذیری جدول 7.9 میں دیے گئے ان کے حل پذیری ماحصل مستقلوں کی قیمتوں کی مدد سے معلوم کیجیے۔ انفرادی آئنوں کی مولاریت بھی معلوم کیجیے۔
- 7.68 AgBr اور Ag_2CrO_4 کے حل پذیری ماحصل مستقلے بالترتیب 1.1×10^{-12} اور 5.0×10^{-13} ہیں۔ ان کے سیر شدہ محلولوں کی مولاریت کی نسبت معلوم کیجیے۔
- 7.69 0.002 M سوڈیم آئیوڈائیڈ اور کیو پرک کلورائیڈ محلولوں کے برابر حجم آپس میں ملائے گئے۔ کیا اس کے نتیجے میں کا پر آئیوڈائیڈ کی ترسیب ہوگی (کیو پرک آئیوڈائیڈ کے لیے $K_{sp} = 7.4 \times 10^{-8}$)۔
- 7.70 ہینزونک ایسڈ کا آئیونائزیشن مستقلہ 6.46×10^{-5} ہے۔ اور سلور ہینزویٹ کے لیے 2.5×10^{-13} ہے۔ pH 3.19 والے حاسب میں سلور ہینزویٹ خالص پانی میں اس کی حل پذیری کے مقابلے کتنے گنا زیادہ حل پذیر ہوگا۔
- 7.71 فیرس سلفیٹ اور سوڈیم سلفائیڈ کے مساوی مولر محلول کا زیادہ سے زیادہ ارتکاز کیا ہوگا تاکہ جب دونوں کو برابر حجم میں ملایا جائے تو آئرن سلفائیڈ کی ترسیب نہ ہو؟ (آئرن سلفائیڈ کے لیے $K_{sp} = 6.3 \times 10^{-18}$)
- 7.72 298 K پر 1g کیلشیم سلفیٹ کو حل کرنے کے لیے کم سے کم کتنی پانی کی ضرورت ہوگی (کیلشیم سلفیٹ کے لیے $K_{sp} = 9.1 \times 10^{-6}$ ہے)
- 7.73 ہائیڈروجن سلفائیڈ سے سیر شدہ 0.1 M HCl میں سلفائیڈ آئن کا ارتکاز $1.0 \times 10^{-19} \text{ M}$ ہے۔ اگر اس کے 10mL مندرجہ ذیل کے 0.04 M کے 5mL میں ملا دیے جائیں تو اب محلولوں میں سے کس کی ترسیب ہوگی:
- CdCl_2 اور FeSO_4 , MnCl_2 , ZnCl_2

ایس۔ آئی بنیادی اکائیوں کی تعریفیں

میٹر، علامت m، لمبائی کی SI اکائی ہے۔ اس کی تعریف وکیوم میں روشنی کی چال (c) کی مقررہ عددی قدر 299792458 لے کر کی جاتی ہے جب کہ اسے ms^{-1} میں ظاہر کیا گیا ہو، جہاں سیکنڈ کی تعریف سیزیم فریکوئنسی ΔVes کے ارکان میں کی جاتی ہے۔

کلوگرام، علامت kg، کمیت کی SI اکائی ہے۔ اس کی تعریف پلانک مستقلہ (h) کی مقررہ عددی قدر $6.6607015 \times 10^{-34}$ لے کر کی جاتی ہے جب کہ اسے J.s اکائی میں ظاہر کیا جاتا ہے جو $\text{kgm}^2\text{s}^{-1}$ کے مساوی ہے، جب کہ میٹر اور سیکنڈ کی تعریف c اور ΔVes کے ارکان میں کی جاتی ہے۔

سیکنڈ، علامت s، وقت کی SI اکائی ہے۔ اس کی تعریف سیزیم فریکوئنسی ΔVes (سیزیم 133 ایٹم کی غیر مضطرب گراؤنڈ اسٹیٹ ہائپر فائن عبوری فریکوئنسی) کی مقررہ عددی قدر 9192631770 لے کر کی جاتی ہے جب کہ اسے Hz اکائی میں ظاہر کیا گیا ہو جو s^{-1} کے مساوی ہے۔

ایمپیر، علامت A، برقی رو (کرنٹ) کی SI اکائی ہے۔ اس کی تعریف الیمینٹری چارج e کی مقررہ عددی قدر $1.602176634 \times 10^{-19}$ لے کر کی جاتی ہے جب کہ اسے C اکائی میں ظاہر کیا گیا ہو جو As کے مساوی ہے، جب کہ میٹر اور سیکنڈ کی تعریف c اور ΔVes کے ارکان میں کی جاتی ہے۔

کیلون، علامت K، حرارت کی SI اکائی ہے۔ اس کی تعریف بولٹز مین مستقلہ K کی مقررہ عددی قدر 1.380649×10^{-23} لے کر کی جاتی ہے جب کہ اسے JK^{-1} اکائی میں ظاہر کیا گیا ہو جو $\text{Kgms}^{-2}\text{K}^{-1}$ کے مساوی ہے، جب کہ کلوگرام، میٹر اور سیکنڈ کی تعریف c، h اور ΔVes کے ارکان میں کی جاتی ہے۔

مول، علامت mol، شے کی مقدار کی SI اکائی ہے۔ ایک مول بعینہ $6.02214076 \times 10^{23}$ ایلیمنٹری موجودات (ایلیمنٹیز) پر مشتمل ہوتا ہے۔ یہ عدد ایووگاڑو مستقلہ N_A کی مقررہ عددی قدر ہے، جب کہ اسے mol^{-1} اکائی میں ظاہر کیا گیا ہو، اور یہ ایووگاڑو عدد کہلاتا ہے۔ کسی نظام میں شے کی مقدار، علامت n، معینہ ایلیمنٹری موجودات کی تعداد کی پیمائش ہے۔ ایلیمنٹری موجودات کوئی ایٹم، سالمہ، آئن، الیکٹران یا کوئی دوسرا ذرہ یا ذرات کا مخصوص گروپ ہو سکتا ہے۔

کینڈیلا، علامت cd، کسی دی ہوئی سمت میں درخشاں شدت (نوری حدت) کی SI اکائی ہے۔ اس کی تعریف $540 \times 10^{12} \text{Hz}$ فریکوئنسی والے ایک رنگی اشعاع، K_{ed} کی نوری اثر انگیزی (Luminous efficacy) کی مقررہ عددی قدر کو 683 لے کر کی جاتی ہے جب کہ اسے lm.W^{-1} اکائی میں ظاہر کیا گیا ہو جو $\text{cd.sr.W}^{-1}\text{K}^{-1}$ یا $\text{cd.kg}^{-1}\text{m}^{-2}\text{s}^3$ کے مساوی ہے، جب کہ کلوگرام، میٹر اور سیکنڈ کی تعریف c، h اور ΔVes کے ارکان میں کی جاتی ہے۔

عناصر، ان کے ایٹمی عدد اور مولر کمیت

عنصر	علامت	ایٹمی عدد	مولر کمیت / g mol^{-1}
مرکری (Mercury)	Hg	80	200.59
مولیبدینم (Molybdenum)	Mo	42	95.94
نیوڈائیٹیم (Neodymium)	Nd	60	144.24
نیون (Neon)	Ne	10	20.18
نیپٹونیم (Neptunium)	Np	93	(237.05)
نیکل (Nickel)	Ni	28	58.71
نیوبیم (Niobium)	Nb	41	92.91
نائٹروجن (Nitrogen)	N	7	14.0067
نوبلیئم (Nobelium)	No	102	(259)
اوسمیم (Osmium)	Os	76	190.2
آکسیجن (Oxygen)	O	8	16.00
پالیدیئم (Palladium)	Pd	46	106.4
فاسفورس (Phosphorous)	P	15	30.97
پلیٹینم (Platinum)	Pt	78	195.09
پلوٹونیم (Plutonium)	Pu	94	(244)
پولونیئم (Polonium)	Po	84	210
پوٹاشیم (Potassium)	K	19	39.10
پراسکودیم (Praseodymium)	Pr	59	140.91
پرومیٹھیم (Promethium)	Pm	61	(145)
پروٹاکٹینیم (Protactinium)	Pa	91	231.04
ریڈم (Radium)	Ra	88	(226)
ریڈون (Radon)	Rn	86	(222)
رینیم (Rhenium)	Re	75	186.2
ریڈیئم (Radium)	Rh	45	102.91
ریڈیڈیم (Rbodium)	Rb	37	85.47
ریٹھنیم (Ruthenium)	Ru	44	101.07
ریڈرفورڈیم (Rutherfordium)	Rf	104	(261)
سامیریئم (Samarium)	Sm	62	150.35
سکینڈیم (Scandium)	Sc	21	44.96
سی بورگیئم (Seaborgium)	Sg	106	(266)
سلیسینم (Selenium)	Se	34	78.96
سلیکون (Silicon)	Si	14	28.08
سیلور / چاندی (Silver)	Ag	47	107.87
سڈیم (Sodium)	Na	11	22.99
سٹرونٹیم (Strontium)	Sr	38	87.62
سلفر / گندھک (Sulphar)	S	16	32.06
ٹانٹالم (Tantalum)	Ta	73	180.95
ٹیکنیٹیم (Technetium)	Tc	43	(98.91)
ٹیلوریئم (Tellurium)	Te	52	127.60
ٹربیم (Terbium)	Tb	65	158.92
ٹھالیم (Thallium)	Tl	81	204.37
تھوریم (Thorium)	Th	90	232.04
تھولیم (Thulium)	Tm	69	168.93
ٹین (Tin)	Sn	50	118.69
ٹائیٹنیم (Titanium)	Ti	22	47.88
ٹنگسٹن (Tungsten)	W	74	183.85
آن آن ایم (Ununbium)	Uub	112	(277)
آن آن ٹیٹیم (Ununnilium)	Uun	110	(269)
آن آن ایم (Ununium)	Uuu	111	(272)
یورینیم (Uranium)	U	92	238.03
وینےڈیم (Vanadium)	V	23	50.94
زی نون (Xenon)	Xe	54	131.30
یٹربیم (Ytterbium)	Yb	70	173.04
یٹریئم (Yttrium)	Y	39	88.91
زنک (Zinc)	Zn	30	65.37
زیرکونیم (Zirconium)	Zr	40	91.22

عنصر	علامت	ایٹمی عدد	مولر کمیت / g mol^{-1}
ایکٹینیم (Actinium)	Ac	89	227.03
الومینیم (Aluminium)	Al	13	26.98
امریشیم (Americium)	Am	95	(243)
انٹیمونی (Antimony)	Sb	51	121.75
آرگن (Argon)	Ar	18	39.95
آرسینک (Arsenic)	As	33	74.92
اسٹاٹائن (Astatine)	At	85	210
بریم (Beryllium)	Ba	56	137.34
برکلیم (Berkelium)	Bk	97	(247)
بیریلیئم (Beryllium)	Be	4	9.01
بسمتھ (Bismuth)	Bi	83	208.98
بوہریئم (Bohrium)	Bh	107	(264)
بورون (Boron)	B	5	10.81
برومین (Bromine)	Br	35	79.91
کیڈمیم (Cadmium)	Cd	48	112.40
سیس (Caesium)	Cs	55	132.91
کیلشیم (Calcium)	Ca	20	40.08
کیلیفورنیم (Californium)	Cf	98	251.08
کاربن (Carbon)	C	6	12.01
سیریم (Cerium)	Ce	58	140.12
کلورین (Chlorine)	Cl	17	35.45
کرومیم (Chromium)	Cr	24	52.00
کوبالٹ (Cobalt)	Co	27	58.93
کاپر (Copper)	Cu	29	63.54
کیوریم (Curium)	Cm	96	247.07
ڈبیم (Dubnium)	Db	105	(263)
ڈیسپروسیم (Dysprosium)	Dy	66	162.50
آئن سٹیم (Einsteinium)	Es	99	(252)
ایربیم (Erbium)	Er	68	167.26
یورپیم (Europium)	Eu	63	151.96
فرمیئم (Fermium)	Fm	100	(257.10)
فلورین (Fluorine)	F	9	19.00
فرانسیئم (Francium)	Fr	87	(223)
گڈولینیم (Gadolinium)	Gd	64	157.25
گالیم (Gallium)	Ga	31	69.72
جرمنیم (Germanium)	Ge	32	72.61
گولڈ / سونا (Gold)	Au	79	196.97
ہافنیم (Hafnium)	Hf	72	178.49
گاسیم (Gassium)	Hs	108	(269)
ہیلیم (Helium)	He	2	4.00
ہولمیم (Holmium)	Ho	67	164.93
ہائیڈروجن (Hydrogen)	H	1	1.0079
انڈیم (Indium)	In	49	114.82
آیوڈین (Iodine)	I	53	126.90
ایریدیئم (Iridium)	Ir	77	192.2
آئرن / لوہا (Iron)	Fe	26	55.85
کریپٹون (Krypton)	Kr	36	83.80
لانٹھانیم (Lanthanum)	La	57	138.91
لارینشیم (Lawrencium)	Lr	103	(262.1)
لیڈ / سسہ (Lead)	Pb	82	207.19
لیتھیم (Lithium)	Li	3	6.94
لوٹیٹیم (Lutetium)	Lu	71	174.96
مگنیشیم (Magnesium)	Mg	12	24.31
منگنیس (Manganese)	Mn	25	54.94
میتنیم (Meitnium)	Mt	109	(268)
مینڈیلیوئم (Mendelivium)	Md	101	258.10

قوسین (Paranthesis) میں دی ہوئی قدر اس ہم جاکے مولر کمیت ہے، جس کی نصف عمر سب سے زیادہ ہے۔

A- 298 K اور ایک فضائی دباؤ پر کچھ اشیا کی نوعی اور مولر حرارتی گنجائش (Specific and Molar Heat Capacities of Some Substance at 298 K and one Atmospheric Pressure)		
شے (Substance)	نوعی حرارتی گنجائش (Specific Heat Capacity) (J/g)	مولر حرارتی گنجائش (Molar Heat Capacity) (J/mol)
ہوا (Air)	0.720	20.8
پانی / رقیق (Water, Liquid)	4.184	75.4
امونیا / گیس (Ammonia, Gas)	2.06	35.1
ہائیڈروجن کلورائیڈ (Hydrogen Chloride)	0.797	29.1
ہائیڈروجن برومائڈ (Hydrogen Bromide)	0.360	29.1
امونیا / رقیق (Ammonia, Liquid)	4.70	79.9
ایتھائل الکحل / رقیق (Ethyl Alcohol, Liquid)	2.46	113.16
ایتھیلین گلیکول / رقیق (Ethylene Glycol, Liq)	2.42	152.52
پانی / ٹھوس (Water, Solid)	2.06	37.08
کاربن ٹیٹرا کلورائیڈ / رقیق (Carbon TetraChloride, Liquid)	0.861	132.59
کلوروفلورو کاربن (Chlorofluoro Carbon) (CCl_2F_2)	0.5980	72.35
اوزون (Ozone)	0.817	39.2
نیون (Neon)	1.03	20.7
کلورین (Chlorine)	0.477	33.8
برومین (Bromine)	0.473	75.6
لوہا (Iron)	0.460	25.1
کاپر (Copper)	0.385	24.7
الومینیم (Aluminium)	0.902	24.35
سونا (Gold)	0.128	25.2
گرافائٹ (Graphite)	0.720	8.65

B۔ کچھ گیسوں کی مولر حرارتی گنجائش (Molar Heat Capacities for Some Gases, J/mol)				
Gas	C_p	C_v	$C_p - C_v$	C_p / C_v
یک ایٹمی (Monatomic)*				
ہیلیم (Helium)	20.9	12.8	8.28	1.63
آرگن (Argon)	20.8	12.5	8.33	1.66
آیوڈین (Iodine)	20.9	12.6	8.37	1.66
پارہ (Mercury)	20.8	12.5	8.33	1.66
دو ایٹمی (Diatomic)†				
ہائیڈروجن (Hydrogen)	28.6	20.2	8.33	1.41
آکسیجن (Oxygen)	29.1	20.8	8.33	1.39
نائٹروجن (Nitrogen)	29.0	20.7	8.30	1.40
ہائیڈروجن کلورائیڈ (Hydrogen Chloride)	29.6	21.0	8.60	1.39
کاربن مونو آکسائیڈ (Carbon Monoxide)	29.0	21.0	8.00	1.41
سہ ایٹمی (Triatomic)†				
نائٹریس آکسائیڈ (Nitrous Oxide)	39.0	30.5	8.50	1.28
کاربن ڈائی آکسائیڈ (Carbon Dioxide)	37.5	29.0	8.50	1.29
کثیر ایٹمی (Polyatomic)†				
اتھین (Ethane)	53.2	44.6	8.60	1.19
* صرف انتقالی حرکی توانائی (Translational Kinetic Energy Only)۔				
† انتقالی (Translational)، ارتعاشی (Vibrational) اور گردش توانائی (Rotational Energy)۔				

طبیعی مستقلے

مقدار (Quantity)	علامت (Symbol)	مروج اکائیاں (Traditional Units)	SI اکائیاں (SI Units)
ثقلی اسراع (Acceleration of Gravity)	g	980.6 cm/s	9.806 m/s
ایٹمی کمیت اکائی (^{12}C ایٹم کی کمیت کا 1/12)	amu	1.6606×10^{-24} g	1.6606×10^{-27} kg
(Atomic Mass unit, 1/12 the Mass of ^{12}C Constant)	u		
ایووگاڈرو مستقلہ (Avogadro Constant)	N_A	6.022×10^{23} ذرات فی مول (Particles/mol)	6.022×10^{23} particles/mol
بوہر نصف قطر (Bohar Radius)	a_0	0.52918 Å 5.2918×10^{-9} cm	5.2918×10^{-11} m
بولٹزمن مستقلہ (Boltzmann Constant)	k	1.3807×10^{-16} erg/K	1.3807×10^{-23} J/K
الیکٹران کی چارج کی کمیت سے نسبت (Charge to Mass Ratio of Electron)	e/m	1.7588×10^8 coulomb/g	1.7588×10^{11} C/kg
الیکٹران کا برقی چارج (Electronic Charge)	e	1.60219×10^{-19} coulomb 4.8033×10^{-19} esu	1.60219×10^{-19} C
الیکٹران سکونی کمیت (Electron Rest mass)	m_e	9.10952×10^{-28} g 0.00054859 u	9.10952×10^{-31} kg
فیراڈے مستقلہ (Faraday Constant)	F	96,487 coulombs/eq	96,487 C/mol e^-
گیس مستقلہ (Gas Constant)	R	23.06 kcal/volt. eq $0.8206 \frac{\text{L atm}}{\text{mol K}}$ $1.987 \frac{\text{cal}}{\text{mol K}}$	96,487 J/V.mol e^- $8.3145 \frac{\text{kPa dm}^3}{\text{mol K}}$ 8.3145 J/mol.K

22.710981×10^{-3} m^3/mol	22.710981 L/mol	V_m	مولارجم (Molar Volume) (STP)
22.710981 dm^3/mol			
$1.67495 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$1.67495 \times 10^{-24} \text{ g}$	m_n	نیوٹران سکونی کیت (Neutron Rest Mass)
	1.008665 u		
$6.6262 \times 10^{-34} \text{ J s}$	$6.6262 \times 10^{-27} \text{ ergs}$	h	پلانک مستقلہ (Planck Constant)
$1.6726 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$1.6726 \times 10^{-24} \text{ g}$	m_p	پروٹان سکونی کیت (Proton Rest Mass)
	1.007277 u		
$1.0974 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$	3.289×10^{15} cycles/s	R_∞	ریڈبرگ مستقلہ (Rybderg Constant)
$2.1799 \times 10^{-18} \text{ J}$	$2.1799 \times 10^{-11} \text{ erg}$		
$2.9979 \times 10^8 \text{ m/s}$	$2.9979 \times 10^{10} \text{ cm/s}$	c	ویکوم میں روشنی کی رفتار (Speed of Light, in a Vacuum)
	$(186,281$ $\text{miles/second})$		

$$\pi = 3.1416 \quad 2.303 R = 4.576 \text{ cal/mol K} = 19.15 \text{ J/mol K}$$

$$e = 2.71828 \quad 2.303 RT \text{ (at } 25^\circ\text{C)} = 1364 \text{ cal/mol} = 5709 \text{ J/mol}$$

$$\ln X = 2.303 \log X$$

کچھ کارآمد بدل اجزائے ضربی

کمیت اور وزن کی اکائیاں	$= 1.6022 \times 10^{-12}$ ارگ
1 پاؤنڈ = 453.59 گرام	$96.487 \text{ kJ/mol}^\dagger =$
1 پاؤنڈ = 453.59 گرام = 0.45359 کلوگرام	1 لیٹر - ایٹوسفیئر = 24.217 کیلوری
1 کلوگرام = 1000 گرام = 2.205 پاؤنڈ	$= 101.32$ جول
1 گرام = 10 ڈیسی گرام = 100 سینٹی گرام = 1000 ملی گرام	$= 1.0132 \times 10^9$ ارگ
1 گرام = 6.022×10^{23} ایٹمی کمیت اکائی یا u	1 برٹش حرارتی اکائی = 1055.06 جول
1 ایٹمی کمیت اکائی = 1.6606×10^{-24} گرام	$= 1.05506 \times 10^{10}$ ارگ
1 میٹرٹن = 1000 کلوگرام = 2205 پاؤنڈ	$= 252.2$ کیلوری

حجم کی عام اکائیاں	لمبائی کی عام اکائیاں
1 کوآرٹ = 0.9463 لیٹر	1 انچ = 2.54 سینٹی میٹر (بالکل درست)
1 لیٹر = 1.056 کوآرٹ	1 میل = 5280 فٹ = 1.609 کلو میٹر
1 لیٹر = 1 کعب ڈیسی میٹر = 1000 کعب سینٹی میٹر = 0.001 کعب میٹر	1 گز = 36 انچ = 0.9144 میٹر
1 ملی لیٹر = 1 کعب سینٹی میٹر = 0.001×10^{-3} لیٹر = 1.056 کوآرٹ	1 میٹر = 100 سینٹی میٹر = 39.37 انچ = 3.281 فٹ = 1.094 گز
1 کعب فٹ = 28.316 لیٹر = 29.902 کوآرٹ = 7.475 گیلن	1 کلو میٹر = 1000 میٹر = 1094 گز = 0.6215 میل
	1 انکسٹر ام = 1.0×10^{-8} سینٹی میٹر = 0.10 نینو میٹر
	$= 1.0 \times 10^{-10}$ میٹر = 3.937×10^{-9} انچ

توانائی کی عام اکائیاں	* قوت اور دباؤ کی عام اکائیاں
1 جول = 1×10^7 ارگ	1 فضائی دباؤ = پارہ کے 760 کے ملی میٹر
1 حرارتی کیمیائی کیلوری = 4.184 جول = 4.184×10^7 ارگ	$= 1.013 \times 10^5$ پاسکل
$= 4.129 \times 10^{-2}$ لیٹر - ایٹوسفیئر	$= 14.70$ پاؤنڈ فی مربع میٹر
$= 2.612 \times 10^{19}$ الیکٹران وولٹ	$= 10^5$ پاسکل
1 ارگ = 1×10^{-7} جول = 2.3901×10^{-8} کیلوری	1 پارہ = 1 کالی میٹر
1 الیکٹران وولٹ = 1.6022×10^{-19} جول	$1 \text{ kg/ms}^2 = 1 \text{ N/m}^2$ پاسکل

* قوت: $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m/s}^2$ نیوٹن 1، یعنی وہ قوت جو اگر ایک سینکڑ تک لگائی جائے تو ایک کلوگرام کمیت کو 1 میٹر فی سیکنڈ رفتار دے۔

** حرارت کی وہ مقدار جو ایک گرام پانی کا درجہ حرارت 14.5°C سے 15.5°C تک بڑھانے کے لیے درکار ہے۔

† نوٹ کریں کہ دوسری اکائیاں فی ذرہ ہیں اور اسے 6.022×10^{23} سے ضرب کرنا ہوگا تب ہی دوسری اکائیوں سے مقابلہ کیا جاسکتا ہے۔

298K پر حرکیاتی اعداد و شمار

غیر نامیاتی اشیا (Inorganic Substances)

شے	تفکیل کی اینتھالپی $\Delta_f H^\ominus / (\text{kJ mol}^{-1})$	تفکیل کی گیس توانائی $\Delta_f G^\ominus / (\text{kJ mol}^{-1})$	اینٹراپی $S^\ominus / (\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1})$
ایلو مینیم			
Al(s)	0	0	28.33
Al ³⁺ (aq)	-524.7	-481.2	-321.7
Al ₂ O ₃ (s)	-1675.7	-1582.3	50.92
Al(OH) ₃ (s)	-1276	—	—
AlCl ₃ (s)	-704.2	-628.8	110.67
اینٹی منی			
SbH ₃ (g)	145.11	147.75	232.78
SbCl ₃ (g)	-313.8	-301.2	337.80
SbCl ₅ (g)	-394.34	-334.29	401.94
آرسینک			
As(s)	0	0	35.1
As ₂ S ₃ (s)	-169.0	-168.6	163.6
AsO ₄ ³⁻ (aq)	-888.14	-648.41	-162.8
بیریم			
Ba(s)	0	0	62.8
Ba ²⁺ (aq)	-537.64	-560.77	9.6
BaO(s)	-553.5	-525.1	70.42
BaCO ₃ (s)	-1216.3	-1137.6	112.1
BaCO ₃ (aq)	-1214.78	-1088.59	-47.3

شے	تفکیلی کی اینتھالپی $\Delta_f H^\circ / (\text{kJ mol}^{-1})$	تفکیلی کی گیس توانائی $\Delta_f G^\circ / (\text{kJ mol}^{-1})$	اینٹراپی $S^\circ / (\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1})$
بورون			
B(s)	0	0	5.86
B ₂ O ₃ (s)	-1272.8	-1193.7	53.97
BF ₃ (g)	-1137.0	-1120.3	254.12
برومین			
Br ₂ (l)	0	0	152.23
Br ₂ (g)	30.91	3.11	245.46
Br(g)	111.88	82.40	175.02
Br ⁻ (aq)	-121.55	-103.96	82.4
HBr(g)	-36.40	-53.45	198.70
BrF ₃ (g)	-255.60	-229.43	292.53
کیلشیم			
Ca(s)	0	0	41.42
Ca(g)	178.2	144.3	154.88
Ca ²⁺ (aq)	-542.83	-553.58	-53.1
CaO(s)	-635.09	-604.03	39.75
Ca(OH) ₂ (s)	-986.09	-898.49	83.39
Ca(OH) ₂ (aq)	-1002.82	-868.07	-74.5
CaCO ₃ (s), کیلسائٹ	-1206.92	-1128.8	92.9
CaCO ₃ (s), آرگونائٹ	-1207.1	-1127.8	88.7
CaCO ₃ (aq)	-1219.97	-1081.39	-110.0
CaF ₂ (s)	-1219.6	-1167.3	68.87
CaF ₂ (aq)	-1208.09	-1111.15	-80.8
CaCl ₂ (s)	-795.8	-748.1	104.6
CaCl ₂ (aq)	-877.1	-816.0	59.8
CaBr ₂ (s)	-682.8	-663.6	130
CaC ₂ (s)	-59.8	-64.9	69.96
CaS(s)	-482.4	-477.4	56.5
CaSO ₄ (s)	-1434.11	-1321.79	106.7
CaSO ₄ (aq)	-1452.10	-1298.10	-33.1

شے	تشکیل کی انتھالپی $\Delta_f H^\circ / (\text{kJ mol}^{-1})$	تشکیل کی گبس توانائی $\Delta_f G^\circ / (\text{kJ mol}^{-1})$	اینٹراپی $S^\circ / (\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1})$
**کاربن			
C(s), گریفائٹ	0	0	5.740
C(s), ہیرا	1.895	2.900	2.377
C(g)	716.68	671.26	158.10
CO(g)	-110.53	-137.17	197.67
CO ₂ (g)	-393.51	-394.36	213.74
CO ₃ ²⁻ (aq)	-677.14	-527.81	-56.9
CCl ₄ (l)	-135.44	-65.21	216.40
CS ₂ (l)	89.70	65.27	151.34
HCN(g)	135.1	124.7	201.78
HCN(l)	108.87	124.97	112.84
سیریم			
Ce(s)	0	0	72.0
Ce ³⁺ (aq)	-696.2	-672.0	-205
Ce ⁴⁺ (aq)	-537.2	-503.8	-301
کلورین			
Cl ₂ (g)	0	0	223.07
Cl(g)	121.68	105.68	165.20
Cl ⁻ (aq)	-167.16	-131.23	56.5
HCl(g)	-92.31	-95.30	186.91
HCl(aq)	-167.16	-131.23	56.5
کاپر			
Cu(s)	0	0	33.15
Cu ⁺ (aq)	71.67	49.98	40.6
Cu ²⁺ (aq)	64.77	65.49	-99.6
Cu ₂ O(aq)	-168.6	-146.0	93.14
CuO(s)	-157.3	-129.7	42.63
CuSO ₄ (s)	-771.36	-661.8	109
CuSO ₄ ·5H ₂ O(s)	-2279.7	-1879.7	300.4

(جاری ہے)

**نامیاتی مرکبات کے لیے، ایک علیحدہ جدول اسی سلسلے میں مہیا کی گئی ہے۔

شے	تشکیل کی انتھالپی $\Delta_f H^\circ / (\text{kJ mol}^{-1})$	تشکیل کی گبس توانائی $\Delta_f G^\circ / (\text{kJ mol}^{-1})$	اینٹراپی $S^\circ / (\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1})$
ڈیوٹیریم			
D ₂ (g)	0	0	144.96
D ₂ O(g)	-249.20	-234.54	198.34
D ₂ O(l)	-294.60	-243.44	75.94
فلورین			
F ₂ (g)	0	0	202.78
F ⁻ (aq)	-332.63	-278.79	-13.8
HF(g)	-271.1	-273.2	173.78
HF(aq)	-332.63	-278.79	-13.8
(ڈیوٹیریم بھی دیکھیے) ہائیڈروجن			
H ₂ (g)	0	0	130.68
H(g)	217.97	203.25	114.71
H ⁺ (aq)	0	0	0
H ₂ O(l)	-285.83	-237.13	69.91
H ₂ O(g)	-241.82	-228.57	188.83
H ₂ O ₂ (l)	-187.78	-120.35	109.6
H ₂ O ₂ (aq)	-191.17	-134.03	143.9
آیوڈین			
I ₂ (s)	0	0	116.14
I ₂ (g)	62.44	19.33	260.69
I ⁻ (aq)	-55.19	-51.57	111.3
HI(g)	26.48	1.70	206.59
آئرن			
Fe(s)	0	0	27.28
Fe ²⁺ (aq)	-89.1	-78.90	-137.7
Fe ³⁺ (aq)	-48.5	-4.7	-315.9
Fe ₃ O ₄ (s), میکینائیٹ	-1118.4	-1015.4	146.4
Fe ₂ O ₃ (s), ہیملٹ	-824.2	-742.2	87.40
FeS(s, α)	-100.0	-100.4	60.29
FeS(aq)	—	6.9	—
FeS ₂ (s)	-178.2	-166.9	52.93

شے	تشکیل کی اینتھالپی $\Delta_f H^\circ / (\text{kJ mol}^{-1})$	تشکیل کی گبس توانائی $\Delta_f G^\circ / (\text{kJ mol}^{-1})$	اینٹراپی $S^\circ / (\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1})$
لیڈ (سیسہ)			
Pb(s)	0	0	64.81
Pb ²⁺ (aq)	-1.7	-24.43	10.5
PbO ₂ (s)	-277.4	-217.33	68.6
PbSO ₄ (s)	-919.94	-813.14	148.57
PbBr ₂ (s)	-278.7	-261.92	161.5
PbBr ₂ (aq)	-244.8	-232.34	175.3
میگنیشیم			
Mg(s)	0	0	32.68
Mg(g)	147.70	113.10	148.65
Mg ²⁺ (aq)	-466.85	-454.8	-138.1
MgO(s)	-601.70	-569.43	26.94
MgCO ₃ (s)	-1095.8	-1012.1	65.7
MgBr ₂ (s)	-524.3	-503.8	117.2
(جاری ہے)			
پارہ (مکری)			
Hg(l)	0	0	76.02
Hg(g)	61.32	31.82	174.96
HgO(s)	-90.83	-58.54	70.29
Hg ₂ Cl ₂ (s)	-265.22	-210.75	192.5
نائٹروجن			
N ₂ (g)	0	0	191.61
NO(g)	90.25	86.55	210.76
N ₂ O(g)	82.05	104.20	219.85
NO ₂ (g)	33.18	51.31	240.06
N ₂ O ₄ (g)	9.16	97.89	304.29
HNO ₃ (l)	-174.10	-80.71	155.60
HNO ₃ (aq)	-207.36	-111.25	146.4
NO ₃ ⁻ (aq)	-205.0	-108.74	146.4
NH ₃ (g)	-46.11	-16.45	192.45

شے	تشکیل کی انتھالپی $\Delta_f H^\circ / (\text{kJ mol}^{-1})$	تشکیل کی گبس توانائی $\Delta_f G^\circ / (\text{kJ mol}^{-1})$	اینٹراپی $S^\circ / (\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1})$
$\text{NH}_3(\text{aq})$	-80.29	-26.50	111.3
$\text{NH}_4^+(\text{aq})$	-132.51	-79.31	113.4
$\text{NH}_2\text{OH}(\text{s})$	-114.2	—	—
$\text{HN}_3(\text{g})$	294.1	328.1	238.97
$\text{N}_2\text{H}_4(\text{l})$	50.63	149.34	121.21
$\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$	-365.56	-183.87	151.08
$\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$	-314.43	-202.87	94.6
$\text{NH}_4\text{ClO}_4(\text{s})$	-295.31	-88.75	186.2
آکسیجن			
$\text{O}_2(\text{g})$	0	0	205.14
$\text{O}_3(\text{g})$	142.7	163.2	238.93
$\text{OH}^-(\text{aq})$	-229.99	-157.24	-10.75
فاسفورس			
$\text{P}(\text{s})$, سفید	0	0	41.09
$\text{P}_4(\text{g})$	58.91	24.44	279.98
$\text{PH}_3(\text{g})$	5.4	13.4	210.23
$\text{P}_4\text{O}_{10}(\text{s})$	-2984.0	-2697.0	228.86
$\text{H}_3\text{PO}_3(\text{aq})$	-964.8	—	—
$\text{H}_3\text{PO}_4(\text{l})$	-1266.9	—	—
$\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq})$	-1277.4	-1018.7	—
$\text{PCl}_3(\text{l})$	-319.7	-272.3	217.18
$\text{PCl}_3(\text{g})$	-287.0	-267.8	311.78
$\text{PCl}_5(\text{g})$	-374.9	-305.0	364.6
پوٹاشیم			
$\text{K}(\text{s})$	0	0	64.18
$\text{K}(\text{g})$	89.24	60.59	160.34
$\text{K}^+(\text{aq})$	-252.38	-283.27	102.5
$\text{KOH}(\text{s})$	-424.76	-379.08	78.9
$\text{KOH}(\text{aq})$	-482.37	-440.50	91.6
$\text{KF}(\text{s})$	-567.27	-537.75	66.57

شے	تشکیل کی انتھالپی $\Delta_f H^\circ / (\text{kJ mol}^{-1})$	تشکیل کی گبس توانائی $\Delta_f G^\circ / (\text{kJ mol}^{-1})$	اینٹراپی $S^\circ / (\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1})$
پوٹاشیم			
KCl(s)	-436.75	-409.14	82.59
KBr(s)	-393.80	-380.66	95.90
KI(s)	-327.90	-324.89	106.32
KClO ₃ (s)	-397.73	-296.25	143.1
KClO ₄ (s)	-432.75	-303.09	151.0
K ₂ S(s)	-380.7	-364.0	105
K ₂ S(aq)	-471.5	-480.7	190.4
سلیکان			
Si(s)	0	0	18.83
SiO ₂ (s, α)	-910.94	-856.64	41.84
چاندی			
Ag(s)	0	0	42.55
Ag ⁺ (aq)	105.58	77.11	72.68
Ag ₂ O(s)	-31.05	-11.20	121.3
AgBr(s)	-100.37	-96.90	107.1
AgBr(aq)	-15.98	-26.86	155.2
AgCl(s)	-127.07	-109.79	96.2
AgCl(aq)	-61.58	-54.12	129.3
AgI(s)	-61.84	-66.19	115.5
AgI(aq)	50.38	25.52	184.1
AgNO ₃ (s)	-124.39	-33.41	140.92
سوڈیم			
Na(s)	0	0	51.21
Na(g)	107.32	76.76	153.71
Na ⁺ (aq)	-240.12	-261.91	59.0
NaOH(s)	-425.61	-379.49	64.46
NaOH(aq)	-470.11	-419.15	48.1
NaCl(s)	-411.15	-384.14	72.13

شے	تشکیل کی انتھالپی $\Delta_f H^\circ / (\text{kJ mol}^{-1})$	تشکیل کی گبس توانائی $\Delta_f G^\circ / (\text{kJ mol}^{-1})$	اینٹراپی $S^\circ / (\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1})$
NaCl(aq)	-407.3	-393.1	115.5
NaBr(s)	-361.06	-348.98	86.82
NaI(s)	-287.78	-286.06	98.53
NaHCO ₃ (s)	-947.7	-851.9	102.1
Na ₂ CO ₃ (s)	-1130.9	-1047.7	136.0
(گندھک) سلفر			
S(s), رھومبک	0	0	31.80
S(s), مونوکلینک	0.33	0.1	32.6
S ²⁻ (aq)	33.1	85.8	-14.6
SO ₂ (g)	-296.83	-300.19	248.22
SO ₃ (g)	-395.72	-371.06	256.76
H ₂ SO ₄ (l)	-813.99	-690.00	156.90
H ₂ SO ₄ (aq)	-909.27	-744.53	20.1
SO ₄ ²⁻ (aq)	-909.27	-744.53	20.1
H ₂ S(g)	-20.63	-33.56	205.79
H ₂ S(aq)	-39.7	-27.83	121
SF ₆ (g)	-1209	-1105.3	291.82
ٹین			
Sn(s), سفید	0	0	51.55
Sn(s),	-2.09	0.13	44.14
SnO(s)	-285.8	-256.9	56.5
SnO ₂ (s)	-580.7	-519.6	52.3
زنک			
Zn(s)	0	0	41.63
Zn ²⁺ (aq)	-153.89	-147.06	-112.1
ZnO(s)	-348.28	-318.30	43.64
Zn(g)	+130.73	+95.14	160.93

محلول میں انفرادی آئینوں کی اینٹراپی معلوم کرنے کے لیے پانی میں H⁺ کی اینٹراپی کو صفر متعین کیا جاتا ہے اور پھر باقی دوسرے آئینوں کی اینٹراپی کی تعریف اس قدر کی مناسبت سے کی جاتی ہے، اس لیے منفی اینٹراپی وہ ہے جو پانی میں H⁺ کی اینٹراپی کے مقابلے کم ہے۔

نامیاتی مرکبات

شے	احتراق کی اینتھالپی $\Delta_c H^\circ / (\text{kJ mol}^{-1})$	تشکیل کی اینتھالپی $\Delta_f H^\circ / (\text{kJ mol}^{-1})$	تشکیل کی گبس توانائی $\Delta_f G^\circ / (\text{kJ mol}^{-1})$	اینٹروپی $S^\circ / (\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1})$
ہائڈروکاربن				
CH ₄ (g), methane	-890	-74.81	-50.72	186.26
C ₂ H ₂ (g), ethyne (acetylene)	-1300	226.73	209.20	200.94
C ₂ H ₄ (g), ethene(ethylene)	-1411	52.26	68.15	219.56
C ₂ H ₆ (g), ethane	-1560	-84.68	-32.82	229.60
C ₃ H ₆ (g), propene (propylene)	-2058	20.42	62.78	266.6
C ₃ H ₈ (g), cyclopropane	-2091	53.30	104.45	237.4
C ₃ H ₈ (g), propane	-2220	-103.85	-23.49	270.2
C ₄ H ₁₀ (g), butane	-2878	-126.15	-17.03	310.1
C ₅ H ₁₂ (g), pentane	-3537	-146.44	-8.20	349
C ₆ H ₆ (l), benzene	-3268	49.0	124.3	173.3
C ₆ H ₆ (g)	-3302	—	—	—
C ₇ H ₈ (l), toluene	-3910	12.0	113.8	221.0
C ₇ H ₈ (g)	-3953	—	—	—
C ₆ H ₁₂ (l), cyclohexane	-3920	-156.4	26.7	204.4
C ₆ H ₁₂ (g)	-3953	—	—	—
C ₈ H ₁₈ (l), octane	-5471	-249.9	6.4	358
الکوحل اور فیئال				
CH ₃ OH(l), methanol	-726	-238.86	-166.27	126.8
CH ₃ OH(g)	-764	-200.66	-161.96	239.81
C ₂ H ₅ OH(l), ethanol	-1368	-277.69	-174.78	160.7
C ₂ H ₅ OH(g)	-1409	-235.10	-168.49	282.70
C ₆ H ₅ OH(s), phenol	-3054	-164.6	-50.42	144.0
Carboxylic acid				
HCOOH(l), formic acid	-255	-424.72	-361.35	128.95
CH ₃ COOH(l), acetic acid	-875	-484.5	-389.9	159.8
CH ₃ COOH (aq)	—	-485.76	-396.64	86.6
(COOH) ₂ (s), oxalic acid	-254	-827.2	-697.9	120
C ₆ H ₅ COOH(s), benzoic acid	-3227	-385.1	-245.3	167.6

Aldehydes and ketones

HCHO(g), methanal (formaldehyde)	-571	-108.57	-102.53	218.77
CH ₃ CHO(l), ethanal (acetaldehyde)	-1166	-192.30	-128.12	160.2
CH ₃ CHO(g)	-1192	-166.19	-128.86	250.3
CH ₃ COCH ₃ (l), propanone (acetone)	-1790	-248.1	-155.4	200

Sugars

C ₆ H ₁₂ O ₆ (s), glucose	-2808	-1268	-910	212
C ₆ H ₁₂ O ₆ (aq)	—	—	-917	—
C ₆ H ₁₂ O ₆ (s), fructose	-2810	-1266	—	—
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ (s), sucrose	-5645	-2222	-1545	360

Nitrogen compounds

CO(NH ₂) ₂ (s), urea	-632	-333.51	-197.33	104.60
C ₆ H ₅ NH ₂ (l), aniline	-3393	31.6	149.1	191.3
NH ₂ CH ₂ COOH(s), glycine	-969	-532.9	-373.4	103.51
CH ₃ NH ₂ (g), methylamine	-1085	-22.97	32.16	243.41

برق کیمیائی ترتیب میں 298 K پر معیاری مضمر

Reduction half-reaction	E° / V	Reduction half-reaction	E° / V
$H_4XeO_6 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow XeO_3 + 3H_2O$	+3.0	$Cu^+ + e^- \longrightarrow Cu$	+0.52
$F_2 + 2e^- \longrightarrow 2F^-$	+2.87	$NiOOH + H_2O + e^- \longrightarrow Ni(OH)_2 + OH^-$	+0.49
$O_3 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow O_2 + H_2O$	+2.07	$Ag_2CrO_4 + 2e^- \longrightarrow 2Ag + CrO_4^{2-}$	+0.45
$S_2O_8^{2-} + 2e^- \longrightarrow 2SO_4^{2-}$	+2.05	$O_2 + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4OH^-$	+0.40
$Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$	+1.98	$ClO_4^- + H_2O + 2e^- \longrightarrow ClO_3^- + 2OH^-$	+0.36
$Co^{3+} + e^- \longrightarrow Co^{2+}$	+1.81	$[Fe(CN)_6]^{3-} + e^- \longrightarrow [Fe(CN)_6]^{4-}$	+0.36
$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow 2H_2O$	+1.78	$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$	+0.34
$Au^+ + e^- \longrightarrow Au$	+1.69	$Hg_2Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Hg + 2Cl^-$	+0.27
$Pb^{4+} + 2e^- \longrightarrow Pb^{2+}$	+1.67	$AgCl + e^- \longrightarrow Ag + Cl^-$	+0.27
$2HClO + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow Cl_2 + 2H_2O$	+1.63	$Bi^{3+} + 3e^- \longrightarrow Bi$	+0.20
$Ce^{4+} + e^- \longrightarrow Ce^{3+}$	+1.61	$SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2SO_3 + H_2O$	+0.17
$2HBrO + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow Br_2 + 2H_2O$	+1.60	$Cu^{2+} + e^- \longrightarrow Cu^+$	+0.16
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$	+1.51	$Sn^{4+} + 2e^- \longrightarrow Sn^{2+}$	+0.15
$Mn^{3+} + e^- \longrightarrow Mn^{2+}$	+1.51	$AgBr + e^- \longrightarrow Ag + Br^-$	+0.07
$Au^{3+} + 3e^- \longrightarrow Au$	+1.40	$Ti^{4+} + e^- \longrightarrow Ti^{3+}$	0.00
$Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$	+1.36	$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$	0.0 by definition
$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$	+1.33	$Fe^{3+} + 3e^- \longrightarrow Fe$	-0.04
$O_3 + H_2O + 2e^- \longrightarrow O_2 + 2OH^-$	+1.24	$O_2 + H_2O + 2e^- \longrightarrow HO_2^- + OH^-$	-0.08
$O_2 + 4H^+ + 4e^- \longrightarrow 2H_2O$	+1.23	$Pb^{2+} + 2e^- \longrightarrow Pb$	-0.13
$ClO_4^- + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow ClO_3^- + 2H_2O$	+1.23	$In^+ + e^- \longrightarrow In$	-0.14
$MnO_2 + 4H^+ + 2e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 2H_2O$	+1.23	$Sn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Sn$	-0.14
$Pt^{2+} + 2e^- \longrightarrow Pt$	+1.20	$AgI + e^- \longrightarrow Ag + I^-$	-0.15
$Br_2 + 2e^- \longrightarrow 2Br^-$	+1.09	$Ni^{2+} + 2e^- \longrightarrow Ni$	-0.23
$Pu^{4+} + e^- \longrightarrow Pu^{3+}$	+0.97	$V^{3+} + e^- \longrightarrow V^{2+}$	-0.26
$NO_3^- + 4H^+ + 3e^- \longrightarrow NO + 2H_2O$	+0.96	$Co^{2+} + 2e^- \longrightarrow Co$	-0.28
$2Hg^{2+} + 2e^- \longrightarrow Hg_2^{2+}$	+0.92	$In^{3+} + 3e^- \longrightarrow In$	-0.34
$ClO^- + H_2O + 2e^- \longrightarrow Cl^- + 2OH^-$	+0.89	$Tl^+ + e^- \longrightarrow Tl$	-0.34
$Hg^{2+} + 2e^- \longrightarrow Hg$	+0.86	$PbSO_4 + 2e^- \longrightarrow Pb + SO_4^{2-}$	-0.36
$NO_3^- + 2H^+ + e^- \longrightarrow NO_2 + H_2O$	+0.80	$Ti^{3+} + e^- \longrightarrow Ti^{2+}$	-0.37
$Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$	+0.80	$Cd^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cd$	-0.40
$Hg_2^{2+} + 2e^- \longrightarrow 2Hg$	+0.79	$In^{2+} + e^- \longrightarrow In^+$	-0.40
$Fe^{3+} + e^- \longrightarrow Fe^{2+}$	+0.77	$Cr^{3+} + e^- \longrightarrow Cr^{2+}$	-0.41
$BrO^- + H_2O + 2e^- \longrightarrow Br^- + 2OH^-$	+0.76	$Fe^{2+} + 2e^- \longrightarrow Fe$	-0.44
$Hg_2SO_4 + 2e^- \longrightarrow 2Hg + SO_4^{2-}$	+0.62	$In^{3+} + 2e^- \longrightarrow In^+$	-0.44
$MnO_4^{2-} + 2H_2O + 2e^- \longrightarrow MnO_2 + 4OH^-$	+0.60	$S + 2e^- \longrightarrow S^{2-}$	-0.48
$MnO_4^- + e^- \longrightarrow MnO_4^{2-}$	+0.56	$In^{3+} + e^- \longrightarrow In^{2+}$	-0.49
$I_2 + 2e^- \longrightarrow 2I^-$	+0.54	$U^{4+} + e^- \longrightarrow U^{3+}$	-0.61
$I_3^- + 2e^- \longrightarrow 3I^-$	+0.53	$Cr^{3+} + 3e^- \longrightarrow Cr$	-0.74
		$Zn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Zn$	-0.76

(continued)

Reduction half-reaction	E° / V	Reduction half-reaction	E° / V
$\text{Cd}(\text{OH})_2 + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cd} + 2\text{OH}^-$	-0.81	$\text{La}^{3+} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{La}$	-2.52
$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0.83	$\text{Na}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Na}$	-2.71
$\text{Cr}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cr}$	-0.91	$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Ca}$	-2.87
$\text{Mn}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Mn}$	-1.18	$\text{Sr}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Sr}$	-2.89
$\text{V}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{V}$	-1.19	$\text{Ba}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Ba}$	-2.91
$\text{Ti}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Ti}$	-1.63	$\text{Ra}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Ra}$	-2.92
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{Al}$	-1.66	$\text{Cs}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Cs}$	-2.92
$\text{U}^{3+} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{U}$	-1.79	$\text{Rb}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Rb}$	-2.93
$\text{Sc}^{3+} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{Sc}$	-2.09	$\text{K}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{K}$	-2.93
$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Mg}$	-2.36	$\text{Li}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Li}$	-3.05
$\text{Ce}^{3+} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{Ce}$	-2.48		

© NCERT
not to be republished

کچھ منتخب مسائل کے جواب

اکائی 1

1.17 $\sim 15 \times 10^{-4} \text{ g}, 1.25 \times 10^{-4} \text{ m}$

1.18 (i) 4.8×10^{-3} (ii) 2.34×10^{-5} (iii) 8.008×10^{-3} (iv) 5.000×10^{-2}
(v) 6.0012×10^{-0}

1.19 (i) 2 (ii) 3 (iii) 4 (iv) 3
(v) 4 (vi) 5

1.20 (i) 34.2 (ii) 10.4 (iii) 0.0460 (iv) 2810

(a) ضعیفی تناسب کا قانون 1.21

(i) جواب: $(10^6 \text{ mm}, 10^{15} \text{ pm})$ (b)

(ii) جواب: $(10^6 \text{ kg}, 10^9 \text{ ng})$

(iii) جواب: $(10^{-3} \text{ L}, 10^{-3} \text{ dm}^3)$

1.22 $6.00 \times 10^{-1} \text{ m} = 0.600 \text{ m}$

(i) B تحریدی ہے 1.23

(ii) A تحریدی ہے

(iii) تناسب بیانی آمیزہ-نہیں

(iv) B تحریدی ہے

(v) A تحریدی ہے

(ii) 428.5g

(i) 2571 g

(iii) 571.5 g، ہائڈروجن غیر تعامل پذیر ہے گی۔

دس حجم 1.26

1.27 (i) $2.87 \times 10^{-11} \text{ pm}$ (ii) $1.515 \times 10^{-5} \text{ s}$ (iii) $2.5365 \times 10^{-2} \text{ kg}$

1.30 $1.99265 \times 10^{-23} \text{ g}$

1.31 (i) 3 (ii) 4 (iii) 4

1.32 $39.948 \text{ g mol}^{-1}$

(i) $3.131 \times 10^{-25} \text{ ایٹم}$ (ii) 13 ایٹم (iii) $7.8286 \times 10^{-24} \text{ ایٹم}$ 1.33

ایپریکل فارمولہ CH ، مولر کمیت 22.0 g mol^{-1} ، سالماتی فارمولہ C_2H_2 1.34

1.35 0.94 g CaCO_3

1.36 8.40 g HCl

اکائی 2

- 2.1 (i) 1.099×10^{27} الیکٹران (ii) $5.48 \times 10^{-7} \text{kg}$, $9.65 \times 10^4 \text{C}$
- 2.2 (i) 6.022×10^{24} الیکٹران
(ii) (a) 2.4088×10^{21} نیوٹران (b) $4.0347 \times 10^{-6} \text{kg}$
(iii) (a) 1.2044×10^{22} پروٹان (b) $2.015 \times 10^{-5} \text{kg}$
- 2.3 7,6; 8,8; 12,12; 30,26; 50, 38
- 2.4 (i) Cl (ii) U (iii) Be
- 2.5 $5.17 \times 10^{14} \text{s}^{-1}$, $1.72 \times 10^6 \text{m}^{-1}$
- 2.6 (i) $1.988 \times 10^{-18} \text{J}$ (ii) $3.98 \times 10^{-15} \text{J}$
- 2.7 $6.0 \times 10^{-2} \text{m}$, $5.0 \times 10^9 \text{s}^{-1}$ and 16.66m^{-1}
- 2.8 2.012×10^{16} فوٹان
- 2.9 (i) $4.97 \times 10^{-19} \text{J}$ (3.10 eV); (ii) 0.97 eV (iii) $5.84 \times 10^5 \text{m s}^{-1}$
- 2.10 494kJ mol^{-1}
- 2.11 $7.18 \times 10^{19} \text{s}^{-1}$
- 2.12 $4.41 \times 10^{14} \text{s}^{-1}$, $2.91 \times 10^{-19} \text{J}$
- 2.13 486 nm
- 2.14 $8.72 \times 10^{-20} \text{J}$
- 2.15 اخراجی خطوط 15
- 2.16 (i) $8.72 \times 10^{-20} \text{J}$ (ii) 1.3225 nm
- 2.17 $1.523 \times 10^6 \text{m}^{-1}$
- 2.18 $2.08 \times 10^{-11} \text{ergs}$, 956 Å
- 2.19 3647 Å
- 2.20 $3.55 \times 10^{-11} \text{m}$
- 2.21 8967 Å
- 2.22 Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} ; Ar, S^{2-} and K^+
- 2.23 (i) (a) $1s^2$ (b) $1s^2 2s^2 2p^6$; (c) $1s^2 2s^2 2p^6$ (d) $1s^2 2s^2 2p^6$
- 2.24 $n = 5$
- 2.25 $n = 3$, $l = 2$, $ml = -2, -1, 0, +1, +2$ (کوئی ایک قدر)
- 2.26 (i) 29 پروٹان
- 2.27 1, 2, 15
- 2.28 (i) l m_l
0 0
1 -1, 0, +1

$$2 \quad -2, -1, 0, +1, +2$$

$$(ii) \quad l = 2; m_l = -2, -1, 0, +1, +2$$

$$(iii) \quad 2s, 2p$$

$$2.29 \quad (a) \quad 1s, \quad (b) \quad 3p, \quad (c) \quad 4d \text{ and } (d) \quad 4f$$

$$2.30 \quad (a), (c) \text{ اور } (e) \text{ ممکن نہیں ہیں}$$

$$2.31 \quad (a) \quad 16 \text{ الیکٹران } (b) \quad 2 \text{ الیکٹران}$$

$$2.33 \quad n = 2 \text{ to } n = 1$$

$$2.34 \quad 8.72 \times 10^{-18} \text{ J}$$

$$2.35 \quad 1.33 \times 10^9$$

$$2.36 \quad 6 \text{ nm}$$

$$2.37 \quad (a) \quad 1.3 \times 10^4 \text{ pm} \quad (b) \quad 1.23 \times 10^6$$

$$2.38 \quad 1563$$

$$2.39 \quad 8$$

$$2.40 \quad K- \text{ذرات کی زیادہ تعداد گزرے گی کیونکہ مقابلتا ہلکے ایٹموں کا نیوکلیس چھوٹا ہوتا ہے، K-ذرات کی مقابلتا کم تعداد منفرج (Deflect) ہوگی کیونکہ مقابلتا ہلکے نیوکلیسوں پر مثبت چارج والے ذرات کی تعداد کم ہوگی۔}$$

$$2.41 \quad \text{ایک دیے ہوئے عنصر کے لیے ہم جاؤں میں پروٹانوں کی تعداد یکساں ہوگی، جب کہ دیے ہوئے ایٹمی عدد کے لیے کمیتی عدد مختلف ہو سکتا ہے۔}$$

$$2.42 \quad {}^{81}_{35}\text{Br}$$

$$2.43 \quad {}^{37}_{17}\text{Cl}^{-1}$$

$$2.44 \quad {}^{56}_{26}\text{Fe}^{3+}$$

$$2.45 \quad \text{کائناتی شعاعیں} > X\text{-شعاعیں} > \text{غبری رنگ} > \text{مائیکرو لہر} > \text{FM}$$

$$2.46 \quad 3.3 \times 10^7 \text{ J}$$

$$2.47 \quad (a) \quad 4.87 \times 10^{14} \text{ s}^{-1} \quad (b) \quad 9.0 \times 10^9 \text{ m} \quad (c) \quad 32.27 \times 10^{-20} \text{ J}$$

$$(d) \quad 6.2 \times 10^{18}$$

$$2.48 \quad 10$$

$$2.49 \quad 8.28 \times 10^{-10} \text{ J}$$

$$2.50 \quad 3.45 \times 10^{-22} \text{ J}$$

$$2.51 \quad (a) \quad 652.46 \text{ nm} \quad \text{لہر طول کی دہلیز}$$

$$(b) \quad 4.598 \times 10^{14} \text{ s}^{-1} \quad \text{اشعاع کی توان دہلیز}$$

$$(c) \quad 9.29 \times 10^{-20} \text{ J} \quad \text{خارج شدہ فوٹو الیکٹران کی تھری توانائی، } 4.516 \times 10^5 \text{ ms}^{-1}, \text{ فوٹو الیکٹران کی چال، J}$$

$$2.53 \quad 4.48 \text{ eV}$$

$$2.54 \quad 7.6 \times 10^3 \text{ eV}$$

$$2.55 \quad \text{زیریں سرخ، 5}$$

$$2.56 \quad 434 \text{ nm}$$

$$2.57 \quad 455 \text{ pm}$$

2.58 9.89 ms^{-1}

2.59 332 pm

2.60 $1.51 \times 10^{-27} \text{ m}$

2.61 تعریف نہیں کی جاسکتی، کیونکہ حقیقی قدر، عدم یقینی سے کم ہے۔

2.62 $(v) < (ii) = (iv) < (vi) = (iii) < (i)$

2.63 $4p$

2.64 (i) $2s$ (ii) $4d$ (iii) $3p$

2.65 Si

2.66 (a) 3 (b) 2 (c) 6

(d) 4 (e) zero

2.67 16

اکائی 5

5.1 2.5 bar

5.2 0.8 bar

5.4 70 g/mol

5.5 $M_B = 4M_A$

5.6 203.2 mL

5.7 $8.314 \times 10^4 \text{ Pa}$

5.8 1.8 bar

5.9 3 g/dm^3

5.10 $1249.8 \text{ g mol}^{-1}$

5.11 $3/5$

5.12 50 K

5.13 4.2154×10^{23} ایکٹران

5.14 1.90956×10^6 سال

5.15 56.025 bar

5.16 3811.1 kg

5.17 5.05 L

5.18 40 g mol^{-1}

5.19 0.8 bar

اکائی 6

6.1 (ii)

6.2 (iii)

6.3 (ii)

6.4 (iii)

6.5 (i)

6.6 (iv)

6.7 $q = + 701 \text{ J}$ $w = - 394 \text{ J}$, (کیونکہ نظام کے ذریعے کام کیا گیا ہے) $\Delta U = 307 \text{ J}$ 6.8 $- 741.5 \text{ kJ}$ 6.9 1.067 kJ 6.10 $\Delta H = -5.65 \text{ kJ mol}^{-1}$ 6.11 $- 314.8 \text{ kJ}$ 6.12 $\Delta H = -778 \text{ kJ}$ 6.13 $- 46.2 \text{ kJ mol}^{-1}$ 6.14 $- 239 \text{ kJ mol}^{-1}$ 6.15 326 kJ mol^{-1} 6.16 $\Delta S > 0$ 6.17 200 K 6.18 ΔH منفی ہے (بند توانائی خارج ہوتی ہے) اور ΔS منفی ہے (سالموں کے مابین بے ترتیبی، ایٹموں کے مابین بے ترتیبی کے مقابلے میں کم ہے)6.19 0.164 kJ , یہ تعامل از خود (Spontaneous) ہونے والا نہیں ہے6.20 $-55.27 \text{ kJ mol}^{-1}$ 6.21 NO (گیس) غیر مستحکم ہے، لیکن NO_2 (گیس) کی تشکیل ہوتی ہے6.22 $q_{\text{surr}} = + 286 \text{ kJ mol}^{-1}$ $\Delta S_{\text{surr}} = 959.73 \text{ J K}^{-1}$

اکائی 7

7.2 12.229 7.3 2.67×10^4 7.5 (i) 4.33×10^{-4} (ii) 1.90

- 7.6 1.59×10^{-15}
- 7.8 $[N_2] = 0.0482 \text{ molL}^{-1}$, $[O_2] = 0.0933 \text{ molL}^{-1}$, $[N_2O] = 6.6 \times 10^{-21} \text{ molL}^{-1}$
- 7.9 NO کے 0.0355 مول اور Br_2 کے 0.0178 مول
- 7.10 $7.47 \times 10^{11} \text{ M}^{-1}$
- 7.11 4.0
- 7.12 $Q_c = 2.97 \times 10^3$ ، تعادل توازن کی حالت میں نہیں ہے۔
- 7.14 0.44
- 7.15 H_2 اور I_2 ہر ایک کے 0.068 مول فی لیٹر
- 7.16 $[I_2] = [Cl_2] = 0.167 \text{ M}$, $[ICl] = 0.446 \text{ M}$
- 7.17 $[C_2H_6]_{eq} = 3.2 \text{ atm}$
- 7.18 $[CH_3COOC_2H_5][H_2O] / [CH_3COOH][C_2H_5OH]$ (i) 7.18
- (ii) 3.92 (iii) Q_c کی قدر K_c سے کم ہے، اس لیے توازن حاصل نہیں ہوتا۔
- 7.19 0.02 mol L^{-1} (دونوں کے لیے)
- 7.20 $[P_{CO}] = 1.739 \text{ atm}$, $[P_{CO_2}] = 0.461 \text{ atm}$.
- 7.21 تعادل مزید ماحصلات تشکیل دینے کے لیے جاری رہتا ہے۔
- 7.22 $3 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$
- 7.23 0.149
- 7.24 a) -35.0 kJ , b) 1.365×10^6
- 7.27 $[P_{H_2}]_{eq} = [P_{Br_2}]_{eq} = 2.5 \times 10^{-2} \text{ bar}$, $[P_{HBr}] = 10.0 \text{ bar}$
- 7.30 b) 120.48
- 7.31 $[H_2]_{eq} = 0.96 \text{ bar}$
- 7.33 $2.86 \times 10^{-28} \text{ M}$
- 7.34 5.85×10^{-2}
- 7.35 NO_2^- , HCN , ClO_4^- , HF , H_2O , HCO_3^- , HS^-
- 7.36 BF_3 , H^+ , NH_4^+
- 7.37 F^- , HSO_4^- , CO_3^{2-}
- 7.38 NH_3 , NH_4^+ , $HCOOH$
- 7.41 2.42
- 7.42 $1.7 \times 10^{-4} \text{ M}$
- 7.43 $F^- = 1.5 \times 10^{-11}$, $HCOO^- = 5.6 \times 10^{-11}$, $CN^- = 2.08 \times 10^{-6}$
- 7.44 $10^{-8} = x$ سوڈیم فینو لیٹ میں $[Ni^{2+}] = 2.2 \times 10^{-6} = 4.47 \times 10^{-5}$
- 7.45 $[HS^-] = 9.54 \times 10^{-5}$, in 0.1M HCl $[HS^-] = 9.1 \times 10^{-8} \text{ M}$, $[S^{2-}] = 1.2 \times 10^{-13} \text{ M}$, in 0.1M HCl $[S^{2-}] = 1.09 \times 10^{-19} \text{ M}$
- 7.46 $[Ac^-] = 0.00093$, pH = 3.03

- 7.47 $[A^-] = 7.08 \times 10^{-5} M$, $K_a = 5.08 \times 10^{-7}$, $pK_a = 6.29$
- 7.48 a) 2.52 b) 11.70 c) 2.70 d) 11.30
- 7.49 a) 11.65 b) 12.21 c) 12.57 d) 1.87
- 7.50 $pH = 1.88$, $pK_a = 2.70$
- 7.51 $K_b = 1.6 \times 10^{-6}$, $pK_b = 5.8$
- 7.52 $\alpha = 6.53 \times 10^{-4}$, $K_a = 2.35 \times 10^{-5}$
- 7.53 a) 0.0018 b) 0.00018
- 7.54 $\alpha = 0.0054$
- 7.55 a) $1.48 \times 10^{-7} M$, b) 0.063 c) $4.17 \times 10^{-8} M$ d) 3.98×10^{-7}
- 7.56 a) $1.5 \times 10^{-7} M$, b) $10^{-5} M$, c) $6.31 \times 10^{-5} M$ d) $6.31 \times 10^{-3} M$
- 7.57 $[K^+] = [OH^-] = 0.05 M$, $[H^+] = 2.0 \times 10^{-13} M$
- 7.58 $[Sr^{2+}] = 0.1581 M$, $[OH^-] = 0.3162 M$, $pH = 13.50$
- 7.59 $HCl, 0.01 M: \alpha = 1.63 \times 10^{-2}$, $pH = 3.09$. $\alpha = 1.32 \times 10^{-3}$ کی موجودگی میں
- 7.60 $K_a = 2.09 \times 10^{-4}$ آئین کا درجہ $= 0.0457$
- 7.61 $pH = 7.97$. pH آب پاشیدگی کا درجہ $= 2.36 \times 10^{-5}$
- 7.62 $K_b = 1.5 \times 10^{-9}$
- 7.63 $NaCl, KBr$ تعدیلی محلول ہیں، $NH_4NO_3, KF, NaCN, NaNO_2$: اساسی محلول ہیں۔
- 7.64 (a) pH تیزاب محلول کی $= 1.94$ (b) اس کے نمک محلول کی $pH = 2.87$
- 7.65 $pH = 6.78$
- 7.66 a) 11.6 b) 7.00 c) 1.3
- 7.67 سلور کرومیٹ $S = 0.65 \times 10^{-4} M$; $Ag^+ = 1.30 \times 10^{-4} M$ کی مولاریت
 $CrO_4^{2-} = 0.65 \times 10^{-4} M$ کی مولاریت؛ $S = 1.1 \times 10^{-5} M$ کی مولاریت؛
 $S = 1.39 \times 10^{-10} M$; فیرک ہائڈروآکسائیڈ، Ba^{2+} اور CrO_4^{2-} دونوں میں سے ہر ایک کی مولاریت ہے: $1.1 \times 10^{-5} M$
 $Fe^{3+} = 1.39 \times 10^{-10} M$ کی مولاریت؛ $[OH^-] = 4.17 \times 10^{-10} M$ کی مولاریت
 $Pb^{2+} = 1.59 \times 10^{-2} M$ کی مولاریت؛ $S = 1.59 \times 10^{-2} M$ لیڈ کلورائیڈ
 $S = 2.24 \times 10^{-10} M$ مرکبوریس آؤڈائیڈ؛ $Cl^- = 3.18 \times 10^{-2} M$ کی مولاریت
 $I^- = 4.48 \times 10^{-10} M$ کی مولاریت and $Hg_2^{2+} = 2.24 \times 10^{-10} M$ کی مولاریت
- 7.68 سلور کرومیٹ مقابلتاً زیادہ حل پذیر ہے اور ان کی مولاریتوں کی نسبت ہے: 91.9
- 7.69 کوئی رسوب (Precipitate) رسوب نہیں
- 7.70 سلور بینزوائیٹ (Silver Benzoate) کم pH پر 3.317 گنا زیادہ حل پذیر ہے۔
- 7.71 محلول کی زیادہ سے زیادہ مولاریت $2.5 \times 10^{-9} M$ ہے۔
- 7.72 پانی کے 2.43 لیٹر
- 7.73 کیڈیم کلورائیڈ محلول میں ترسیب (Precipitation) ہوگی۔

انڈیکس

184	Bond dissociation energy (بندافزاتی توانائی)		A
115, 125, 184	Bond enthalpy (بندانتھالپی)	150	Absolute zero (مطلق صفر)
136	Bond length (بندشی لمبائی)	10	Accuracy (درستی صحت)
113	Bond order (باند آرڈر)	87	Actinide series (ایکٹینائیڈ سلسلہ)
186	Born-Haber cycle (بورن ہمبر سائیکل)	168	Adiabatic (ایڈیابیٹک)
60	Boundary surface diagrams (باؤنڈری سطح ڈائیگرام)		Alpha (α) particle scattering experiment
147	Boyle's law (بائل کا قانون)	84	(الفا ذرہ انتشار تجربہ)
158	Boyle point (نقطہ بائل)	92	Anion (این آئن)
158	Boyle temperature (بائل درجہ حرارت)	153	Aqueous tension (آبی تناؤ)
	Bronsted-Lowry acid and bases	222	Arrhenius acids and bases (آرہنیس تیزاب اور اساس)
222	(برانسٹڈ-لاری تیزاب اور اساس)	1, 3, 12	Atom (ایٹم)
236	Buffer solution (حاجب محلول)	14	Atomic mass (ایٹمی کمیت)
		15	Atomic mass unit (ایٹمی کمیت اکائی)
	C	33	Atomic models (ایٹمی ماڈل)
32	Cannal rays (کینال شعاعیں)	36	Atomic number (ایٹمی عدد)
30	Cathode rays (کیتھوڈ شعاعیں)	56	Atomic orbitals (ایٹمی ارنٹل)
30	Cathode ray tube (کیتھوڈ رے ٹیوب)	91, 93	Atomic radius (ایٹمی نصف قطر)
92	Cation (کیٹ آئن)	38	Atomic spectra (ایٹمی طیف)
149	Charles' law (چارلس کا قانون)	64	Aufbau principle (اوف باؤ کا اصول)
88	Chalcogens (چالکوجن)	15	Average atomic mass (اوسط ایٹمی کمیت)
201	Chemical equilibrium (کیمیائی توازن)	17	Avogadro constant (ایووگاڈرو مستقلہ)
4	Chemical properties (کیمیائی خصوصیات)	14, 147	Avogadro Law (ایووگاڈرو کلیہ)
99	Chemical reactivity (کیمیائی تعاملیت)	57	Azimuthal quantum number (سمت راسی کوآٹم نمبر)
153	Combined gas law (متحدہ گیس قانون)		
234	Common ion effect (مشترک آئن اثر)		B
3	Compound (مرکب)	47	Balmer series (بالر سلسلہ)
223	Conjugate acid-base pair (جفتی تیزاب اساس جوڑا)	6	Base physical quantities (اساسی طبیعی مقداریں)
45	Continuous spectrum (مسلط طیف)	47	Bohar Model of Atom (ایٹم کا بوہر ماڈل)
108	Covalent bond (شریک گرفت بند)	48	Bohr radius (بوہر نصف قطر)
91	Covalent radius (شریک گرفت نصف قطر)	114	Bond angel (بندشی زاویہ)

88	(p-بلاک عناصر) Elements p-block	159	(فاصل دباؤ) Critical pressure
88	(f-بلاک عناصر) Elements f-block	159	(فاصل درجہ حرارت) Critical temperature
88	(s-بلاک عناصر) Elements s-block	159	(فاصل حجم) Critical volume
19	(ایمپیریکل فارمولہ) Empirical formula	167	(بند نظام) Closed system
45	(اخراجی طیف) Emission spectrum		
173	(اینٹھالپی) Enthalpy		D
	Enthalpy change during phase transformation	14,24	(ڈالٹن کا ایٹمی نظریہ) Dalton's Atomic theory
178	(ہیئت تبدیلی کے دوران اینٹھالپی تبدیلی)		Dalton's law of partial pressure
184	(ایٹومائزیشن کی اینٹھالپی) Enthalpy of atomization	153	(ڈالٹن کا جزوی دباؤ کا کلیہ)
183	(احتراق کی اینٹھالپی) Enthalpy of combustion	7	(کثافت) Density
185	(محلول کی اینٹھالپی) Enthalpy of solution	36	(ڈیوٹیریم) Deuterium
189	(اینٹروپی) Entropy		Deviation from ideal gas behaviour
153	(حالت کی مساوات) Equation of state	156	(آئیڈیل گیس طرز عمل سے انحراف)
206	(توازن مستقلہ) Equilibrium constant	99	(وتری تعلق) Diagonal relationship
206	(توازن مساوات) Equilibrium equation	15	(دو ایٹمی سالمات) Diatomic molecules
199	(توازن آمیزہ) Equilibrium mixture	10	(ابعادی تجزیہ) Dimensional analysis
160	(توازن بخاراتی دباؤ) Equilibrium vapour pressure	117	(ڈائپول مومنٹ) Dipole moment
68	(مبادلہ توانائی) Exchange energy	145	(ڈائپول-ڈائپول) Dipole-dipole force
62	(ایٹم کی مشتعل حالت) Excited state of atom		Dipole induced dipole forces
175	(وسیع خصوصیت) Extensive property	145	(ڈائپول امالی ڈائپول قوتیں)
		145	(انتشاری قوت) Dispersion force
	F	51	(مادہ کا دوہرا طرز عمل) Dual behaviour of matter
	(فاجان کا قانون) Fajan's rule	192	(حرکیاتی توازن) Dynamic equilibrium
170	(حرکیات کا پہلا قانون) First law of thermodynamics		
110	(فارمل چارج) Formal charge		E
16	(فارمولہ کمیت) Formula mass	62	(مؤثر نیوکلیائی چارج) Effective nuclear charge
		30	(الیکٹران) Electron
	G	3	(عنصر) Element
2	(گیس) Gas	96	(برقی منفیت) Electronegativity
147	(گیس کے قوانین) Gas laws	95,101	(الیکٹران گین اینٹھالپی) Electron gain enthalpy
	Gay-Lussac's law of gaseous volume	38	(برق مقناطیسی اشعاع) Electromagnetic radiations
12	(گیسی حجم کے لیے گیلوسک کا قانون)	38	(برق مقناطیسی طیف) Electromagnetic spectrum
	Gay-Lussac's law, pressure temperature	65,86	(الیکٹران فی شکل) Electronic configuration
151	(گیلوسک کا قانون، دباؤ درجہ حرارت تعلق) relationship	88	(d-بلاک عناصر) Elements d-block

36	Isotopes (آئسوٹوپ)	191,192	Gibbs energy (گیسی توانائی)
92	Isoelectronic species (ہم الیکٹرونی انواع)	62	Ground state of atom (ایٹم کی گراؤنڈ اسٹیٹ)
K		H	
149	Kelvin temperature scale (کیلون درجہ حرارت پیمانہ)	88	Halogens (ہیلوجن)
107	Kössel – Lewis approach (کوسیل – لیوئس نظریہ)		Heisenberg's uncertainty principle (ہائزنبرگ کا عدم یقینی اصول)
		52	
		182	Hess's law (ہیس کا قانون)
113,186	Lattice enthalpy (لیٹس اینتھالپی)	211	Heterogeneous equilibria (غیر متجانس توازن)
88	Lanthanide series (لیتھینائیڈ سلسلہ)	208	Homogeneous equilibria (متجانس توازن)
206	Law of chemical equilibrium (کیمیائی توازن کا قانون)		Hund's rule of maximum multiplicity (ازحد تضاعف کا ہند کا قانون)
12	Law of conservation of mass (کمیت کی بقا کا قانون)	65	
12	Law of definite proportion (مستقل تناسب کا قانون)	127	Hybridisation (مخلوطیت)
12	Law of multiple proportions (ضعفی تناسب کا قانون)	138	Hydrogen bonding (ہائیڈروجن بندش)
79	Law of Octaves (آکٹیٹ کلیہ)	46	Hydrogen spectrum (ہائیڈروجن طیف)
79	Law of Triads (ٹرائڈ کلیہ)	222	Hydronium ion (ہائیڈرونیم آئن)
217	Le Chatelier's principle (لے چٹیلیر کا اصول)		
108	Lewis dot structure (لیوئس ڈاٹ ساخت)		
107	Lewis symbols (لیوئس علامات)	152	Ideal gas equation (آئیڈیل گیس مساوات)
224	Lewis acids and bases (لیوئس تیزاب اور اساس)	144	Intermolecular forces (بین سالماتی قوتیں)
21	Limiting reagent (محدودی عامل)	168	Internal energy (داخلی توانائی)
45	Line spectrum (خطی طیف)	175	Intensive property (شدید خاصیت)
	Linear combination of atomic orbitals (LCAO)	112	Ionic bond (آینی بند)
132	(ایٹی اریٹل کا خطی اتحاد (LCAO))	226	Ionic product of water (پانی کا آینی ماحصل)
145	London force (لندن قوت)	200,220	Ionic equilibrium (آینی توازن)
2	Liquid (رقت)	92	Ionic radius (آینی نصف قطر)
160	Liquid state (رقت حالت)	226,228	Ionization constant (آیونائزیشن مستقلہ)
158	Liquifaction of gases (گیسوں کی اماعت)	93	Ionization enthalpy (آیونائزیشن/ اینتھالپی)
200	Liquid – vapour equilibrium (رقت – بخاراتی توازن)		Ionization of acids and bases (تیزاب اور اساس کا آیونائزیشن)
		233	
		151	Isobar (آئسو بار)
6	Mass (کمیت)	151	Isocore (آئسو کور)
36	Mass number (کمیتی عدد)	167	Isolated system (منفرد نظام)
22	Mass per cent (کمیت فی صد)	148	Isotherm (آئسو تھرم)

	O	2	Matter (مادہ)
108	Octet rule (آکٹٹ کلیہ)		Magnetic orbital quantum number
167	Open system (کھلا نظام)	58	(مقناطیسی اوربٹل کو انٹم نمبر)
35	Orbit (اربت)	6	Measurement, English system (پیمائش، انگلش نظام)
58,86	Orbitals (اربتل)	6	Measurement, Metric system (پیمائش، میٹرک نظام)
125	Orbital overlap (اربتل اوورلیپ)	6	Measurement, Volume (پیمائش، حجم)
97	Oxidation state (تکسیدی حالت)	83	Mendeleev's periodic law (مینڈلیف کا دوری کلیہ)
	P	90	Metals (دھاتیں)
40	Particle nature (ذرے کی فطرت)	91	Metallic radius (دھاتی نصف قطر)
64	Pauli's exclusion principle (پالی کا اصول استثنیٰ)	190	Metalloids (دھتوزت)
17	Percentage composition (فی صد ترکیب)	178	Molar enthalpy of fusion (گداخت کی مولر اینتھالپی)
83	Periodic groups (دوری گروپ)	178	Molar enthalpy of vaporization (تبخیر کی مولر اینتھالپی)
83	Periodic table long form (دوری جدول طویل شکل)	1,3,14	Molecule (ساملہ)
83	Periodic table periods (دوری جدول ادوار)	20	Molality (مولالیت)
97	Periodicity of valence (گرفت کی دوریت)	20	Molarity (مولاریت)
40	Planck's quantum theory (پلانک کا کو انٹم نظریہ)	16	Mole (مول)
226	pH scale (pH اسکیل)	22	Mole fraction (مول کسر)
41	Photoelectric effect (ضیا برقی اثر)	3	Mixture (آمیزہ)
4	Physical properties (طبیعی خصوصیات)	3	Mixture homogeneous (آمیزہ متجانس)
127	pi bond (پی بانڈ)	3	Mixture heterogeneous (آمیزہ غیر متجانس)
14,184	Polyatomic molecules (کثیر ایٹمی سالمات)	83	Modern periodic law (جدید دوری کلیہ)
10	Precision (دقیق پیمائش)	15	Molecular mass (سالماتی کمیت)
48,56	Principal quantum number (پرنسپل کو انٹم نمبر)	17	Molar mass (مولر کمیت)
32	Proton (پروٹان)	8	Molecular formula (سالماتی فارمولہ)
36	Protium (پروٹیم)	132	Molecular orbital theory (مولیکیولر اوربٹل نظریہ)
3	Pure substance (خالص شے)		N
	Q	7	National standards of measurements (پیمائشوں کے قومی معیار)
40	Quantum (کو انٹم)	32	Neutron (نیوٹران)
55	Quantum mechanics (کو انٹم میکانیٹ)	88	Noble gases (نوبل گیسز)
	R	60	Nodes (نڈ)
34	Radioactive elements (تابکار عناصر)	90	Non-metals (غیر دھاتیں)
34	Radioactivity (تابکاری)	36	Nucleons (نیوکلیان)
		35	Nucleus (نیوکلیس)

151	(معیاری محصور درجہ حرارت اور دباؤ)	213	Reaction quotient (تفاعل خارج قسمت)
	Standard enthalpy of combustion	9	Reference standard (حوالہ معیار)
183	(احتراق کی معیاری اینتھالپی)	88	Representative elements (نمائندہ عناصر)
	Standard enthalpy of formation	115	Resonance structures (گمگ ساختیں)
182	(تشکیل کی معیاری اینتھالپی)	34	Rutherford model of atom (ایٹم کا ردرفورڈ ماڈل)
168	State functions (حالت تفاعل)	49	Rydberg constant (رڈبرگ مستقلہ)
168	State variables (حالت متغیرات)		
19	Stoichiometry (تناسب پیمائی)		S
30	Subatomic particles (ذیلی ایٹمی ذرات)	9	Scientific notation (سائنسی ترسیم)
57	Sublevel (سب لیول)	56	Schrödinger wave equation (شرودنگر مساوات)
57	Subshell (ذیلی شیل)	94	Screening effect (حجاب اثر)
161	Surface tension (سطحی تناؤ)	90	Semi-metals (نیم دھاتیں)
167	Surroundings (اطراف)	86	Shell (شیل)
167	System (نظام)	94	Shielding effect (ڈھال اثر)
		63	Shielding of electrons (الیکٹرانوں کا حجاب)
	T	126	Sigma bond (سگما بانڈ)
7	Temperature scales (درجہ حرارت پیمانہ)	11	Significant figures (بامعنی ہندسے)
146	Thermal energy (حرارتی توانائی)	6	SI base units (SI اساس اکائیاں)
145	Thermal interactions (حرارتی باہمی عمل)	7	SI unit of density (SI کثافت کی اکائی)
182	Thermochemical equations (حرارتی کیمیائی مساوات)	6	SI system of units (SI اکائیوں کا نظام)
149	Thermodynamic scale (حرکیاتی پیمانہ)	6	SI system prefixes (SI نظام کے سابلے)
162	Thermodynamic state (حرکیاتی حالت)	7	SI unit of mass (کمیت کی SI اکائی)
33	Thomson model (تھامسن ماڈل)	7	SI unit of temperature (درجہ حرارت کی SI اکائی)
41	Threshold frequency (دہلیز فریکوئنسی)	7	SI unit of volume (حجم کی SI اکائی)
86	Transition series (عبوری سلسلہ)	2	Solid (ٹھوس)
36	Tritium (ٹرائیٹیم)	201	Solid - gas equilibrium (ٹھوس بخارات توازن)
		200	Solid - liquid equilibrium (ٹھوس رقیق توازن)
	U	237	Solubility product constant (حل پذیری ماحصل مستقلہ)
15	Unified mass (متحدہ کمیت)	45	Spectroscopy (طیف پیمائی)
152	Universal gas constant (آفاقی گیس مستقلہ)	45	Spectrum (طیف)
		39	Speed of light (روشنی کی چال)
	V	69	Spin quantum number (اسپن کوآٹم نمبر)
120	Valance bond theory (گرفت بند نظریہ)	189	Spontaneous process (از خود کاری عمل)
66	Valence electron (گرفت الیکٹران)		Standard ambient temperature and pressure

118	VSEPR theory (VSEPR نظریہ)	163	van der Waals forces (ونڈروالز قوتیں)
	W	160	Vapour pressure (بخاراتی دباؤ)
39	Wavenumber (لہر عدد)	162	Viscosity (لزوجیت)
6	Weight (وزن)	39	Visible light (مرئی روشنی)

© NCERT
not to be republished