B2D3B5

യൂണിറ്റ് 7

സന്തുലനം

ലക്ഷ്യങ്ങൾ

ഈ യൂണിറ്റ് പഠിക്കുന്നതിലൂടെ

- ഭൗതിക - രാസ പ്രക്രിയകളിൽ ഉൾപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന സന്തുലനത്തിന്റെ ഗതിക സ്വഭാവം കണ്ടെത്താൻ കഴിയും.
- സന്തുലന നിയമം പ്രസ്താവിക്കാൻ കഴിയും.
- ഭൗതിക-രാസ പ്രക്രിയകളിൽ ഉൾപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന സന്തുലനങ്ങളുടെ സവിശേഷതകൾ വിശദീകരിക്കാൻ സാധിക്കും.
- സന്തുലന സ്ഥിരാങ്കങ്ങൾക്കുള്ള സമവാക്യം എഴുതാൻ കഴിയും.
- K_p യും Kc യും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം സ്ഥാപിക്കാൻ കഴിയും.
- ഒരു രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലനാവസ്ഥയെ സ്വാധീനിക്കുന്ന വ്യത്യസ്ത ഘടകങ്ങൾ വിശദീകരിക്കാൻ കഴിയുന്നു.
- അറീനിയസ്, ബ്രോൺസ്റ്റഡ് - ലൗറി, ലൂയിസ് സങ്കൽപനങ്ങൾ പ്രകാരം പദാർത്ഥങ്ങളെ അമ്ലങ്ങൾ അല്ലെങ്കിൽ ക്ഷാരങ്ങളായി വർഗീകരിക്കാൻ കഴിയുന്നു.
- അയോണിക സ്ഥിരാങ്കങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അമ്ലങ്ങളേയും ക്ഷാരങ്ങളേയും പ്രബലമെന്നും ദുർബലമെന്നും വർഗീകരിക്കാൻ കഴിയുന്നു.
- ഒരു ഇലക്ട്രോലൈറ്റിന്റെ അയോണീകരണതോത് ആ ഇലക്ട്രോലൈറ്റ്, പൊതു അയോൺ എന്നിവയുടെ ഗാഢതയെ എപ്രകാരം ആശ്രയിക്കുന്നുവെന്ന് വിശദീകരിക്കാൻ കഴിയും.
- ഹൈഡ്രജൻ അയോൺ ഗാഢതയെ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്ന pH തോത് വിവരിക്കാൻ കഴിയും.
- ജലത്തിന്റെ അയോണീകരണം, അമ്ലമായും ക്ഷാരമായും പ്രവർത്തിക്കാൻ കഴിയുന്ന അതിന്റെ ദ്വന്ദ സ്വഭാവം എന്നിവ വിശദീകരിക്കാൻ കഴിയും.
- ജലത്തിന്റെ അയോണികഗുണനഫലം K_w, pK_w എന്നിവ വിവരിക്കാൻ സാധിക്കുന്നു.
- ബഫർ ലായനിയുടെ ഉപയോഗം വിവേചിച്ചറിയാൻ സാധിക്കും.
- ലേയത്വ ഗുണനഫല സ്ഥിരാങ്കം കണക്കാക്കാനാകുന്നു.

നിരവധി ജൈവ- പാരിസ്ഥിതികപ്രക്രിയകളിൽ രാസസന്തുലനങ്ങൾക്ക് പ്രാധാന്യമുണ്ട്. ഉദാഹരണമായി, ഓക്സിജൻ തന്മാത്രകളും ഹീമോഗ്ലോബിനും ഉൾപ്പെട്ട സന്തുലനാവസ്ഥകൾ ശ്വാസകോശത്തിൽ നിന്ന് ഓക്സിജനെ പേശികളിലേക്ക് വിതരണം നടത്തുന്നതിന് വളരെ നിർണായകപങ്ക് വഹിക്കുന്നു. CO - തന്മാത്രകളും ഹീമോഗ്ലോബിനും ഉൾപ്പെട്ട സന്തുലനാവസ്ഥയാണ് CO - യുടെ വിഷലിപ്തതയ്ക്ക് കാരണം.

ഒരു അടച്ച പാത്രത്തിലുള്ള ദ്രാവകം ബാഷ്പീകരിക്കപ്പെടുമ്പോൾ, താരതമ്യേന ഉയർന്ന ഗതികോർജമുള്ള തന്മാത്രകൾ ദ്രാവകോപരിതലത്തിൽ നിന്ന് വാതകാവസ്ഥയിലേക്ക് കടക്കുകയും, വാതകാവസ്ഥയിൽ നിന്ന് ദ്രാവകോപരിതലത്തിലേക്ക് വന്നിടിക്കുന്ന ദ്രാവകതന്മാത്രകൾ ദ്രാവകാവസ്ഥയിൽ തന്നെ നിലനിർത്തപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. തുടർന്ന്, ദ്രാവകാവസ്ഥയിൽ നിന്ന് വിട്ടുപോകുന്നതും ദ്രാവകാവസ്ഥയിലേക്ക് തിരിച്ചുവരുന്നതും ആയ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം തുല്യമാകുകയും അതിന്റെ ഫലമായി സ്ഥിരബാഷ്പമർദം ഉടലെടുക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ അവസ്ഥയിൽ വ്യൂഹം **സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ** എത്തിച്ചേർന്നതായി പറയാം. ഈ അവസ്ഥ നിശ്ചലമല്ലെന്നു മാത്രമല്ല ധാരാളം പ്രവർത്തനങ്ങൾ ദ്രാവക-ബാഷ്പാതിർത്തിയിൽ നടക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അതായത്, സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ ബാഷ്പീകരണത്തിന്റെ തോതും സാന്ദ്രീകരണത്തിന്റെ തോതും തുല്യമായിരിക്കും. അതിനെ ഇങ്ങനെ സൂചിപ്പിക്കാം:

$$H_2O (l) \rightleftharpoons H_2O (vap)$$

ഒരു ജോടി അർധശരചിഹ്നങ്ങളാൽ ഈ പ്രക്രിയകൾ ഇരുവശത്തേക്കും ഒരേ സമയം നടന്നുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതായി സൂചിപ്പിക്കുന്നു. സന്തുലനാവസ്ഥയിലുള്ള അഭികാരകത്തിന്റേയും ഉൽപ്പന്നത്തിന്റേയും മിശ്രിതത്തെ **സന്തുലനമിശ്രിതമെന്നു** വിളിക്കുന്നു.

ഭൗതികപ്രക്രിയകൾക്കും രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾക്കും സന്തുലനം കൈവരിക്കാൻ സാധിക്കും. അഭികാരങ്ങളുടെ സ്വഭാവം, പരീക്ഷണ സാഹചര്യങ്ങൾ എന്നിവയ്ക്കനുസരിച്ച് രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ വേഗത്തിലോ മന്ദഗതിയിലോ നടക്കാം. നിശ്ചിത താപനിലയിൽ ഒരു അടഞ്ഞ പാത്രത്തിൽ അഭികാരകങ്ങൾ പ്രവർത്തിച്ച് ഉൽപ്പന്നങ്ങളാകുമ്പോൾ, കുറച്ച് സമയത്തേക്ക് അഭികാരകങ്ങളുടെ ഗാഢത കുറയുകയും ഉത്പന്നങ്ങളുടെ ഗാഢത വർധിക്കുകയും അതിനുശേഷം അഭികാരത്തിന്റേയും ഉൽപ്പന്നത്തിന്റേയും ഗാഢത മാറ്റമില്ലാതെ തുടരുകയും ചെയ്യുന്നു. വ്യൂഹ

ത്തിന്റെ ഈ അവസ്ഥയാണ് **ഗതികസന്തുലനം (dynamic equilibrium)** അവിടെ പുരോ - പശ്ചാത് പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ നിരക്ക് തുല്യമായിരിക്കും. ഈ ഗതികസന്തുലനം മൂലമാണ് രാസമിശ്രിതത്തിലെ വ്യത്യസ്ത ഘടകങ്ങളുടെ ഗാഢത മാറ്റമില്ലാതെ തുടരുന്നത്. സന്തുലനാവസ്ഥയിലെത്തുന്നതു വരെ രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ എത്രത്തോളം നടന്നു എന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ, അവയെ മൂന്നായി തിരിക്കാം.

(i) ഏകദേശം പൂർണതയിലേക്കെത്തിയതും നാമമാത്രഗാഢതയിൽ അഭികാരകങ്ങൾ അവശേഷിക്കുന്നതുമായ രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ. ഇത്തരത്തിലുള്ള രാസപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ പരീക്ഷണത്തിലൂടെ അഭികാരകങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യം എല്ലായ്പ്പോഴും കണ്ടെത്താനാകണമെന്നില്ല.

(ii) സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ, വളരെക്കുറച്ചുമാത്രം ഉൽപ്പന്നങ്ങൾ കാണപ്പെടുകയും ഭൂരിഭാഗം അഭികാരകങ്ങളും മാറ്റമില്ലാതെ തുടരുന്നതുമായ തരം രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ.

(iii) സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ, ഏകദേശം ഒരേ ഗാഢതയിൽ ഉല്പന്നങ്ങളും അഭികാരകങ്ങളും കാണപ്പെടുന്ന തരം രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ.

സന്തുലനാവസ്ഥ പ്രാപിക്കുമ്പോഴേക്കും ഒരു രാസപ്രവർത്തനം എത്രമാത്രം സംഭവ്യമായി എന്നത്, പരീക്ഷണസാഹചര്യങ്ങളായ അഭികാരങ്ങളുടെ ഗാഢത, താപനില തുടങ്ങിയവയെ അടിസ്ഥാനമാക്കി വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു. പരീക്ഷണസാഹചര്യങ്ങൾ അനുയോജ്യമായ തരത്തിൽ നിയന്ത്രിക്കുക വഴി സന്തുലനാവസ്ഥയെ നാമാഗ്രഹിക്കുന്ന ഉൽപ്പന്നത്തിന്റെ ദിശയിലേക്ക് നയിക്കുക എന്നത് വ്യവസായത്തിലും പരീക്ഷണശാലകളിലും ഏറ്റവും പ്രാധാന്യം അർഹിക്കുന്ന കാര്യമാണ്. ഭൗതിക-രാസപ്രക്രിയകളുടെ സന്തുലനവും, ജലീയലായനികളിലെ അയോണുകൾ ഉൾപ്പെടുന്ന സന്തുലനവും (**അയോണികസന്തുലനം**) ഈ യൂണിറ്റിൽ പ്രതിപാദിക്കുന്നു.

7.1 ഭൗതികപ്രക്രിയകളിലെ സന്തുലനം

സന്തുലനാവസ്ഥയിലുള്ള ഒരു വ്യൂഹത്തിന്റെ സവിശേഷതകൾ നന്നായി മനസിലാക്കുന്നതിന് ചില ഭൗതിക പ്രക്രിയകൾ പരിശോധിച്ചാൽ മതി. ഇവയ്ക്ക് ഏറ്റവും പരിചിതമായ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്, **പ്രാവസ്ഥാപരിവർത്തനങ്ങൾ.** ഉദാ.

ഖരം	–	ദ്രാവകം
ദ്രാവകം	–	വാതകം
ഖരം	–	വാതകം

7.1.1 ഖര- ദ്രാവകസന്തുലനം

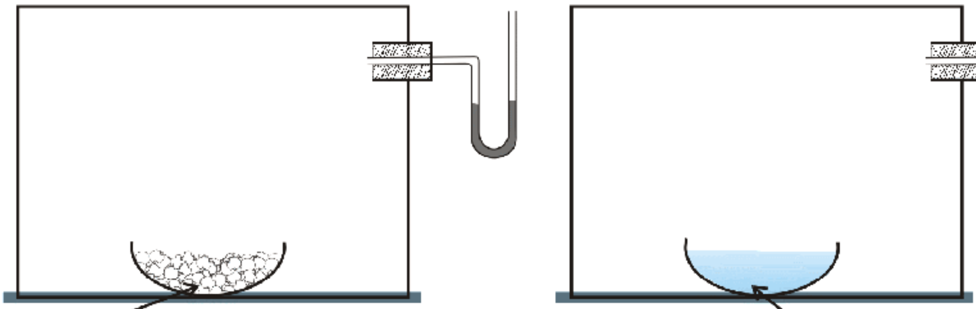
273 K താപനിലയിലും അന്തരീക്ഷമർദത്തിലും, തികച്ചും കുചാലകമായ തെർമോഫ്ളാസ്കിൽ (ഫ്ളാസ്കിനുള്ളിലുള്ള പദാർഥങ്ങളും ചുറ്റുപാടും തമ്മിൽ താപകൈമാറ്റം ഉണ്ടാകുന്നില്ല) എടുത്തിട്ടുള്ള ഐസും ജലവും സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ നിൽക്കുകയും ആ വ്യൂഹം ചില പ്രത്യേക സവിശേഷതകൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. സമയപുരോഗതിക്കനുസരിച്ച് ഐസിന്റേയും ജലത്തിന്റേയും മാസ് മാറാതെ നിൽക്കുകയും താപനില സ്ഥിരമായി നിലകൊള്ളുകയും ചെയ്യുന്നുവെന്ന് നിരീക്ഷിക്കാൻ സാധിക്കും. എന്നിരുന്നാലും സന്തുലനം നിശ്ചലമല്ല. ഐസ്- ജല അതിർത്തിയിൽ വർധിച്ചതോതിലുള്ള പ്രക്രിയകൾ നമുക്ക് നിരീക്ഷിക്കാൻ കഴിയും. ദ്രാവകജലതന്മാത്രകൾ ഐസുമായി കൂട്ടിയിടിക്കുകയും അതിലേക്ക് പറ്റിപ്പിടിക്കുകയും, ഐസിൽ നിന്ന് ചില തന്മാത്രകൾ ദ്രാവകാവസ്ഥയിലേക്ക് കടക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. തന്മാത്രകൾ ഐസിൽ നിന്ന് ദ്രാവകജലത്തിലേക്ക് കടക്കുന്നതിന്റെ നിരക്കും തിരിച്ച് ദ്രാവകജലത്തിൽ നിന്ന് ഐസിലേക്ക് കടക്കുന്നതിന്റെ നിരക്കും തുല്യമായതിനാൽ ഐസിന്റേയും ദ്രാവകജലത്തിന്റേയും മാസ്, 273 K ലും അന്തരീക്ഷ മർദത്തിലും മാറ്റമില്ലാതെ നിലകൊള്ളുന്നു.

ഐസും ജലവും ഒരു പ്രത്യേക താപനിലയിലും മർദത്തിലും മാത്രമാണ് സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ നിലനിൽക്കുന്നതെന്ന് വ്യക്തമാണ്. അന്തരീക്ഷമർദത്തിൽ ഏതൊരു ശുദ്ധപദാർഥത്തിന്റെയും ഖര-ദ്രാവകാവസ്ഥകൾ സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ നിലനിൽക്കുന്ന താപനിലയെ ആ പദാർഥത്തിന്റെ സാധാരണ ദ്രവണാങ്കമെന്നോ സാധാരണ ഖരാങ്കമെന്നോ വിളിക്കുന്നു. നിരീക്ഷണവിധേയമായ വ്യൂഹം ഇവിടെ ഒരു ഗതികസന്തുലനത്തിലാണ്. അതിനാൽ താഴെ പറയുന്ന കാര്യങ്ങൾ അനുമാനിക്കാം:

* രണ്ടു വിപരീതപ്രക്രിയകളും ഒരേ സമയം സംഭവിക്കുന്നു.
* രണ്ടുപ്രക്രിയകളും തുല്യനിരക്കിൽ നടക്കുന്നതിനാൽ ഐസിന്റെയും ജലത്തിന്റേയും അളവ് സ്ഥിരമായി നിൽക്കുന്നു.

7.1.2 ദ്രാവക-ബാഷ്പസന്തുലനം

ഒരു സുതാര്യമായ പെട്ടിയിൽ മെർക്കുറിയുൾക്കൊള്ളുന്ന U-ട്യൂബ് ഘടിപ്പിച്ച (മാനോമീറ്റർ) സംവിധാനത്തിന്റെ സഹായത്തോടെ നമുക്ക് ഈ സന്തുലനം കൂടുതൽ നന്നായി മനസിലാക്കാം. പെട്ടിയിൽ ശോഷകാരകമായ നിർജ്ജല കാൽസ്യം ക്ലോറൈഡ് (അല്ലെങ്കിൽ ഫോസ്ഫറസ് പെന്റോക്സൈഡ്) ഏതാനും മണിക്കൂർ വയ്ക്കുക. പെട്ടിയെ ഒരു വശത്തേക്ക് ചരിച്ചുകൊണ്ട് ശോഷകാരകത്തെ നീക്കിയശേഷം ഒരു വാച്ച് ഗ്ലാസിൽ എടുത്തിട്ടുള്ള ജലം പെട്ടെന്ന് പെട്ടിയ്ക്കുള്ളിലേക്ക് വയ്ക്കുന്നു. മാനോമീറ്ററിൽ മെർക്കുറിയുടെ തോത് സാവധാനം ഉയരുന്നതായും ഒരു സ്ഥിരമൂല്യത്തിലെത്തി നിൽക്കുന്നതായും നിരീക്ഷിക്കാൻ കഴിയും. അതായത്



ചിത്രം 7.1 സ്ഥിരോഷ്മാവിൽ ജലത്തിന്റെ സന്തുലനബാഷ്പമർദം അളക്കുന്നു.

പെട്ടിയ്ക്കുള്ളിലെ മർദം സാവധാനം ഉയർന്ന് ഒരു സ്ഥിര മൂല്യത്തിൽ എത്തിനിൽക്കുന്നു. വാച്ച് ഗ്ലാസിലുള്ള വെള്ളത്തിന്റെ വ്യാപ്തം കുറയുന്നതായും കാണാം (ചിത്രം 7.1). തുടക്കത്തിൽ പെട്ടിക്കുള്ളിൽ ജലബാഷ്പം ഒട്ടും തന്നെയില്ല. അല്ലെങ്കിൽ നന്നേകുറവായിരുന്നു. ജലം ബാഷ്പീകരിക്കപ്പെടുമ്പോൾ പെട്ടിയിലെ ജല തന്മാത്രകൾ വാതകാവസ്ഥയിലേക്ക് കടക്കുകയും പെട്ടിക്കുള്ളിലെ മർദം വർധിക്കുകയും ചെയ്തു.

ബാഷ്പീകരണത്തിന്റെ നിരക്ക് സ്ഥിരമായി നിൽക്കുന്നുവെങ്കിലും ബാഷ്പം ജലമായി ഘനീഭവിക്കുന്നതിനാൽ മർദവർധനവിന്റെ നിരക്ക് കുറയുന്നു. ആത്യന്തികമായി വ്യൂഹം സന്തുലനാവസ്ഥ പ്രാപിക്കുന്നത്, ഫലത്തിൽ യാതൊരുവിധ ബാഷ്പീകരണവും നടക്കാതെ വരുമ്പോളാണ്. ഇതിൽനിന്ന് സന്തുലനാവസ്ഥ എത്തിച്ചേരുന്നതുവരെ വാതകാവസ്ഥയിൽ നിന്ന് ദ്രാവകാവസ്ഥയിലേക്ക് കടക്കുന്ന ജലതന്മാത്രകളുടെയെണ്ണവും വർധിക്കുന്നതായി മനസിലാക്കാം. അതായത് സന്തുലത്തിൽ,

ബാഷ്പീകരണനിരക്ക് = സാന്ദ്രീകരണനിരക്ക്

$$H_2O(l) \rightleftharpoons H_2O\ (vap)$$

ഒരു നിശ്ചിത താപനിലയിൽ ദ്രാവകജലവുമായി സന്തുലനത്തിലുള്ള ജലബാഷ്പം ദ്രാവകോപരിതലത്തിൽ ചെലുത്തുന്ന മർദം സ്ഥിരമായി നിൽക്കുകയും അതിനെ ജലത്തിന്റെ സന്തുലനബാഷ്പമർദമെന്നോ അല്ലെങ്കിൽ ബാഷ്പമർദമെന്നു മാത്രമോ വിളിക്കുന്നു. താപനില വർധിക്കുന്നതിനുസരിച്ച് ജലത്തിന്റെ ബാഷ്പമർദം വർധിക്കുന്നു. മുകളിൽ പറഞ്ഞ പരീക്ഷണം മെഥനോൾ, അസെറ്റോൺ, ഈഥർ എന്നിവയുപയോഗിച്ച് ആവർത്തിച്ചാൽ ഒരേ താപനിലയിൽ വ്യത്യസ്ത ദ്രാവകങ്ങൾക്ക് വ്യത്യസ്ത സന്തുലനബാഷ്പമർദമാണെന്നും ഉയർന്ന ബാഷ്പമർദമുള്ള ദ്രാവകം കൂടുതൽ ബാഷ്പശീലമുള്ളതാണെന്നും അതിനാൽ കുറഞ്ഞ തിളനിലയുള്ളതായിരിക്കുമെന്നും മനസിലാക്കാം.

മൂന്ന് വാച്ച് ഗ്ലാസുകളിലായി ഒരു മില്ലീലിറ്റർ വീതം അസെറ്റോൺ, എഥനോൾ, ജലം എന്നിവ തുറന്നു വയ്ക്കുക. ഇതേ പരീക്ഷണം തന്നെ ദ്രാവകങ്ങളുടെ വ്യത്യസ്ത വ്യാപ്തങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് ചൂടുകൂടിയ മുറിയിൽ നടത്തുക. ഈ രണ്ടു സാഹചര്യങ്ങളിലും ദ്രാവകം പൂർണമായി ബാഷ്പീകരിക്കപ്പെടുന്നതും, പൂർണ ബാഷ്പീകരണത്തിനെടുക്കുന്ന സമയവും താഴെ പറയുന്ന കാര്യങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നുവെന്ന് മനസിലാക്കാം. (i) ദ്രാവകത്തിന്റെ സ്വഭാവം (ii) ദ്രാവകത്തിന്റെ അളവ് (iii) താപനില. വാച്ച് ഗ്ലാസ് അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് തുറന്ന് വെയ്ക്കുമ്പോൾ ബാഷ്പീകരണനിരക്ക് സ്ഥിരമായിരിക്കുന്നു. എന്നാൽ, തന്മാത്രകൾ മുറിയുടെ വലിയ വ്യാപ്തത്തിലേക്ക് വ്യാപിക്കപ്പെടുന്നു. അതിന്റെ പരിണിതഫലമായി ബാഷ്പത്തിൽ നിന്ന് ദ്രാവകത്തിലേക്കുള്ള സാന്ദ്രീകരണനിരക്ക് ബാഷ്പീകരണനിരക്കിനേക്കാൾ വളരെ കുറവായിരിക്കും. ഇതു തുറന്ന വ്യൂഹങ്ങളാണ്. ഇത്തരം തുറന്ന വ്യൂഹങ്ങളിൽ സന്തുലനം സാധ്യമല്ല.

അന്തരീക്ഷമർദത്തിലും (1.013 ബാർ), 100°C താപനിലയിലും ഒരു സംവൃതവ്യൂഹത്തിൽ ഉൾക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ജലവും ജലബാഷ്പവും സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ നിലനിൽക്കുന്നു. 1.013 ബാർ മർദത്തിൽ ജലത്തിന്റെ തിളനില 100°C ആണ്. അന്തരീക്ഷമർദത്തിൽ (1.013 ബാർ) ഏതൊരു ശുദ്ധദ്രാവകത്തിന്റേയും സന്തുലന ബാഷ്പമർദം അന്തരീക്ഷമർദത്തിന് തുല്യമാകുന്ന താപനിലയെ ദ്രാവകത്തിന്റെ സാധാരണ തിളനില യെന്നു വിളിക്കുന്നു. തിളനില ബാഹ്യമർദത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു ദ്രാവകത്തിന്റെ തിളനില സ്ഥലത്തിന്റെ ഉയരത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. അതായത് ഉയർന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ തിളനില കുറവായിരിക്കും.

7.1.3 ഖര – ബാഷ്പസന്തുലനം

ഖരപദാർഥങ്ങൾ ഉത്പതനത്തിലൂടെ ബാഷ്പാവസ്ഥയിലേക്ക് മാറുന്ന വ്യൂഹങ്ങൾ പരിഗണിക്കാം. ഖര അയോഡിനെ ഒരു അടഞ്ഞ പാത്രത്തിൽ വച്ചാൽ, പാത്രം മുഴുവൻ അല്പസമയത്തിനകം വയലറ്റ് ബാഷ്പത്താൽ നിറയുകയും സമയം പുരോഗമിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് നിറ

ത്തിന്റെ തീവ്രത വർധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. കുറച്ച് സമയത്തിനുശേഷം നിറത്തിന്റെ തീവ്രത സ്ഥിരമായി നിൽക്കുകയും ഈ അവസ്ഥയിൽ സന്തുലനത്തിലെത്തിയെന്ന് മനസിലാക്കുകയും ചെയ്യാം. ഈ അവസ്ഥയിൽ ഖര അയോഡിൻ ഉത്പതനത്തിലൂടെ അയോഡിൻ ബാഷ്പവും, അയോഡിൻ ബാഷ്പം സാന്ദ്രീകരണത്തിലൂടെ ഖര അയോഡിനും ഒരേ നിരക്കിൽ നൽകുന്നു. ഈ സന്തുലനം ഇങ്ങനെ ചിത്രീകരിക്കാം:

I_2(ഖരം) $\rightleftharpoons$ I_2 (ബാഷ്പം)

ഇത്തരം സന്തുലനങ്ങൾക്കുള്ള മറ്റുദാഹരണങ്ങൾ ചുവടെ ചേർക്കുന്നു.

കർപ്പൂരം (ഖരം) $\rightleftharpoons$ കർപ്പൂരം (ബാഷ്പം)

NH_4Cl (ഖരം) $\rightleftharpoons$ NH_4Cl (ബാഷ്പം)

7.1.4 ഖരങ്ങളോ വാതകങ്ങളോ, ദ്രാവകത്തിൽ ലയിക്കുമ്പോൾ രൂപപ്പെടുന്ന സന്തുലനങ്ങൾ

ഖരങ്ങൾ ദ്രാവകങ്ങളിൽ ലയിക്കുമ്പോഴുള്ള സന്തുലനം

സാധാരണ താപനിലയിൽ ഒരു നിശ്ചിത അളവ് ജലത്തിൽ ലയിപ്പിക്കാൻ കഴിയുന്ന ഉപ്പിന്റെയോ പഞ്ചസാരയുടെയോ അളവ് പരിമിതമാണെന്നു നമുക്കറിയാം. പഞ്ചസാര ലയിപ്പിച്ച് കട്ടിയുള്ള പഞ്ചസാരപ്പാവ് ലായനി ഉയർന്ന താപനിലയിൽ നിർമിച്ചാൽ, അത് സാധാരണ താപനിലയിലേക്ക് തണുപ്പിച്ച് കൊണ്ടുവരുമ്പോൾ പഞ്ചസാരപ്പരലുകൾ വേർതിരിയുന്നതായി കാണാം. ഒരു നിശ്ചിതതാപനിലയിൽ, ലീനം വീണ്ടും ലയിക്കാത്ത ലായനിയെ പൂരിതലായനിയെന്നു വിളിക്കുന്നു. പൂരിത ലായനിയിലുള്ള ലീനത്തിന്റെ ഗാഢത താപനിലയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു പൂരിതലായനിയിൽ, ഖരാവസ്ഥയിലുള്ളതും ലായനിയിലുള്ളതുമായ ലീനതന്മാത്രകൾ ഒരു ഗതികസന്തുലനത്തിൽ നിലനിൽക്കുന്നു.

പഞ്ചസാര (ലായനി) $\rightleftharpoons$ പഞ്ചസാര (ഖരം). ഇവിടെ,

ലയനപ്രക്രിയയുടെ നിരക്ക് = ക്രിസ്റ്റലീകരണത്തിന്റെ നിരക്ക്

നിരക്കുകളിലെ തുല്യതയും, സന്തുലനത്തിന്റെ ഗതികസ്വഭാവവും റേഡിയോആക്റ്റീവ് പഞ്ചസാരയുടെ സഹായത്തോടുകൂടി സ്ഥിരീകരിച്ചിട്ടുണ്ട്. റേഡിയോആക്റ്റീവതയില്ലാത്ത പഞ്ചസാരയുടെ പൂരിതലായനിയിലേക്ക് അൽപ്പം റേഡിയോ ആക്റ്റീവ് പഞ്ചസാരയിട്ടാൽ, കുറച്ചുസമയത്തിനുശേഷം ലായനിയിലും ഖര പഞ്ചസാരയിലും നമുക്ക് റേഡിയോ ആക്റ്റീവത ദർശിക്കാം. ആരംഭത്തിൽ ലായനിയിൽ റേഡിയോ ആക്റ്റീവായ പഞ്ചസാരയില്ല. പക്ഷെ സന്തുലനത്തിന്റെ ഗതികസ്വഭാവം മൂലം റേഡിയോആക്റ്റീവതയുള്ളതും അല്ലാത്തതുമായ പഞ്ചസാരയുടെ തന്മാത്രകൾ രണ്ടവസ്ഥയ്ക്കുമിടയിൽ കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. റേഡിയോആക്റ്റീവതയുള്ളതും അല്ലാത്തതുമായ തന്മാത്രകളുടെ ലായനിയിലുള്ള അനുപാതം വർധിച്ചുവരുകയും ഒരു സ്ഥിരമൂല്യത്തിലെത്തി നിർക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

വാതകങ്ങൾ ദ്രാവകത്തിൽ ലയിക്കുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന സന്തുലനം

ഒരു സോഡാക്കുപ്പി തുറക്കുമ്പോൾ, അതിൽ ലയിച്ചിട്ടുള്ള കുറച്ചു കാർബൺഡൈഓക്സൈഡ് തന്മാത്രകൾ നുരഞ്ഞുപൊങ്ങി പുറത്തേക്ക് പോകുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസത്തിനു കാരണം വ്യത്യസ്ത മർദങ്ങളിൽ കാർബൺഡൈഓക്സൈഡിന്റെ ലേയത്വത്തിലുള്ള വ്യത്യാസമാണ്. ഒരു നിശ്ചിതതാപനിലയിൽ, വാതകാവസ്ഥയിലുള്ള തന്മാത്രകളും മർദത്തിന്റെ ഫലമായി ലായനിയിൽ ലയിച്ചിട്ടുള്ള തന്മാത്രകളും സന്തുലനത്തിൽ നിൽക്കുന്നു. അതായത്,

CO_2(വാതകം) $\rightleftharpoons$ CO_2(ലായനി)

ഈ സന്തുലനം, ഹെൻറി നിയമം അനുസരിക്കുന്നു. ഈ നിയമപ്രകാരം, ഏത് താപനിലയിലും ഒരു നിശ്ചിത മാസ് ലായകത്തിൽ ലയിച്ചിട്ടുള്ള വാതകത്തിന്റെ മാസ് ലായകത്തിന്റെ മുകളിലനുഭവപ്പെടുന്ന വാതകത്തിന്റെ മർദത്തിന് ആനുപാതികമാണ്. താപനില വർധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് ഈ അളവിന് കുറവുണ്ടാകുന്നു. സോഡാജലം അടങ്ങിയ കുപ്പി ഉയർന്ന മർദത്തിൽ അടയ്ക്കുമ്പോൾ ജലത്തിലുള്ള CO_2 - ന്റെ ലേയത്വം കൂടുതലായിരിക്കും. കുപ്പി തുറന്നാലുടൻ തന്നെ ലയിച്ചുചേർന്നിട്ടുള്ള കുറച്ച് കാർബൺഡയോക്സൈഡ് വാതകം സ്വതന്ത്രമാവുകയും കുറഞ്ഞ മർദത്തിനനുയോജ്യമായ (അതായത് അന്തരീക്ഷത്തിലുള്ള CO_2 -ന്റെ ഭാഗികമർദം) ഒരു പുതിയ സന്തുലനാവസ്ഥയിലേക്ക് എത്തിപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായാണ് കുറച്ചുനേരം വായുവിലേക്ക് തുറന്നുവെച്ചിരിക്കുന്ന സോഡാജലം സാധാരണ ജലം പോലെ കാണപ്പെടുന്നത്. ഇക്കാര്യങ്ങൾ ചുവടെ ചേർത്തിട്ടുള്ളതുപോലെ സാമാന്യവല്ക്കരിക്കാം.

(i) ഖരം $\rightleftharpoons$ ദ്രാവകം സന്തുലനത്തെ സംബന്ധിച്ച്, 1 atm (1.013 ബാർ) മർദത്തിൽ ഖര, ദ്രാവക പ്രാവസ്ഥകൾക്ക് ഒരേ സമയം നിലനിൽക്കാൻ കഴിയുന്നത് ഒരേയൊരു താപനിലയിൽ (ദ്രവണാങ്കം അഥവാ ഖരാങ്കം) മാത്രമായിരിക്കും. ചുറ്റുപാടുമായി താപവിനിമയം നടക്കുന്നില്ലെങ്കിൽ രണ്ട് പ്രാവസ്ഥകളുടെയും മാസ് സ്ഥിരമായി നിലനിൽക്കുന്നു.

(ii) ദ്രാവകം $\rightleftharpoons$ ബാഷ്പം സന്തുലനത്തിൽ, ഒരു നിശ്ചിത താപനിലയിൽ ബാഷ്പമർദം സ്ഥിരമായിരിക്കും.

(iii) ഖരവസ്തുക്കളുടെ ദ്രാവകത്തിലുള്ള ലയനപ്രക്രിയയിൽ, ഒരു നിശ്ചിത താപനിലയിൽ ലേയത്വം സ്ഥിരമായിരിക്കും.

(iv) വാതകങ്ങൾ ദ്രാവകങ്ങളിൽ ലയിക്കുമ്പോൾ, ദ്രാവകത്തിലുള്ള ഒരു വാതകത്തിന്റെ ഗാഢത ദ്രാവകത്തിനു മീതെയുള്ള ആ വാതകത്തിന്റെ മർദത്തിന് (ഗാഢത) ആനുപാതികമാണ്. ഈ നിരീക്ഷണങ്ങളെ ചുരുക്കി പട്ടിക 7.1 – ൽ രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു.

7.1.5 ഭൗതികപ്രക്രിയകൾ ഉൾപ്പെടുന്ന സന്തുലനങ്ങളുടെ പൊതുവായ സവിശേഷതകൾ

മുകളിൽ ചർച്ച ചെയ്ത ഭൗതികപ്രക്രിയകളിൽ, സന്തുലനത്തിലിരിക്കുന്ന വ്യൂഹത്തിന് താഴെപ്പറയുന്ന സവിശേഷതകളാണ് സാധാരണയായിട്ടുള്ളത്.

(i) ഒരു നിശ്ചിത താപനിലയിൽ സംവൃതവ്യൂഹത്തിൽ മാത്രമേ സന്തുലനം സാധ്യമാകുകയുള്ളൂ.

(ii) രണ്ടു വിപരീതപ്രക്രിയകളും ഒരേ നിരക്കിൽ നടക്കും എന്നതിനാൽ സന്തുലനം ഗതികവും സ്ഥിരതയുള്ളതുമായിരിക്കും.

(iii) വ്യൂഹത്തിന്റെ അളക്കാൻ കഴിയുന്ന ഗുണങ്ങളെല്ലാം സ്ഥിരമായി നില നിൽക്കുന്നു.

(iv) ഒരു ഭൗതികപ്രക്രിയ സന്തുലനത്തിലെത്തിയാൽ ഒരു നിശ്ചിത താപനിലയിൽ അതിന്റെ ഏതെങ്കിലും ഒരു സവിശേഷഗുണത്തിന്റെ സ്ഥിരമൂല്യം ഉപയോഗിച്ച് ആ സന്തുലനത്തെ തിരിച്ചറിയാൻ കഴിയും. അത്തരം പരിമാണങ്ങൾ പട്ടിക 7.1 – ൽ ചേർത്തിരിക്കുന്നു.

(v) ഏതൊരു ഘട്ടത്തിലും അത്തരം പരിമാണങ്ങളുടെ മൂല്യം, ആ പ്രവർത്തനം സന്തുലനം കൈവരിക്കുന്നതിന് മുമ്പേ എത്രത്തോളം നടന്നു എന്നതിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

പട്ടിക 7.1 ഭൗതികസന്തുലനങ്ങളുടെ ചില പ്രത്യേകതകൾ

പ്രക്രിയ	നിഗമനം
ദ്രാവകം $\rightleftharpoons$ ബാഷ്പം $H_2O(l) \rightleftharpoons H_2O(g)$	ഒരു നിശ്ചിത താപനിലയിൽ p_{H_2O} ഒരു സ്ഥിരാങ്കമായിരിക്കും.
ഖരം $\rightleftharpoons$ ദ്രാവകം $H_2O(s) \rightleftharpoons H_2O(l)$	ദ്രവണാങ്കം ഒരു സ്ഥിര മർദത്തിൽ സ്ഥിരസംഖ്യയായിരിക്കും.
ലീനം(ഖരം) $\rightleftharpoons$ ലീനം (ലായനി) പഞ്ചസാര(ഖരം) $\rightleftharpoons$ പഞ്ചസാര(ലായനി)	ലായനിയിലുള്ള ലീനത്തിന്റെ ഗാഢത, ഒരു നിശ്ചിത താപനിലയിൽ സ്ഥിരമാണ്.
വാതകം(g) $\rightleftharpoons$ വാതകം (ജലീയം) CO_2(വാതകം) $\rightleftharpoons$ CO_2 (ജലീയം)	|വാതകം(ജലീയം)|/|വാതകം(g)| നിശ്ചിത ഊഷ്മാവിൽ സ്ഥിരമാണ്. [CO_2(ജലീയം)]/[CO_2(വാതകം)] ഒരു നിശ്ചിത താപനിലയിൽ സ്ഥിരമാണ്.

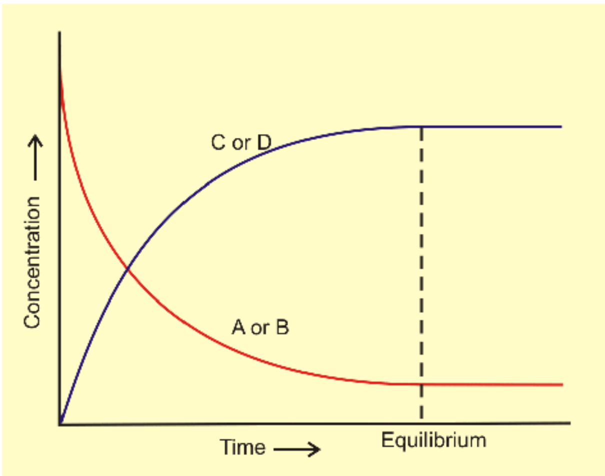
7.2 രാസപ്രക്രിയകളിലെ സന്തുലനം – ഗതിക സന്തുലനം (Dynamic equilibrium)

ഭൗതികവ്യൂഹങ്ങളിലെന്ന പോലെ രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾക്കും സന്തുലനാവസ്ഥ പ്രാപിക്കാൻ കഴിയും. ഈ പ്രവർത്തനങ്ങൾ മുന്നോട്ടും പിന്നോട്ടുമുള്ള ദിശകളിൽ നടക്കാം. പുരോപ്രവർത്തനത്തിന്റേയും പശ്ചാത്പ്രവർത്തനത്തിന്റേയും നിരക്കുകൾ തുല്യമാകുമ്പോൾ, അഭികാരങ്ങളുടേയും ഉൽപ്പന്നങ്ങളുടേയും ഗാഢത സ്ഥിരമായി നിൽക്കുന്നു. ഈ അവസ്ഥയാണ് രാസസന്തുലനം. ഈ സന്തുലനം ഗതികമാണ്. എന്തെന്നാൽ ഇവിടെ പുരോപ്രവർത്തനത്തിൽ അഭികാരകങ്ങൾ ഉൽപ്പന്നങ്ങൾ ആയി മാറുകയും പശ്ചാത്പ്രവർത്തനത്തിൽ ഉൽപ്പന്നങ്ങൾ യഥാർഥ അഭികാരകളായി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഇതു സംബന്ധിച്ച് വ്യക്തമായ ധാരണനേടാൻ, നമുക്ക് പൊതുവായ ഒരു ഉഭയദിശാപ്രവർത്തനം പരിഗണിക്കാം.

$$A + B \rightleftharpoons C + D$$

സമയം പുരോഗമിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് ഉൽപ്പന്നങ്ങളായ Cയും D യും കൂടുതൽ ഉണ്ടാവുകയും അഭികാരകങ്ങളായ A യും B യും കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. (ചിത്രം 7.2). ഇതിന്റെ ഫലമായി പുരോപ്രവർത്തനത്തിന്റെ നിരക്ക് കുറയുകയും പശ്ചാത്പ്രവർത്തനത്തിന്റെ നിരക്ക് കൂടുകയും ചെയ്യുന്നു.



ചിത്രം 7.2 രാസസന്തുലനം ആർജ്ജിക്കൽ

ആത്യന്തികമായി രണ്ട് രാസപ്രവർത്തനങ്ങളും ഒരേ നിരക്കിൽ നടക്കുകയും വ്യൂഹം സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ എത്തിച്ചേരുകയും ചെയ്യുന്നു.

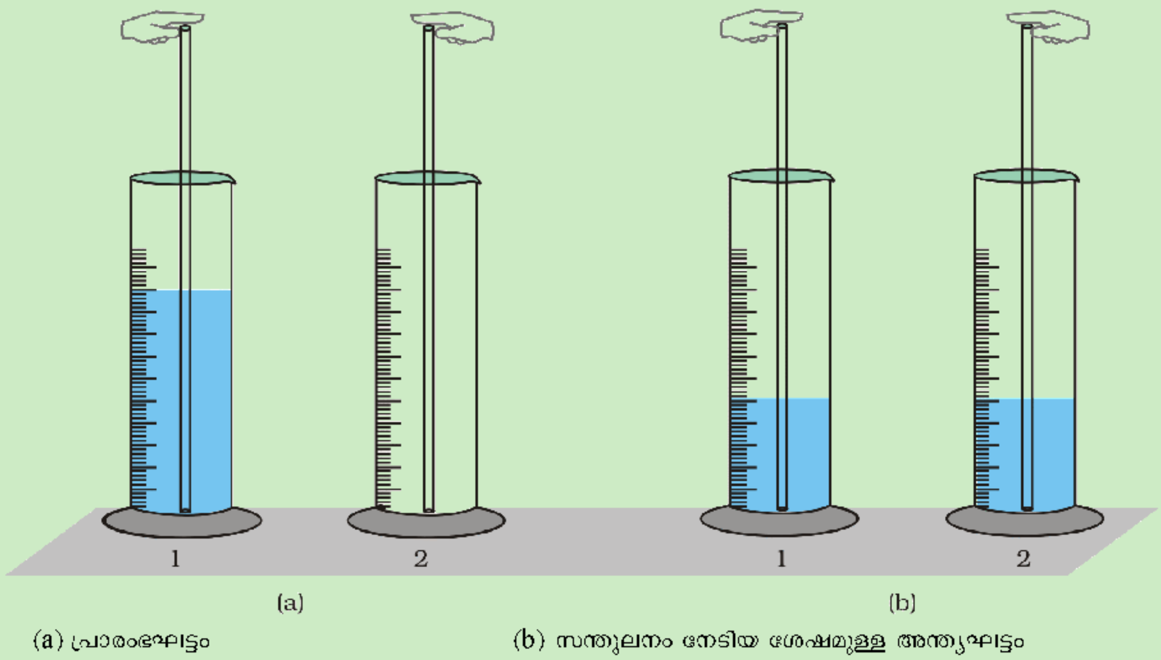
ഗതികസന്തുലനം – ഒരു പ്രവർത്തനം

ഭൗതികവ്യൂഹത്തിലോ രാസവ്യൂഹത്തിലോ ഉള്ള സന്തുലനം ഗതികസ്വഭാവമുള്ളതാണ്. റേഡിയോആക്റ്റീവ് ഐസോടോപ്പുകൾ ഉപയോഗിച്ച് ഇത് വ്യക്തമാക്കാം. ഇത് ഒരു സ്കൂൾ ലബോറട്ടറിയിൽ സാധ്യമല്ല. എന്നാൽ ഈ ആശയം എളുപ്പം മനസിലാക്കാൻ വേണ്ടി താഴെപ്പറയുന്ന രാസപ്രവർത്തനം നടത്താവുന്നതാണ്. ഈ പ്രവർത്തനം അഞ്ചോ ആറോ കുട്ടികളുടെ ഗ്രൂപ്പ് വഴി നടത്താം.

100 മില്ലീലിറ്റർ അളവ് സിലിണ്ടറുകളും (രണ്ടെണ്ണം 1, 2 എന്ന് മാർക്ക് ചെയ്തവ) 30cm നീളം വീതമുള്ള രണ്ട് ഗ്ലാസ് ട്യൂബുകളും എടുക്കുക. ട്യൂബുകളുടെ വ്യാസം തുല്യമോ വ്യത്യസ്തമോ ആകാം (പരിധി 3-5mm). അളവ് സിലിണ്ടർ-1 ഏകദേശം പകുതിവരെ നിറമുള്ള ലായനി ഉപയോഗിച്ച് നിറയ്ക്കുക (ഇതിനായി പൊട്ടാസ്യം പെർമാംഗനേറ്റിന്റെ ഒരു തരി വെള്ളത്തിൽ ഇടുക). രണ്ടാംസിലിണ്ടർ (നമ്പർ 2) കാലിയായിത്തന്നെ വെയ്ക്കുക.

ഒരു ട്യൂബ് സിലിണ്ടർ-1 ലും രണ്ടാമത്തേത് സിലിണ്ടർ 2ലും ഇടുക. ഒരു ട്യൂബ്സിലിണ്ടർ 1 ൽ താഴ്ത്തുക. മുകളറ്റം വിരലുപയോഗിച്ച് അടച്ചുപിടിക്കുകയും അതിനടിയിലുള്ള നിറമുള്ള ലായനി സിലിണ്ടർ 2ലേക്ക് മാറ്റുകയും ചെയ്യുക. രണ്ടാംസിലിണ്ടറിലുള്ള, രണ്ടാംട്യൂബുപയോഗിച്ച് കൊണ്ട് ഇതേ രീതിയിൽ നിറമുള്ള ലായനിയെ സിലിണ്ടർ 2ൽ നിന്നും സിലിണ്ടർ 1 ലേക്ക് മാറ്റുക. ഇതേ മാർഗത്തിൽ നിറമുള്ള ലായനിയെ രണ്ട് ഗ്ലാസ് ട്യൂബുകളും ഉപയോഗിച്ചുകൊണ്ട് സിലിണ്ടർ 1 ൽ നിന്നും 2 ലേക്കും 2ൽ നിന്ന് 1 ലേക്കും മാറ്റുക. രണ്ട് സിലിണ്ടറുകളിലുമുള്ള നിറമുള്ള ലായനിയുടെ അളവ് തുല്യമാകുന്നത് വരെ ഇത് തുടരുക.

നിറമുള്ള ലായനിയെ അങ്ങോട്ടുമിങ്ങോട്ടും മാറ്റിക്കൊണ്ടിരുന്നാൽ, രണ്ടു സിലിണ്ടറുകളിലുമുള്ള നിറമുള്ള ലായനിയുടെ അളവുകൾക്ക് മാറ്റുണ്ടാകില്ല. നിറമുള്ള ലായനിയുടെ അളവും രണ്ടു സിലിണ്ടറുകളിലുള്ള അഭികാരകങ്ങളുടേയും ഉൽപ്പന്നങ്ങളുടേയും ഗാഢതയും സമാനമായെടുത്താൽ, അളവുകൾ തുല്യമായതിനു ശേഷവും കൈമാറ്റപ്രക്രിയ തുടർന്നതിനാൽ, പ്രക്രിയയുടെ ഗതികസ്വഭാവം തെളിയിക്കപ്പെടുന്നു. വ്യത്യസ്ത വ്യാസങ്ങളുള്ള രണ്ട് ട്യൂബുകളുപയോഗിച്ച് പരീക്ഷണം ആവർത്തിച്ചാൽ, സന്തുലനത്തിൽ രണ്ട് സിലിണ്ടറുകളിലുമുള്ള നിറമുള്ള ലായനിയുടെ അളവ് വ്യത്യസ്തമാണെന്ന് നമുക്ക് കാണാം. രണ്ട് സിലിണ്ടറുകളിലുമുള്ള അളവുകളുടെ മാറ്റത്തിന് വ്യാസങ്ങൾ എത്രത്തോളം സ്വാധീനിച്ചിട്ടുണ്ട്? കാലിയായ സിലിണ്ടർ 2 തുടക്കത്തിൽ ഉൽപ്പന്നമില്ല എന്നതിന്റെ സൂചന കൂടിയാണ്.



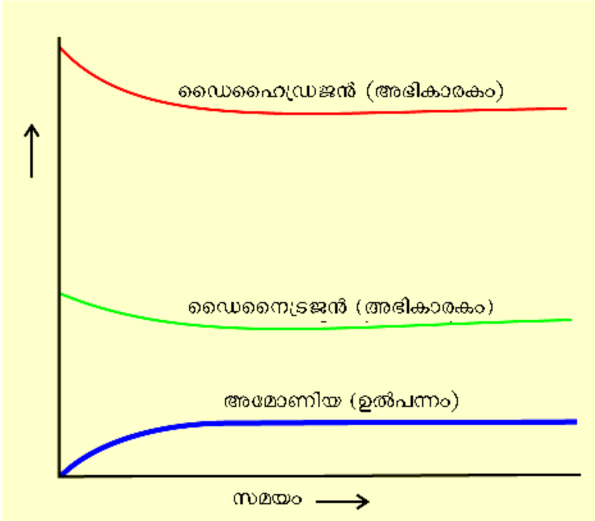
(a) പ്രാരംഭഘട്ടം (b) സന്തുലനം നേടിയ ശേഷമുള്ള അന്ത്യഘട്ടം

ചിത്രം 7.3 സന്തുലനത്തിന്റെ ഗതികസ്വഭാവം വ്യക്തമാക്കുന്നു.

ഇതുപോലെ തന്നെ C ൽ നിന്നും D ൽ നിന്നും മാത്രം പ്രവർത്തനം തുടങ്ങിയും സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ എത്തിച്ചേരാൻ സാധിക്കുന്നു (തുടക്കത്തിൽ A ഉം B ഉം ഇല്ലാതിരുന്നാലും). അതായത്, ഇരുദിശയിൽ നിന്നും സന്തുലനത്തിലേക്ക് എത്തിച്ചേരാൻ സാധ്യമാണ്.

രാസസന്തുലനത്തിന്റെ ഗതികസ്വഭാവം ഹേബർ പ്രക്രിയ വഴിയുള്ള അമോണിയയുടെ നിർമാണത്തിലൂടെ വ്യക്തമാക്കാം. ഹേബർ, തന്റെ തുടർപരീക്ഷണങ്ങളിൽ, ഉയർന്ന ഊഷ്മാവിലും മർദത്തിലും എടുത്തിട്ടുള്ള നിശ്ചിത അളവിലുള്ള നൈട്രജനും ഹൈഡ്രജനും ഉപയോഗിച്ച് രാസപ്രവർത്തനത്തിന് തുടക്കമിടുകയും കൃത്യമായ ഇടവേളകളിൽ അമോണിയയുടെ അളവ് കണ്ടെത്തുകയും ചെയ്തു. രാസപ്രവർത്തനത്തിന് വിധേയമാകാത്ത ഹൈഡ്രജന്റേയും നൈട്രജന്റേയും ഗാഢത കണ്ടെത്തുന്നതിൽ അദ്ദേഹം വിജയിച്ചു. ചിത്രം 7.4 ൽ നിന്ന്, കുറച്ച് സമയത്തിനു ശേഷം അഭികാരകങ്ങൾ മിശ്രിതത്തിൽ ഉണ്ടെങ്കിൽകൂടി മിശ്രിതത്തിന്റെ സംഘടനം സ്ഥിരമായി നിൽക്കുന്നതായി കാണാം. ഇപ്രകാരമുള്ള സംഘടനത്തിലെ സ്ഥിരത, രാസപ്രവർത്തനം സന്തുലനത്തിൽ എത്തിയതായി സൂചിപ്പിക്കുന്നു. സന്തുലനത്തിന്റെ ഗതികസ്വഭാവം മനസിലാക്കുന്നതിനായി അമോണിയയുടെ നിർമാണം ഇതേ പ്രാരംഭ സാഹചര്യത്തിൽ നടത്തുക (ഭാഗിക മർദവും ഊഷ്മാവും). പക്ഷെ ഹൈഡ്രജനും പകരം D_2 (ഡ്യൂട്ടീരിയം) ഉപയോഗിക്കുക. പ്രവർത്തനമിശ്രിതം H_2 അല്ലെങ്കിൽ D_2 എന്നിവയിൽ ഏത് ഉപയോഗിച്ച് തുടങ്ങിയാലും ഒരേ സംഘടനത്തിൽ തന്നെ സന്തുലനത്തിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു; H_2 , NH_3 എന്നിവയ്ക്കുപകരം D_2 , ND_3 എന്നിവ ആയിരിക്കുമെന്നുമാത്രം. സന്തുലനം നേടിയതിന് ശേഷം ഈ രണ്ട് മിശ്രിതങ്ങളും (H_2, ,N_2, NH_3, D_2, N_2, ND_3).... തമ്മിൽ ചേർത്തു കുറച്ചു സമയം വയ്ക്കുക.

അതിനുശേഷം ഈ മിശ്രിതം വിശകലനം ചെയ്താൽ അമോണിയയുടെ ഗാഢത നേരത്തേയുള്ളതു തന്നെയാണെന്നു കാണാം. എന്നാൽ ഈ മിശ്രിതത്തെ മാസ്സ്പെക്ട്രോമീറ്ററുപയോഗിച്ച് വിശകലനം ചെയ്താൽ അമോണിയയും ഡ്യൂട്ടീരിയം അടങ്ങിയ എല്ലാ അമോണിയ രൂപങ്ങളിലും (NH_3, NH_2D, NHD_2, ND_3). ഹൈഡ്രജനും അതിന്റെ ഡ്യൂട്ടീരിയം രൂപങ്ങളും (H_2, HD, D_2). അടങ്ങിയിട്ടുള്ളതായി കാണാം. ഇവിടെ തന്മാത്രകളിലുള്ള H, D ആറ്റങ്ങളുടെ ഇടകലരൽ സൂചിപ്പിക്കുന്ന് മിശ്രിതത്തിലുള്ള പുരോ-പശ്ചാത്പ്രവർത്തനങ്ങൾ തുടർന്നുകൊണ്ടേയിരിക്കുന്നു എന്നതാണ്. സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ നിലയ്ക്കുമായിരുന്നുവെങ്കിൽ, ഇത്തരത്തിൽ ഐസോടോപ്പുകളുടെ മിശ്രണം സംഭവിക്കുമായിരുന്നില്ല.



ചിത്രം 7.4 $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$
എന്ന സന്തുലനത്തിന്റെ ഗ്രാഫ്

അമോണിയയുടെ രൂപീകരണത്തിൽ ഐസോട്ടോപ്പിന്റെ (ഡ്യൂട്ടീരിയം) ഉപയോഗത്തിലൂടെ വ്യക്തമാകുന്നത്, രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ ഒരു ഗതികസന്തുലനാവസ്ഥയിലെത്തിച്ചേരുന്നു എന്നതാണ്. അതിൽ പുരോപശ്ചാത് പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ നിരക്കുകൾ തുല്യമാവുകയും സംഘടനത്തിൽ യാതൊരു മാറ്റവും ഉണ്ടാകാതിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

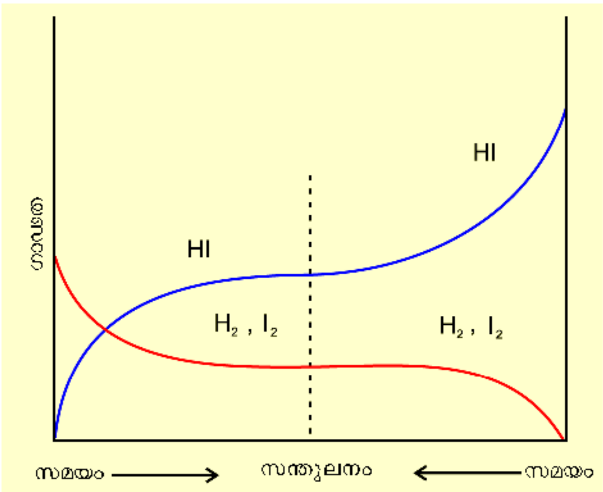
സന്തുലനം ഇരുവശത്തുനിന്നും കൈവരിക്കാം. അതായത് $H_{2(g)}$, $N_{2(g)}$ എന്നിവയിൽ തുടങ്ങി NH_3 ലഭ്യമാകുന്ന തരത്തിലോ, NH_3 ൽ തുടങ്ങി, അത് വിഘടിച്ച് $N_{2(g)}$ ഉം $H_{2(g)}$ ഉം ആകുന്ന തരത്തിലോ രാസസന്തുലനത്തിലേക്കെത്താം.

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

$$2NH_3(g) \rightleftharpoons N_2(g) + 3H_2(g)$$

ഇതുപോലെ മറ്റൊരു പ്രവർത്തനം സങ്കല്പിക്കുക. $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$. $H_2(g)$ ന്റെയും $I_2(g)$ ന്റെയും പ്രാരംഭഗാഢത ഒരുപോലെ എടുത്തുകൊണ്ട് പ്രവർത്തനം തുടങ്ങിയാൽ മുന്നോട്ടുള്ള ദിശയിൽ പ്രവർത്തനം തുടങ്ങുകയും H_2ന്റേയും I_2ന്റേയും ഗാഢത കുറയുകയും എന്നാൽ HI യുടെ ഗാഢത കൂടുകയും സന്തുലനത്തിലെത്തുമ്പോൾ എല്ലാ ഘടകങ്ങളുടെയും ഗാഢത സ്ഥിരമാകുകയും ചെയ്യുന്നു (ചിത്രം 7.5). HI മാത്രമെടുത്തും പ്രവർത്തനം നടത്താം. പിന്നോട്ടുള്ള ദിശയിൽ HI യുടെ ഗാഢത കുറയുകയും H_2 ന്റേയും I_2 ന്റേയും ഗാഢത വർധിക്കുകയും, സന്തുലനത്തിൽ എത്തിച്ചേരുമ്പോൾ എല്ലാ ഗാഢതകളും മാറ്റമില്ലാതെ തുടരുകയും ചെയ്യുന്നു (ചിത്രം 7.5). നിശ്ചിത വ്യാപ്തത്തിലുള്ള H ആറ്റങ്ങളുടെയും I ആറ്റങ്ങളു

ടെയും എണ്ണം തുല്യമാണെങ്കിൽ, ഏതു ദിശയിൽനിന്ന് രാസപ്രവർത്തനം തുടങ്ങിയാലും ഒരേ സന്തുലന മിശ്രിതം തന്നെ ലഭിക്കും.



ചിത്രം 7.5 $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ *എന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ രാസസന്തുലനം ഇരുദിശയിൽ നിന്നും നേടിയെടുക്കാവുന്നതാണ്.*

7.3 രാസസന്തുലനനിയമവും സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കവും (Law of Chemical Equilibrium and Equilibrium Constant)

സന്തുലനാവസ്ഥയിലുള്ള അഭികാരകങ്ങളുടേയും ഉൽപ്പന്നങ്ങളുടേയും മിശ്രിതത്തെ സന്തുലനമിശ്രിതമെന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇവിടെ സന്തുലനമിശ്രിതത്തിന്റെ സംഘടനത്തെപ്പറ്റി നിരവധി പ്രധാന ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഉത്തരം കണ്ടെത്തേണ്ടതുണ്ട്. ഒരു സന്തുലന മിശ്രിതത്തിൽ അഭികാരകങ്ങളുടേയും ഉൽപ്പന്നങ്ങളുടേയും ഗാഢത തമ്മിലുള്ള ബന്ധമെന്താണ്? പ്രാരംഭഗാഢതയിൽ നിന്ന് എങ്ങനെ സന്തുലന ഗാഢത കണ്ടെത്താൻ കഴിയും? സന്തുലനമിശ്രിതത്തിന്റെ സംഘടനം മാറ്റാൻ എന്തൊക്കെ ഘടകങ്ങൾ നമുക്ക് ഉപയോഗപ്പെടുത്താം? അവസാനചോദ്യം പ്രത്യേകിച്ചും പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നത് വ്യാവസായിക രാസപദാർഥങ്ങളായിട്ടുള്ള H_2, NH_3, CaO തുടങ്ങിയവയുടെ നിർമാണത്തിനാവശ്യമായ സാഹചര്യങ്ങൾ തെരഞ്ഞെടുക്കുമ്പോഴാണ്.

ഈ ചോദ്യങ്ങൾക്കെല്ലാം ഉത്തരം കണ്ടെത്തുന്നതിനു വേണ്ടി പൊതുവായ ഒരു ഉഭയദിശാപ്രവർത്തനം സങ്കല്പിക്കുക.

$$A + B \rightleftharpoons C + D$$

ഇതിൽ Aയും Bയും സമീകൃത രാസസമവാക്യത്തിലെ അഭികാരകങ്ങളും, Cയും Dയും ഉൽപ്പന്നങ്ങളുമാണ്. നിരവധി ഉഭയദിശാപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ പരീക്ഷണ പഠനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ, നൊർവീജിയൻ രസതന്ത്രജ്ഞരായ കാറ്റോ മാക്സിമില്യൻ ഗുൾഡ്ബെർഗ്, പീറ്റർ വേഗ് എന്നിവർ 1864ൽ സന്തുലന മിശ്രിതങ്ങളിലെ ഗാഢതകളെ തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന സന്തുലന സമവാക്യം മുന്നോട്ടു വച്ചു.

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

ഇതിൽ K_c എന്നതിനെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കമെന്നും വലതുവശത്തുള്ള അനുപാതത്തെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്ക വ്യഞ്ജക (expression) മെന്നും പറയുന്നു.

സന്തുലനസമവാക്യം മാസ് ആക്ഷൻനിയമം എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. എന്തെന്നാൽ, രസതന്ത്രത്തിന്റെ ആദ്യകാലഘട്ടങ്ങളിൽ, ഗാഢതയെ ആക്റ്റീവ് മാസ് എന്നും വിളിച്ചിരുന്നു. ഇത് കൂടുതൽ മനസിലാക്കുന്നതിനായി വാതകഹൈഡ്രജനും അയൊഡിനും തമ്മിലുള്ള പ്രവർത്തനം സീൽചെയ്ത പാത്രത്തിൽ 731 Kൽ സംഭവിക്കുന്നത് പരിഗണിക്കുക.

$$\begin{array}{cccc} H_2(g) & + \; I_2(g) & \rightleftharpoons & 2HI(g) \\ 1 \text{ മോൾ} & 1 \text{ മോൾ} & & 2 \text{ മോൾ} \end{array}$$

വ്യത്യസ്ത ആരംഭസാഹചര്യങ്ങൾ അവലംബിച്ചുകൊണ്ട് ആറ് സെറ്റ് പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തി. വാതക H_2 ഉം I_2 ഉം സീൽ ചെയ്ത പാത്രത്തിലെടുത്തുകൊണ്ട് ആദ്യ നാലുപരീക്ഷണങ്ങളും (1, 2, 3, 4) HI മാത്രമെടുത്ത് അടുത്ത രണ്ട് പരീക്ഷണങ്ങളും(5, 6) നടത്തി. H_2-നോ, I_2-നോ, രണ്ടും കൂടിയോ വ്യത്യസ്ത ഗാഢതകളിലെടുത്തുകൊണ്ട്, 1,2,3,4 പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തി. രാസപ്രവർത്തനം പുരോഗമിക്കുമ്പോൾ പർപ്പിൾ നിറത്തിന്റെ ഗാഢത സ്ഥിരമായി നിൽക്കുമ്പോൾ സന്തുലനം കൈവരിച്ചിരിക്കുന്നതായി നിരീക്ഷിക്കാം. അതുപോലെതന്നെ, പരീക്ഷണങ്ങൾ 5-ലും, 6-ലും വിപരീത ദിശയിൽ നിന്ന് സന്തുലനം കൈവരിച്ചതായി കാണാം.

ആറ് സെറ്റ് പരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്ന് ലഭിച്ച ദത്തങ്ങൾ പട്ടിക (7.2) ൽ നൽകിയിരിക്കുന്നു.

1, 2, 3, 4 പരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്ന് ഹൈഡ്രജന്റെ പ്രവർത്തിച്ച മോളുകളുടെ എണ്ണം = അയൊഡിന്റെ പ്രവർത്തിച്ച മോളുകളുടെ എണ്ണം = ½ (രൂപീകരിക്കപ്പെട്ട HI-യുടെ മോളുകളുടെ എണ്ണം). 5, 6 പരീക്ഷണങ്ങളും സൂചിപ്പിക്കുന്നത്,

$$[H_2(g)]_{eq} = [I_2(g)]_{eq} \text{ എന്നതാണ്.}$$

മേൽപ്പറഞ്ഞ വസ്തുതകളിൽ നിന്ന് അഭികാരകങ്ങളുടേയും ഉൽപ്പന്നങ്ങളുടേയും ഗാഢതകൾ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം സ്ഥാപിക്കുന്നതിന് വ്യത്യസ്ത സംഘടനയുള്ള മിശ്രിതങ്ങൾ പരീക്ഷിക്കാം. ഈ ലളിതമായ വ്യഞ്ജകം പരിഗണിക്കുക.

$$[HI(g)]_{eq} \;/\; [H_2(g)]_{eq}\,[I_2(g)]_{eq}$$

പട്ടിക 7.2 H_2, I_2 HI എന്നിവയുടെ പ്രാരംഭ, സന്തുലനഗാഢതകൾ

പരീക്ഷണ ക്രമനമ്പർ	പ്രാരംഭഗാഢത /mol L^{-1}			സന്തുലനഗാഢത /mol L^{-1}		
	$[H_2(g)]$	$[I_2(g)]$	$[HI(g)]$	$[H_2(g)]$	$[I_2(g)]$	$[HI(g)]$
1	2.4×10^{-2}	1.38×10^{-2}	0	1.14×10^{-2}	0.12×10^{-2}	2.52×10^{-2}
2	2.4×10^{-2}	1.68×10^{-2}	0	0.92×10^{-2}	0.20×10^{-2}	2.96×10^{-2}
3	2.44×10^{-2}	1.98×10^{-2}	0	0.77×10^{-2}	0.31×10^{-2}	3.34×10^{-2}
4	2.46×10^{-2}	1.76×10^{-2}	0	0.92×10^{-2}	0.22×10^{-2}	3.08×10^{-2}
5	0	0	3.04×10^{-2}	0.345×10^{-2}	0.345×10^{-2}	2.35×10^{-2}
6	0	0	7.58×10^{-2}	0.86×10^{-2}	0.86×10^{-2}	5.86×10^{-2}

പട്ടിക 7.3 ൽ നിന്ന് കാണാൻ കഴിയുന്നത് അഭികാരങ്ങളുടേയും ഉൽപ്പന്നങ്ങളുടേയും സന്തുലനഗാഢത ഉൾപ്പെടുത്തിയാൽ, മേൽപ്പറഞ്ഞ വ്യഞ്ജകം സ്ഥിരസംഖ്യയിൽ നിന്ന് നല്ല വ്യതിയാനം കാണിക്കുന്നു എന്നതാണ്. എന്നാൽ ചുവടെ ചേർത്തിട്ടുള്ള വ്യഞ്ജകത്തിൽ

$$[HI(g)]^2_{eq} \,/\, [H_2(g)]_{eq}\,[I_2(g)]_{eq}$$

പട്ടിക 7.3 അഭികാരകങ്ങളുടെ സന്തുലന ഗാഢത ഉൾപ്പെടുന്ന വ്യഞ്ജകം

ക്രമനമ്പർ	$\frac{[HI(g)]_{eq}}{[H_2(g)]_{eq}[I_2(g)]_{eq}}$	$\frac{[HI(g)]^2_{eq}}{[H_2(g)]_{eq}[I_2(g)]_{eq}}$
1	1840	46.4
2	1610	47.6
3	1400	46.7
4	1520	46.9
5	1970	46.4
6	790	46.4

$$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$$

സന്തുലന ഗാഢതകൾ ചേർക്കുമ്പോൾ, ആറ് പരീക്ഷണങ്ങളിലും സ്ഥിരസംഖ്യാ മൂല്യം ലഭ്യമാകുന്നതായി കാണാം (പട്ടിക 7.3 ൽ കാണുന്നതു പോലെ). ഇതിലെ അഭികാരകങ്ങളുടേയും ഉൽപ്പന്നങ്ങളുടേയും ഗാഢതയുടെ കൃതി യഥാർഥത്തിൽ രാസ സമവാക്യത്തിലുള്ള രാസസമീകരണമിതീയഗുണോത്തരങ്ങളാണെന്ന് കാണാൻ കഴിയും. അതിനാൽ $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ എന്ന പ്രവർത്തനത്തിന് 7.1 എന്ന സമവാക്യമനുസരിച്ച്, സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം K_C (equilibrium constant) ഇങ്ങനെയെഴുതാം,

$$K_c = [HI(g)]^2_{eq} / [H_2(g)]_{eq}\,[I_2(g)]_{eq} \quad (7.2)$$

സാധാരണയായി കീഴ്ക്കുറിപ്പായ 'eq' (സന്തുലനത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്നത്) ഗാഢതയുടെ പദങ്ങളിൽ നിന്ന് ഒഴിവാക്കും. K_C യുടെ വ്യഞ്ജകത്തിൽ ഉള്ള ഗാഢതകൾ സന്തുലനമൂല്യങ്ങളിലുള്ളതാണ്. അതിനാൽ നമുക്ക് ഇങ്ങനെ എഴുതാം.

$$K_c = [HI(g)]^2 / [H_2(g)]\,[I_2(g)] \quad (7.3)$$

കീഴ് കുറിപ്പായ 'c' സൂചിപ്പിക്കുന്നത് K_C യുടെ സമവാക്യത്തിലെ ഗാഢതകൾ മോൾ ലിറ്റർ ' ലാണ് ഉപയോഗിക്കേണ്ടതെന്നാണ്.

ഒരു നിശ്ചിത താപനിലയിൽ സമീകൃതരാസസമവാക്യത്തിലെ അതത് സമീകരണമിതീയഗുണോത്തരങ്ങൾ കൃതികളാക്കി എടുത്തിട്ടുള്ള, രാസപ്രവർത്തന ഉല്പന്നങ്ങളുടെ ഗാഢതകളുടെ ഗുണനഫലത്തെ അഭികാരകങ്ങളുടെ ഗാഢതകളുടെ ഗുണനഫലംകൊണ്ട് ഹരിച്ചാൽ ഒരു സ്ഥിരസംഖ്യ ലഭ്യമാകുന്നു. ഇത് സന്തുലനനിയമം അഥവാ രാസസന്തുലനനിയമം എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ എന്ന പൊതു രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം,

$$K_c = [C]^c[D]^d / [A]^a[B]^b$$

[A], [B], [C], [D] എന്നിവ അഭികാരകങ്ങളുടേയും ഉൽപ്പന്നങ്ങളുടേയും സന്തുലനഗാഢതകളാണ്.

$$4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightleftharpoons 4NO(g) + 6H_2O(g)$$

എന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം.

$$K_c = [NO]^4[H_2O]^6 / [NH_3]^4\,[O_2]^5$$

വിവിധ ഘടകങ്ങളുടെ മോളാർ ഗാഢതകൾ സൂചിപ്പിക്കാനായി അവയെ ചതുരബ്രാക്കറ്റിൽ ഉൾക്കൊള്ളിച്ചിരിക്കുന്നു. മുകളിലെ രാസസന്തുലനത്തെ സംബന്ധിച്ച് പരാമർശിച്ചതുപോലെ ഇവിടെയും സന്തുലനഗാഢതകളാണ് പരിഗണിച്ചിട്ടുള്ളത്. സന്തുലനസ്ഥിരാങ്ക പ്രകാശനത്തിൽ, ഓരോ ഘടകത്തിന്റേയും പ്രാവസ്ഥയെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന പ്രതീകങ്ങൾ (s, l, g) പൊതുവെ ഒഴിവാക്കിയിരിക്കുന്നു.

$$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g) \qquad (7.5)$$

എന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം ഇങ്ങനെ എഴുതാം.

$$K_c = [HI]^2 / [H_2] [I_2] = x \qquad (7.6)$$

ഇതേ താപനിലയിൽ വിപരീതദിശയിലുള്ള രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം, അതായത് $2HI(g) \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(g)$ എന്നതിന്റെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം,

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

$$\text{അതായത് } K'_c = 1 / K_c \qquad (7.8)$$

പശ്ചാത്പ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലനസറിരാങ്കം പുരോപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലനസറിരാങ്കത്തിന്റെ വ്യുൽക്രമമാണ്.

രാസസമവാക്യത്തിലെ സമീകരണമിതീയ ഗുണോത്തരങ്ങളെ മൊത്തത്തിൽ ഒരു ഘടകമുപയോഗിച്ച് ഗുണിച്ച് മാറ്റം വരുത്തിയാൽ, സന്തുലനസറിരാങ്കത്തിന്റെ പ്രകാശനത്തിലും ആ മാറ്റം പ്രതിഫലിക്കുമെന്ന് ഉറപ്പുവരുത്തേണ്ടതുണ്ട്. ഉദാ: പ്രവർത്തനം 7.5 ചുവടെ ചേർത്തിട്ടുള്ളതുപോലെ എഴുതിയാൽ,

$$½\, H_2(g) + ½\, I_2(g) \rightleftharpoons HI(g) \qquad (7.9)$$

ഈ രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലനസറിരാങ്കം,

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

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

സമവാക്യം (7.5) നെ n ഉപയോഗിച്ച് ഗുണിച്ചാൽ, $nH_2(g) + nI_2(g) \rightleftharpoons 2nHI(g)$ എന്നു കിട്ടും. (7.11)

അതിനാൽ, രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലനസറിരാങ്കം K_c^n ആകുന്നു. ഈ കണ്ടെത്തലുകളെ ചുരുക്കി പട്ടിക 7.4 ൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. സന്തുലനസറിരാങ്കങ്ങളായ K_c , K'_c എന്നിവയ്ക്ക് വ്യത്യസ്ത മൂല്യങ്ങളായതിനാൽ, സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കങ്ങളുടെ മൂല്യം എഴുതുമ്പോൾ ഏതു രൂപത്തിലുള്ള സമീകരിച്ച രാസസമവാക്യങ്ങളാണെന്ന് ചൂണ്ടിക്കാണിക്കേണ്ടത് പ്രധാനമാണ്.

പട്ടിക. 7.4 ഒരു പൊതു രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെയും അതിന്റെ ഗുണിതങ്ങളുടെയും സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം.

രാസസമവാക്യം	സന്തുലന സ്ഥിരാങ്കം
$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$	K_c
$cC + dD \rightleftharpoons aA + bB$	$K'_c = (1/K_c)$
$naA + nbB \rightleftharpoons ncC + ndD$	$K''_c = (K_c^n)$

പ്രശ്നം 7.1

500K-ൽ N_2 ൽ നിന്നും H_2ൽ നിന്നുമുള്ള അമോണിയയുടെ രൂപീകരണസന്തുലനത്തിൽ താഴെ പറയുന്ന ഗാഢതകൾ ലഭ്യമായി. $[N_2] = 1.5 \times 10^{-2}$ M, $[H_2] = 3.0 \times 10^{-2}$ M, $[NH_3] = 1.2 \times 10^{-2}$M. സന്തുലനസറിരാങ്കം കണ്ടുപിടിക്കുക.

ഉത്തരം

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ എന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലനസറിരാങ്കം,

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

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

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

പ്രശ്നം 7.2

സന്തുലനത്തിൽ, 800K – ൽ സീൽ ചെയ്ത പാത്രത്തിലുള്ള ഗാഢതകൾ $[N_2] = 3.0 \times 10^{-3}$M, $[O_2] = 4.2 \times 10^{-3}$M, $[NO] = 2.8 \times 10^{-3}$M,

$N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ എന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ K_c എന്താണ്?

ഉത്തരം

രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ നിന്ന് സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം K_c ,

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

$$= \frac{(2.8 \times 10^{-3}\,M)^2}{(3.0 \times 10^{-3}\,M)(4.2 \times 10^{-3}\,M)}$$

$$= 0.622$$

7.4 ഏകാത്മകസന്തുലനങ്ങൾ (Homogeneous equilibrium)

ഒരു ഏകാത്മകവ്യൂഹത്തിൽ, എല്ലാ അഭികാരകങ്ങളും, ഉൽപന്നങ്ങളും ഒരേ പ്രാവസ്ഥയിൽ ആയിരിക്കും. ഉദാ: വാതകാവസ്ഥയിലുള്ള $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ എന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ, അഭികാരകങ്ങളും ഉൽപ്പന്നങ്ങളും ഏകാത്മകാവസ്ഥയിലാണ്. അതുപോലെ ചുവടെ ചേർത്തിട്ടുള്ള രാസപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ

$$CH_3COOC_2H_5\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons CH_3COOH\,(aq) + C_2H_5OH\,(aq);$$

$$Fe^{3+}\,(aq) + SCN^-\,(aq) \rightleftharpoons Fe(SCN)^{2+}\,(aq)$$

എല്ലാ അഭികാരകങ്ങളും ഉൽപ്പന്നങ്ങളും ഏകാത്മക ലായനി അവസ്ഥയിലാണ്. ചില ഏകാത്മകപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം പരിഗണിക്കാം.

7.4.1 വാതകവ്യൂഹങ്ങളിലെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം

രാസപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം ഇതുവരെ പ്രയോഗിച്ചത് അഭികാരകങ്ങളുടേയും ഉൽപന്നങ്ങളുടേയും മോളാർ ഗാഢതകളിലും പ്രതീകമായ K_c ഉപയോഗിച്ചു കൊണ്ടുമാണ്. വാതകങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്ന രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് ഭാഗികമർദത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലുള്ള സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കമാണ് കൂടുതൽ അനുയോജ്യമായത്.

ആദർശവാതകസമവാക്യം

$$pV = nRT$$

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

ഇവിടെ p, പാസ്ക്കലിലുള്ള മർദവും n, വാതകത്തിന്റെ മോളുകളുടെ എണ്ണവും, $V m^3$ -ലുള്ള വ്യാപ്തവും T, കെൽവിനുള്ള താപനിലയുമാണ്.

അതിനാൽ, n/V എന്നത് മോൾ/m^3 എന്ന ഏകകത്തിലുള്ള ഗാഢതയാണ്. ഗാഢത c മോൾ/ലിറ്റർ അല്ലെങ്കിൽ മോൾ/dm^3 ലുള്ളതും p ബാറിലും ആയാൽ

$$p = cRT,$$

P = [വാതകം] RT എന്നും നമുക്കെഴുതാം.

ഇവിടെ, R=0.0831 bar L mol^{-1} K^{-1}

ഒരു നിശ്ചിതതാപനിലയിൽ വാതകത്തിന്റെ മർദം ഗാഢതയ്ക്ക് നേർ ആനുപാതത്തിലാണ്. അതായത്

$p \propto$ [വാതകം].

$$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$$

എന്ന രാസസന്തുലനത്തിന്,

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

അല്ലെങ്കിൽ $K_p = \dfrac{(p_{HI})^2}{(p_{H_2})(p_{I_2})}$

എന്നെഴുതാം. (7.12)

കൂടാതെ,

$$p_{HI} = [HI(g)]RT$$
$$p_{I_2} = [I_2(g)]RT$$
$$p_{H_2} = [H_2(g)]RT$$

ആയതിനാൽ,

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

$$= \frac{[HI(g)]^2}{[H_2(g)][I_2(g)]} = K_c \qquad (7.13)$$

ഈ ഉദാഹരണത്തിൽ, $K_p = K_c$. അതായത്, രണ്ട് സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കങ്ങളും തുല്യമാണ്. എന്നാൽ എല്ലായ്പ്പോഴും ഇങ്ങനെയാകണമെന്നില്ല. ഉദാഹരണത്തിന് $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ എന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ

$$K_p = \frac{(p_{NH_3})^2}{(p_{N_2})(p_{H_2})^3}$$

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

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

$$\text{or } K_p = K_c(RT)^{-2} \qquad (7.14)$$

അതുപോലെ, സന്തുലനത്തിലുള്ള ഒരു പൊതു രാസപ്രവർത്തനമായ

$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ പരിഗണിച്ചാൽ

$$K_p = \frac{(p_C^c)(p_D^d)}{(p_A^a)(p_B^b)} = \frac{[C]^c[D]^d(RT)^{(c+d)}}{[A]^a[B]^b(RT)^{(a+b)}}$$

$$= \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} (RT)^{(c+d)-(a+b)}$$

$$= \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} (RT)^{\Delta n} = K_c (RT)^{\Delta n} \qquad (7.15)$$

ഇവിടെ Δn = വാതകാവസ്ഥയിലുള്ള ഉൽപ്പന്നങ്ങളുടെ മോളുകളുടെ എണ്ണം - വാതകാവസ്ഥയിലുള്ള അഭികാരകങ്ങളുടെ മോളുകളുടെ എണ്ണം (സമീകരിച്ച രാസസമവാക്യത്തിലുള്ളത്). K_p യുടെ മൂല്യം കണക്ക് കൂട്ടുമ്പോൾ, മർദത്തിന്റെ പ്രമാണാവസ്ഥ 1 bar ആയതിനാൽ bar എന്ന യൂണിറ്റിലുള്ള മർദം വേണം പരിഗണിക്കേണ്ടത്. ഒരു പാസ്ക്കൽ, 1 Pa=1Nm^{-2}, എന്നും ഒരു ബാർ = 10^5Pa എന്നും ഒന്നാം യൂണിറ്റിൽ നാം മനസിലാക്കിയതാണ്. വ്യത്യസ്ത താപനിലയിലുള്ള തെരഞ്ഞെടുത്ത ചുരുക്കം ചില പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ K_p മൂല്യങ്ങൾ പട്ടിക 7.5 ൽ നൽകിയിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 7.5 തിരഞ്ഞെടുത്ത ചുരുക്കം ചില രാസപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കങ്ങൾ

രാസപ്രവർത്തനം	താപനില	K_p
$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3$	298	6.8×10^5
	400	41
	500	3.6×10^{-2}
$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$	298	4.0×10^{24}
	500	2.5×10^{10}
	700	3.0×10^4
$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$	298	0.98
	400	47.9
	500	1700

പ്രശ്നം 7.3

500 K-ൽ സന്തുലനത്തിലുള്ള PCl_5, PCl_3, Cl_2 ഇവയുടെ ഗാഢതകൾ 1.59M PCl_3, 1.59M Cl_2 1.41 M PCl_5 എന്നിങ്ങനെയാണ്.

$PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$

എന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ K_c കണക്കാക്കുക.

ഉത്തരം

മേൽപ്പറഞ്ഞ രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം ഇങ്ങനെ എഴുതാം.

$$K_c = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{(1.59)^2}{(1.41)} = 1.79$$

പ്രശ്നം 7.4

$CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$ എന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ 800 K -ലുള്ള K_c യുടെ മൂല്യം 4.24. 800 K ലുള്ള CO_2, H_2, CO, H_2O എന്നിവയുടെ സന്തുലനഗാഢതകൾ കണ്ടെത്തുക, തുടക്കത്തിൽ CO യും H_2O യും 0.10M ഗാഢതയിൽ മാത്രമാണുള്ളതെന്നു കരുതുക.

ഉത്തരം

$CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$ എന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ

തുടക്കഗാഢത

0.1M	0.1M	0	0

ഓരോ ഉൽപന്നവും x മോൾ വീതം ഉണ്ടാവുകയാണെങ്കിൽ സന്തുലനത്തിലുള്ള ഗാഢത:

(0.1-x) M	(0.1-x) M	x M	x M

x എന്നത് CO_2 ന്റെയും H_2 ന്റെയും സന്തുലനത്തിലുള്ള ഗാഢതയാണ്.

അതുകൊണ്ട്, സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം ഇപ്രകാരം എഴുതാം.

$K_c = x^2/(0.1-x)^2 = 4.24$

$x^2 = 4.24(0.01 + x^2-0.2x)$

$x^2 = 0.0424 + 4.24x^2-0.848x$

$3.24x^2 - 0.848x + 0.0424 = 0$

a = 3.24, b = – 0.848, c = 0.0424

ദ്വിമാനസമവാക്യമായ $ax^2 + bx + c = 0$, ന്റെ നിർധാരണമൂല്യം,

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

$x = 0.848 \pm \sqrt{(0.848)^2 - 4(3.24)(0.0424)}/2(3.24)$

$x = (0.848 \pm 0.4118)/6.48$

$x_1 = (0.848 - 0.4118)/6.48 = 0.067$

$x_2 = (0.848 + 0.4118)/6.48 = 0.194$

0.194 എന്ന മൂല്യം അവഗണിക്കാം. കാരണം അത് പ്രാരംഭഗാഢതയേക്കാൾ ഉയർന്ന ഗാഢതയാണ് നൽകുന്നത്.

അതിനാൽ സന്തുലനഗാഢതകൾ

$[CO_2] = [H_2] = x = 0.067$ M

$[CO] = [H_2O] = 0.1 - 0.067 = 0.033$ M

പ്രശ്നം 7.5

സന്തുലനത്തിലുള്ള രാസപ്രവർത്തനം

$2NOCl(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + Cl_2(g)$ പരിഗണിക്കുക.

1069 K-ൽ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം K_c യുടെ മൂല്യം 3.75×10^{-6}, ഈ താപനിലയിലുള്ള രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ K_p കണ്ടെത്തുക?

ഉത്തരം

നമുക്കറിയാം

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

മുകളിലുള്ള രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ

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

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

$K_p = 3.33 \times 10^{-4}$

7.5 ഭിന്നാത്മകസന്തുലനങ്ങൾ (Heterogeneous equilibria)

ഒന്നിൽ കൂടുതൽ പ്രാവസ്ഥകളുള്ള (phases) വ്യൂഹത്തിലെ സന്തുലനത്തെയാണ് ഭിന്നാത്മകസന്തുലനം എന്നു പറയുന്നത്. ഒരു അടച്ച പാത്രത്തിലുള്ള ജലബാഷ്പവും ദ്രാവകജലവും തമ്മിലുള്ള സന്തുലനം ഭിന്നാത്മകസന്തുലനത്തിന് ഉദാഹരണമാണ്.

$$H_2O(l) \rightleftharpoons H_2O(g)$$

ഈ ഉദാഹരണത്തിൽ ഒരു വാതകാവസ്ഥയും ദ്രാവകാവസ്ഥയുമുണ്ട്. ഇതേ രീതിയിലാണ് ഒരു ഖരപദാർഥവും അതിന്റെ പൂരിതലായനിയും തമ്മിലുള്ള സന്തുലനം.

$Ca(OH)_2(s) + (aq) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + 2OH^-(aq)$ ഇത് ഒരു ഭിന്നാത്മകസന്തുലനമാണ്.

ഭിന്നാത്മകസന്തുലനങ്ങളിൽ മിക്കവാറും ശുദ്ധ ഖരങ്ങളോ ദ്രാവകങ്ങളോ ആണുള്ളത്. ശുദ്ധ ഖരങ്ങളോ ദ്രാവകങ്ങളോ അടങ്ങിയ ഭിന്നാത്മകസന്തുലനങ്ങൾക്കുള്ള സന്തുലന സ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ ഗണിതരൂപത്തെ ലളിതവത്ക്കരിക്കാൻ കഴിയും. അതിനു കാരണം, ശുദ്ധ ഖര-ദ്രാവകങ്ങളുടെ മോളാർഗാഢത സ്ഥിരമാണെന്നതാണ്. (അതായത്, അവയുടെ അളവുമായി ബന്ധമില്ല). മറ്റൊരു തരത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ, 'X' എന്ന ഒരു പദാർഥം ഉൾപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ, അത് എത്ര അളവിലെടുത്താലും [X(s)] ഉം [X(l)] ഉം സ്ഥിരമാണ്. ഇതിനു വിപരീതമായി, നിശ്ചിതവ്യാപ്തത്തിലുള്ള X ന്റെ അളവ് മാറുന്നതിനനുസരിച്ച് [X(g)] ഉം [X(aq)] ഉം മാറുന്നു. കാൽസ്യം കാർബണേറ്റിന്റെ താപവിഘടനം, ഭിന്നാത്മകരാസസന്തുലനത്തിൽ പ്രധാനപ്പെട്ടതും പഠനവിധേയമാക്കേണ്ടുന്നതുമായ ഉദാഹരണമാണ്.

$$CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g) \quad (7.16)$$

സമീകരണമിതീയരാസസമവാക്യത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ,

$$K_c = \frac{[CaO(s)][CO_2(g)]}{[CaCO_3(s)]}$$

$[CaCO_3(s)]$, $[CaO(s)]$ എന്നിവ രണ്ടും സ്ഥിരമായതിനാൽ കാൽസ്യം കാർബണേറ്റിന്റെ താപീയവിഘടനത്തിന്റെ പരിഷ്കരിച്ച സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം

$$K'_c = [CO_2(g)] \quad (7.17)$$

$$\text{or } K_p = p_{CO_2} \quad (7.18)$$

സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ ഏകകങ്ങൾ

സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം K_c യുടെ മൂല്യം കിട്ടുന്നതിനുവേണ്ടി mol L^{-1} - ലുള്ള ഗാഢതയുടെ പദങ്ങൾ സമവാക്യത്തിൽ ചേർക്കുന്നു. K_p ലഭിക്കുന്നതിന് Pa, kPa, bar അല്ലെങ്കിൽ അറ്റ്മോസ്ഫിയർ എന്നീ ഏകകങ്ങളിലുള്ള ഭാഗിക മർദപദങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കാം. അംശത്തിന്റേയും ഛേദത്തിന്റേയും കൃതികൾ തുല്യമാകുന്ന സാഹചര്യമൊഴികെ, മൊളാരിറ്റി അല്ലെങ്കിൽ മർദത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലുള്ള സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ ഏകകങ്ങൾ ലഭ്യമാകുന്നു.

ചുവടെ ചേർത്തിട്ടുള്ള രാസപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ

$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI$ എന്നതിന്റെ K_c ക്കും K_p ക്കും യൂണിറ്റുകളില്ല.

$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$, K_c യുടെ ഏകകം mol L^{-1} ഉം K_p യുടെ ഏകകം bar ഉം ആകുന്നു.

അഭികാരകങ്ങളേയും ഉൽപ്പന്നങ്ങളേയും പ്രമാണാവസ്ഥയിൽ സൂചിപ്പിച്ചാൽ, സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കങ്ങളെ ഏകകരഹിതഅളവുകളായും നമുക്ക് പ്രയോഗിക്കാം. ശുദ്ധമായ വാതകത്തിന് പ്രമാണാവസ്ഥ ഒരു bar ആണ്. അതിനാൽ പ്രമാണാവസ്ഥയിലുള്ള 4 bar മർദത്തെ 4 bar/1 bar= 4 എന്ന് സൂചിപ്പിക്കാം. അത് ഒരു ഏകക രഹിതസംഖ്യയാണ്. ഒരു ലീനത്തിന്റെ പ്രമാണാവസ്ഥ (c_0), ഒരു മോളാർ ലായനിയാണെന്നതിനാൽ, എല്ലാ ഗാഢതകളും അതിനെ ആസ്പദമാക്കി അളക്കാൻ സാധിക്കും. തെരഞ്ഞെടുത്ത പ്രമാണാവസ്ഥയെ ആശ്രയിച്ചായിരിക്കും സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ സംഖ്യാമൂല്യം. അതുകൊണ്ട്, ഈ വ്യൂഹത്തിൽ K_p യും K_c യും ഏകകരഹിത അളവുകളാണെങ്കിലും വ്യത്യസ്ത പ്രമാണാവസ്ഥയിൽ വ്യത്യസ്ത സംഖ്യാമൂല്യങ്ങളായിരിക്കും ഉണ്ടാകുക.

ഇത് കാണിക്കുന്നത് ഒരു പ്രത്യേക താപനിലയിൽ $CaO(s)$ ഉം $CaCO_3(s)$ ഉം ആയി സന്തുലനത്തിലുള്ള CO_2 ന്റെ ഗാഢതയും മർദവും സ്ഥിരമായിരിക്കുന്നു എന്നാണ്. 1100K ൽ, $CaCO_3(s)$ ഉം $CaO(s)$ ഉം ആയി

സന്തുലനത്തിലുള്ള CO_2ന്റെ മർദ്ദം 2.0×10^5 Pa ആണെന്ന് പരീക്ഷണത്തിലൂടെ കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. അതിനാൽ മേൽപ്പറഞ്ഞ പ്രവർത്തനത്തിന്റെ 1100 K -ലുള്ള സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം,

$$K_p = p_{CO_2} = 2 \times 10^5 \text{ Pa} / 10^5 \text{ Pa} = 2.00$$

അതുപോലെ, നിക്കൽ, കാർബൺ മോണോക്സൈഡ്, നിക്കൽ കാർബണൈൽ (നിക്കലിന്റെ ശുദ്ധീകരണത്തിന് ഉപയോഗിക്കുന്നത്) എന്നിവയുടെ സന്തുലനത്തിൽ

$$Ni(s) + 4\,CO(g) \rightleftharpoons Ni(CO)_4(g),$$

സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം ഇങ്ങനെ എഴുതാം,

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

ഭിന്നാത്മകസന്തുലനത്തിൽ, സന്തുലനം നിലനിൽക്കണമെങ്കിൽ ശുദ്ധഖരവസ്തുക്കളോ ദ്രാവകങ്ങളോ അടങ്ങിയിരിക്കണമെന്ന് (എത്രമാത്രം ചെറുതായിരുന്നാൽ കൂടിയും) ഓർക്കേണ്ടതുണ്ട്. എന്നാൽ, അവയുടെ ഗാഢതയോ ഭാഗികമർദമോ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ ഗണിതരൂപത്തിൽ ഉണ്ടാകില്ല.

$$Ag_2O(s) + 2HNO_3(aq) \rightleftharpoons 2AgNO_3(aq) + H_2O(l)$$

ഈ രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ, സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം,

$$K_c = \frac{[AgNO_3]^2}{[HNO_3]^2}$$

പ്രശ്നം 7.6

$$CO_2(g) + C(s) \rightleftharpoons 2CO(g)$$

ഈ പ്രവർത്തനത്തിലെ K_p യുടെ മൂല്യം 1000 K -ൽ 3.0 ആണ്. തുടക്കത്തിൽ $p_{CO_2} = 0.48$ bar, $p_{CO} = 0$ bar, ശുദ്ധമായ ഗ്രാഫൈറ്റും അടങ്ങിയിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ, CO യുടെയും CO_2 ന്റെയും സന്തുലന ഭാഗികമർദങ്ങൾ കണ്ടെത്തുക.

ഉത്തരം

ഈ രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ CO_2 ന്റെ മർദത്തിലെ കുറവ് 'x' ആണെന്നിരിക്കട്ടെ.

	$CO_2(g)$ + $C(s)$	$\rightleftharpoons$ $2CO(g)$
പ്രാരംഭമർദം	0.48 bar	$2x$ bar

സന്തുലനത്തിൽ $(0.48-x)$bar

$$K_p = \frac{p_{CO}^2}{p_{CO_2}}$$

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

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

$4x^2 = 1.44 - x$

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

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

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

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

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

$= (-3 + 5.66)/8$ (x ന്റെ മൂല്യം നെഗറ്റീവാകാൻ സാധിക്കാത്തതുകൊണ്ട് നമുക്ക് നെഗറ്റീവ് മൂല്യം അവഗണിക്കാം.)

$x = 2.66/8 = 0.33$

സന്തുലനഭാഗികമർദങ്ങൾ ഇവയാണ്

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

$p_{CO_2} = 0.48 - x = 0.48 - 0.33 = 0.15$ bar

7.6 സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കങ്ങളുടെ ഉപയോഗങ്ങൾ

സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കങ്ങളുടെ ഉപയോഗങ്ങൾ കണക്കിലെടുക്കുന്നതിന് മുമ്പേ, അവയുടെ പ്രധാന പ്രത്യേകതകൾ നമുക്കിങ്ങനെ ചുരുക്കാം.

1. സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം പ്രായോഗികമാകുന്നത് അഭികാരകങ്ങളുടേയും ഉൽപന്നങ്ങളുടേയും ഗാഢതകൾ സന്തുലനാവസ്ഥ കൈവരിക്കുമ്പോഴാണ്.
2. സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ മൂല്യം അഭികാരകങ്ങളുടേയും ഉൽപന്നങ്ങളുടേയും പ്രാരംഭഗാഢതകളെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല.
3. സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം താപനിലയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഏതൊരു രാസപ്രവർത്തിനും, അതിന്റെ സമീകൃതസമവാക്യത്തിനനുസൃതമായി, ഒരു നിശ്ചിത താപനിലയിൽ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കത്തിന് തനതായ ഒരു മൂല്യമുണ്ടായിരിക്കും.
4. പശ്ചാത്പ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലന സ്ഥിരാങ്കം, പുരോപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലന സ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ വ്യുൽക്രമത്തിന് തുല്യമായിരിക്കും.

5. ഒരു രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലന സ്ഥിരാങ്കം, k യും, അതിന്റെ സമീകൃതസമവാക്യത്തെ ചെറിയ സംഖ്യകൾ കൊണ്ട് ഗുണിക്കുകയോ ഹരിക്കുകയോ ചെയ്തു കിട്ടുന്ന സമവാക്യം കൊണ്ട് സൂചിപ്പിക്കുന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കവും തമ്മിൽ ബന്ധപ്പെടുത്താൻ കഴിയും.

ഇനി നമുക്ക് സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കങ്ങളുടെ ഉപയോഗങ്ങൾ പരിശോധിക്കാം.

- ഒരു രാസപ്രവർത്തനം എത്രത്തോളം നടന്നു എന്നത്, അതിന്റെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ മൂല്യത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പ്രവചിക്കാം.
- രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ദിശ പ്രവചിക്കാം.
- സന്തുലനഗാഢതകൾ കണക്കാക്കാം.

7.6.1 ഒരു രാസപ്രവർത്തനം എത്രമാത്രം നടന്നു എന്നതിന്റെ പ്രവചനം

ഒരു രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ മൂല്യം ആ രാസപ്രവർത്തനം എത്രമാത്രം നടന്നു എന്നതിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. എന്നാൽ, സന്തുലനത്തിലേക്ക് എത്തിച്ചേരുന്ന വേഗതയെപ്പറ്റി സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം ഒന്നും തന്നെ സൂചിപ്പിക്കുന്നില്ല എന്നുള്ളത് പ്രധാനപ്പെട്ടകാര്യമാണ്. K_c അല്ലെങ്കിൽ K_p യുടെ മൂല്യം ഉൽപന്നങ്ങളുടെ ഗാഢതയ്ക്ക് നേർ ആനുപാതത്തിലും (സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ പ്രയോഗത്തിലെ അംശത്തിൽ വരുന്നത് മൂലം) അഭികാരകങ്ങളുടെ ഗാഢതയ്ക്ക് വിപരീതാനുപാതത്തിലും ആണ് (ഛേദത്തിൽ വരുന്നതിനാൽ). K യുടെ ഉയർന്ന മൂല്യം, ഉൽപന്നങ്ങളുടെ ഉയർന്ന ഗാഢതയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു; നേരെ തിരിച്ചും.

സന്തുലനമിശ്രിതങ്ങളുടെ സംഘടനത്തെ പറ്റി നമുക്ക് താഴെപ്പറയുന്ന പൊതുവായ ധാരണകളിൽ എത്തിച്ചേരാം.

- $K_c > 10^3$ ആയാൽ ഉൽപന്നങ്ങൾ അഭികാരകങ്ങളേക്കാൾ കൂടി നിൽക്കുന്നു. അതായത്, K_c വളരെ വലുതായാൽ പ്രവർത്തനം ഏതാണ്ട് പൂർണതയിലേക്ക് അടുക്കുന്നു. താഴെയുള്ള ഉദാഹരണങ്ങൾ ശ്രദ്ധിക്കുക.

(a) 500 K വിൽ H_2 , O_2 എന്നിവ തമ്മിലുള്ള രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ മൂല്യം വളരെ ഉയർന്നതാണ്. $K_c = 2.4 \times 10^{47}$.

(b) $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g)$; 300K –ൽ $K_c = 4.0 \times 10^{31}$.

(c) $H_2(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2HBr(g)$, 300 K –ൽ $K_c = 5.4 \times 10^{18}$

- $K_c < 10^{-3}$ ആയാൽ, അഭികാരകങ്ങൾ ഉത്പന്നങ്ങളെക്കാൾ കൂടുതലായിരിക്കും. അതായത്, K_c വളരെ ചെറുതായാൽ രാസപ്രവർത്തനം നടക്കാനുള്ള സാധ്യത വളരെ കുറവാണ്. താഴെയുള്ള ഉദാഹരണങ്ങൾ ശ്രദ്ധിക്കുക;

(a) H_2O വിഘടിച്ച്, 500K –ൽ H_2 ഉം O_2 ഉം ആകുന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിന് വളരെ ചെറിയ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കമാണുള്ളത്. $K_c = 4.1 \times 10^{-48}$

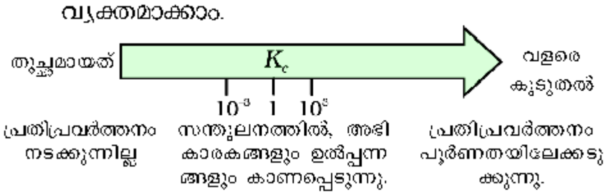
(b) $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$,

298 K -ൽ $K_c = 4.8 \times 10^{-31}$.

- K_c യുടെ മൂല്യം 10^{-3} മുതൽ 10^3 വരെ ആണെങ്കിൽ അഭികാരകങ്ങളുടെയും ഉത്പന്നങ്ങളുടെയും ഗാഢതയുടെ മൂല്യങ്ങൾ പരിഗണിക്കത്തക്കതായിരിക്കും. ചുവടെയുള്ള ഉദാഹരണങ്ങൾ ശ്രദ്ധിക്കുക;

(a) H_2 ഉം I_2 ഉം ചേർന്ന് HI ഉണ്ടാകുന്ന പ്രവർത്തനത്തിൽ 700K ൽ, $K_c = 57.0$

(b) വാതകാവസ്ഥയിലുള്ള N_2O_4 വിഘടിച്ച് NO_2 ആകുന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ, 25°C ൽ $K_c = 4.64 \times 10^{-3}$. ഇവ വളരെ ചെറിയ മൂല്യമോ വളരെ വലിയ മൂല്യമോ അല്ല. അതായത് സന്തുലനമിശ്രിതത്തിൽ N_2O_4 ന്റെയും NO_2 ന്റെയും പരിഗണിക്കത്തക്ക ഗാഢതകൾ അടങ്ങിയിട്ടുണ്ട്. ഈ കാര്യങ്ങളെ ചിത്രം 7.6 ൽ കൊടുത്തിട്ടുള്ളതുപോലെ വ്യക്തമാക്കാം.



ചിത്രം 7.6 *K_c യും രാസപ്രവർത്തനം എത്രമാത്രം നടന്നുവെന്നതും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം*

7.6.2 രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ദിശ പ്രവചിക്കൽ

ഒരു രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ദിശ ഏതു ഘട്ടത്തിലും പ്രവചിക്കാൻ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം സഹായിക്കുന്നു. ഇതിനുവേണ്ടി, രാസപ്രവർത്തനസിദ്ധിമാനം Q (Reaction Quotient) കണക്കുകൂട്ടുന്നു. രാസപ്രവർത്തനസിദ്ധിമാനഫലത്തെ, Q_c (മോളാർ ഗാഢത ആണെങ്കിൽ Q_c യും ഭാഗികമർദമാണെങ്കിൽ Q_p യും) സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം K_c നിർവചിച്ച അതേരീതിയിൽ നിർവ്വചിക്കാം, എന്നാൽ Q_c യിലുള്ള ഗാഢതകൾ സന്തുലനത്തിലുള്ള മൂല്യങ്ങൾ ആകണമെന്ന നിബന്ധന ഇല്ല. ഒരു പൊതു രാസപ്രവർത്തനം പരിഗണിച്ചാൽ,

$$a A + b B \rightleftharpoons c C + d D \quad (7.19)$$

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

ഇവിടെ

$Q_c > K_c$ ആയാൽ രാസപ്രവർത്തനം അഭികാരകങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്ന ദിശയിലേക്ക് നടക്കുന്നു (പശ്ചാത്പ്രവർത്തനം) $Q_c < K_c$ ആയാൽ, രാസപ്രവർത്തനം ഉൽപ്പന്നങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്ന ദിശയിൽ നടക്കുന്നു (പുരോപ്രവർത്തനം).

$Q_c = K_c$ ആയാൽ, രാസപ്രവർത്തനമിശ്രിതം സന്തുലനാവസ്ഥയിലാണെന്ന് മനസിലാക്കാം.

H_2 , I_2 എന്നിവ തമ്മിലുള്ള വാതകാവസ്ഥയിലുള്ള രാസപ്രവർത്തനം കണക്കിലെടുക്കുക.

$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$; 700 K – ൽ, $K_c = 57.0$

ഒരു ഘട്ടത്തിൽ മോളാർ ഗാഢതകൾ

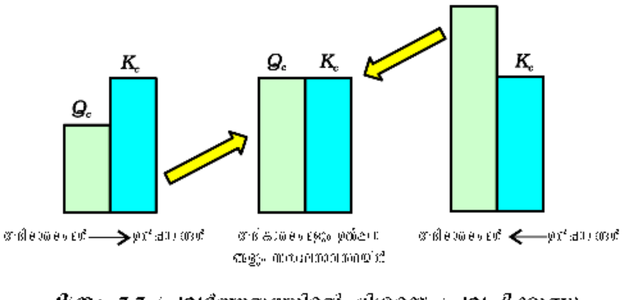
$[H_2]_t = 0.10 M$, $[I_2]_t = 0.20$ M and $[HI]_t = 0.40$ M ആണെന്ന് സങ്കൽപ്പിക്കുക. (ഗാഢതാപ്രതീകങ്ങളിലുള്ള കീഴ്ക്കുറിപ്പ് t സൂചിപ്പിക്കുന്നത്, സമയം t – യിൽ അളന്നിട്ടുള്ള ഗാഢതകളാണെന്നാണ്; അവ സന്തുലനത്തിലേതാകണമെന്ന് നിർബന്ധമില്ല).

അതിനാൽ ഈ ഘട്ടത്തിൽ, രാസപ്രവർത്തനസിദ്ധിമാനം,

$$Q_c = [HI]_t^2 / [H_2]_t [I_2]_t = (0.40)^2 / (0.10)\times(0.20) = 8.0$$

ഇവിടെ, Q_c (8.0), K_c (57.0) ക്ക് തുല്യമല്ല. അതിനാൽ $H_2(g)$, $I_2(g)$, $HI(g)$ തുടങ്ങിയവയുടെ മിശ്രിതം സന്തുലനത്തിലല്ല. അതായത്, $H_2(g)$, $I_2(g)$ എന്നിവ പ്രവർത്തിച്ച് കൂടുതൽ $HI(g)$ ഉണ്ടാവുകയും അഭികാരകങ്ങളുടെ ഗാഢതകൾ കുറയുകയും ചെയ്യും. $Q_c = K_c$ ആകുന്നതു വരെ ഇത് തുടരും.

രാസപ്രവർത്തനസിദ്ധിമാനം Q_c ഉപയോഗിച്ച് രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ദിശ പ്രവചിക്കാൻ കഴിയുന്നു. Q_c യുടെയും K_c യുടെയും മൂല്യങ്ങൾ താരതമ്യം ചെയ്തു കൊണ്ട് രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ദിശ സംബന്ധിച്ച് താഴെ പറയുന്ന പൊതുവായ കാര്യങ്ങൾ മനസിലാക്കാം.



ചിത്രം 7.7 പ്രവർത്തനത്തിന്റെ ദിശയെ പ്രവചിക്കുന്നു.

- $Q_c < K_c$ ആയാൽ ഫലത്തിൽ രാസപ്രവർത്തനം ഇടത്തുനിന്ന് വലത്തോട്ട് നടക്കുന്നു.
- $Q_c > K_c$ ആയാൽ ഫലത്തിൽ രാസപ്രവർത്തനം വലത്തുനിന്ന് ഇടത്തോട്ട് നടക്കുന്നു.
- $Q_c = K_c$ ആയാൽ ഫലത്തിൽ ഒരു രാസപ്രവർത്തനവും നടക്കുന്നില്ല (സന്തുലനത്തിലാണ്).

പ്രശ്നം 7.7

$2A \rightleftharpoons B + C$ എന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ K_c യുടെ മൂല്യം 2×10^{-3} ആണ്. ഒരു നിശ്ചിത സമയത്ത് രാസപ്രവർത്തനമിശ്രിതത്തിന്റെ സംഘടനം $[A] = [B] = [C] = 3 \times 10^{-4}$ M ആയാൽ ഏതു ദിശയിലേക്കായിരിക്കും രാസപ്രവർത്തനം നടക്കുന്നത്?

ഉത്തരം

രാസപ്രവർത്തനസിദ്ധിമാനം

$Q_c = [B][C]/ [A]^2$

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

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

$Q_c > K_c$ ആയത് കൊണ്ട് രാസപ്രവർത്തനം പിന്നോട്ടുള്ള ദിശയിലേക്ക് നടക്കുന്നു.

7.6.3 സന്തുലന ഗാഢതകൾ കണക്കാക്കൽ

പ്രാരംഭഗാഢത അറിയുകയും എന്നാൽ സന്തുലന ഗാഢതകൾ അറിയാതെ വരുകയും ചെയ്യുന്ന പ്രശ്നങ്ങളിൽ, താഴെപ്പറയുന്ന അഞ്ച് ഘട്ടങ്ങൾ പിന്തുടരേണ്ടതാണ്.

ഘട്ടം 1. പ്രവർത്തനത്തിന്റെ സമീകരിച്ച സമവാക്യമെഴുതുക

ഘട്ടം 2. സമീകരിച്ച സമവാക്യത്തിന് അടിയിലായി, പ്രവർത്തനത്തിലുൾപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ഓരോ ഘടകത്തിന്റേയും ചുവടെ ചേർത്തിട്ടുള്ള വിവരങ്ങൾ രേഖപ്പെടുത്തുന്ന പട്ടിക ഉണ്ടാക്കുക.

(a) പ്രാരംഭഗാഢത

(b) സന്തുലനത്തിലേക്ക് പോകുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന ഗാഢതയുടെ മാറ്റം

(c) സന്തുലനഗാഢത

പട്ടിക നിർമിക്കുമ്പോൾ, സന്തുലനത്തിലേക്ക് പോകുമ്പോൾ പ്രവർത്തിക്കുന്ന പദാർഥങ്ങളിൽ ഒരെണ്ണത്തിന്റെ ഗാഢതയെ (mol/L) x കൊണ്ട് സൂചിപ്പിക്കുക.

അതിനുശേഷം, മറ്റു പദാർഥങ്ങളുടെ ഗാഢതകളെ x ന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ നിർണയിക്കുന്നതിന് രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സമീകരണമിതി ഉപയോഗപ്പെടുത്തുക.

ഘട്ടം 3 രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലനസമവാക്യത്തിൽ സന്തുലനഗാഢതകൾ ഉപയോഗിച്ചു കൊണ്ട് x ന്റെ മൂല്യം കണ്ടെത്തുക. ദ്വിമാനസമവാക്യത്തിന്റെ നിർധാരണത്തിലൂടെ ലഭിക്കുന്ന മൂല്യങ്ങളിൽ, രാസപരമായി ശരിയായിട്ടുള്ളതുമാത്രമാണ് പരിഗണിക്കേണ്ടത്.

ഘട്ടം 4 x ന്റെ മൂല്യത്തിൽ നിന്ന് സന്തുലനഗാഢതകൾ കണ്ടെത്തുക.

ഘട്ടം 5 സന്തുലനസമവാക്യങ്ങളിൽ അവ പ്രയോഗിച്ച്, ലഭ്യമായ ഫലങ്ങൾ പരിശോധിക്കുക.

പ്രശ്നം 7.8

ഒരു ലിറ്റർ രാസപ്രവർത്തനപാത്രത്തിൽ 400 K ൽ 13.8 g N_2O_4 എടുത്ത് സന്തുലനം എത്താൻ അനുവദിച്ചു.

$N_2O_4 (g) \rightleftharpoons 2NO_2 (g)$

സന്തുലനത്തിലുള്ള ആകെ മർദം 9.15 bar ആണെന്നു കണ്ടെത്തി. K_c, K_p, സന്തുലനത്തിലുള്ള ഭാഗികമർദം എന്നിവ കണ്ടെത്തുക.

ഉത്തരം

ആകെ വ്യാപ്തം $(V) = 1$ L

N_2O_4 ന്റെ മോളിക്യുലാർ മാസ് = 92

വാതകത്തിന്റെ മോളുകളുടെ എണ്ണം (n) = 13.8g/ 92 g mol^{-1} = 0.15 mol

വാതകസ്ഥിരാങ്കം (R) = 0.083 bar L mol^{-1}K^{-1}

താപനില $(T) = 400$ K

$pV = nRT$

$p \times 1L = 0.15 \text{ mol} \times 0.083 \text{ bar L mol}^{-1}\text{K}^{-1} \times 400 \text{ K}$

$p = 4.98$ bar

	N_2O_4 $\rightleftharpoons$	$2NO_2$
പ്രാരംഭമർദം	4.98 bar	0
സന്തുലനത്തിൽ	(4.98 – x)bar	2x bar

അതിനാൽ

സന്തുലനത്തിലെ $P_{ആകെ} = p_{N_2O_4} + p_{NO_2}$

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

$9.15 = 4.98 + x$

$x = 9.15 - 4.98 = 4.17$ bar

സന്തുലനത്തിലുള്ള ഭാഗികമർദങ്ങൾ ഇവയാണ്,

$p_{N_2O_4} = 4.98 - 4.17 = 0.81$ bar

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

$K_p = \left(p_{NO_2}\right)^2 / p_{N_2O_4}$

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

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

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

$K_c = 2.586 = 2.6$

പ്രശ്നം 7.9

1L അടഞ്ഞ രാസപ്രവർത്തനപാത്രത്തിലിരിക്കുന്ന 3.00 mol PCl_5 380 K ൽ സന്തുലനം പ്രാപിക്കാൻ അനുവദിക്കുന്നു. സന്തുലനത്തിലുള്ള മിശ്രിതത്തിന്റെ സംഘടനം കണ്ടെത്തുക, $K_c = 1.80$

പരിഹാരം

	PCl_5 $\rightleftharpoons$	PCl_3 +	Cl_2
പ്രാരംഭഗാഢത	3.0	0	0

വിഘടിച്ച PCl_5 മോളുകളുടെ എണ്ണം x ആണെന്നിരിക്കട്ടെ. സന്തുലനത്തിൽ,

	(3-x)	x	x

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

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

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

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

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

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

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

$[PCl_5] = 3.0 - x = 3 - 1.59 = 1.41$ M

$[PCl_3] = [Cl_2] = x = 1.59$ M

7.7 സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം K , രാസപ്രവർത്തന സിദ്ധിമാനം Q, ഗിബ്സ് ഊർജം G – ഇവ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം

ഒരു രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ K_c-യുടെ മൂല്യം, അതിന്റെ നിരക്കിനെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. എന്നാലും യൂണിറ്റ് 6 ൽ പഠിച്ചതുപോലെ ഇത് രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ താപഗതികവുമായി നേരിട്ട് ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു; പ്രത്യേകിച്ചും ഗിബ്സ് ഊർജത്തിലുള്ള മാറ്റം ΔG-യുമായി.

- ΔG നെഗറ്റീവായാൽ, രാസപ്രവർത്തനം സ്വയംപ്രവർത്തിതമാകുകയും പുരോപ്രവർത്തനദിശയിൽ നടക്കുകയും ചെയ്യും.
- ΔG പോസിറ്റീവായാൽ, രാസപ്രവർത്തനം സ്വയംപ്രവർത്തിതമല്ലാത്തതായി കണക്കാക്കാം. മറിച്ച്, പശ്ചാത്പ്രവർത്തനത്തിന്റെ ΔG നെഗറ്റീവായതുകൊണ്ട് പുരോപ്രവർത്തനത്തിലെ ഉൽപ്പന്നങ്ങളെ അഭികാരകങ്ങളാക്കി മാറ്റാവുന്നതായിരിക്കും.
- ΔG പൂജ്യമാകുമ്പോൾ രാസപ്രവർത്തനം സന്തുലനം കൈവരിച്ചിരിക്കുന്നെന്നും, അതിനെ നയിക്കാൻ ഒരു സ്വതന്ത്രഊർജവും അവശേഷിച്ചിട്ടില്ലെന്നും കാണാം.

സന്തുലനത്തിന്റെ ഈ താപഗതികകാഴ്ചപ്പാടിനെ താഴെപ്പറയുന്ന സമവാക്യത്തിലൂടെ വിശദമാക്കാം.

$$\Delta G = \Delta G^{\ominus} + RT \ln Q \qquad (7.21)$$

ഇവിടെ $\Delta G^{\ominus}$ എന്നത് പ്രമാണഗിബ്സ് ഊർജമാണ്.

സന്തുലനത്തിൽ $\Delta G = 0$, $Q = K_c$, ആയതിനാൽ സമവാക്യം (7.21)

$$\Delta G = \Delta G^{\ominus} + RT \ln K = 0$$

$$\Delta G^{\ominus} = -RT \ln K \qquad (7.22)$$

$$\ln K = -\Delta G^{\ominus} / RT$$

രണ്ടു വശവും ആന്റിലോഗ് എടുത്താൽ,

$$K = e^{\Delta G^{\ominus} / RT} \qquad (7.23)$$

അതിനാൽ സമവാക്യം (7.23) ഉപയോഗിച്ചുകൊണ്ട് രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സ്വയംപ്രാവർത്തികതയെ $\Delta G^{\ominus}$ ന്റെ മൂല്യത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വ്യഖ്യാനിക്കാം.

- $\Delta G^{\ominus} < 0$ ആയാൽ $-\Delta G^{\ominus}/RT$ പോസിറ്റീവാവുകയും, $e^{-\Delta G^{\ominus}/RT} > 1$ ആകുകയും ചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ $K > 1$ ആകുന്നു. ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത് പ്രവർത്തനം സ്വയംപ്രവർത്തിതമാകുകയും, ഉൽപന്നങ്ങൾ ധാരാളമുണ്ടാകത്തക്ക തരത്തിൽ പുരോപ്രവർത്തനദിശയിൽ പുരോഗമിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു എന്നാണ്.
- $\Delta G^{\ominus} > 0$ ആയാൽ $-\Delta G^{\ominus}/RT$ നെഗറ്റീവാവുകയും $-\Delta G^{\ominus}/RT < 1$ അതായത്, $K < 1$ ആകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് സ്വയംപ്രവർത്തിതമല്ലാത്ത രാസപ്രവർത്തനത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. വളരെ ചെറിയ തോതിൽ മുന്നോട്ടുള്ള പ്രവർത്തനം നടക്കുകയും വളരെ ചെറിയ അളവിൽ ഉൽപ്പന്നങ്ങൾ ഉണ്ടാവുകയും ചെയ്യുന്നു.

പ്രശ്നം 7.10

ഗ്ലൈക്കോളിസിസിൽ ഗ്ലൂക്കോസിന്റെ ഫോസ്ഫോറിലേഷനുള്ള $\Delta G^{\ominus}$ 13.8 kJ /mol ആണ്. 298 K ലുള്ള K_c യുടെ മൂല്യം കണ്ടെത്തുക.

ഉത്തരം

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

$\Delta G^{\ominus} = -RT \ln K_c$

അതുകൊണ്ട്,

$\ln K_c = -13.8 \times 10^3$ J/മോൾ/(8.314 J mol^{-1}K$^{-1} \times 298$ K)

$\ln K_c = -5.569$

$K_c = e^{5.569}$

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

പ്രശ്നം 7.11

സുക്രോസിന്റെ ജലീയവിശ്ലേഷണം,

സുക്രോസ് + H_2O ⇌ ഗ്ലൂക്കോസ് + ഫ്രക്റ്റോസ്

300 K ൽ രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലന സ്ഥിരാങ്കം 2×10^{13} ആണ്. 300K ലുള്ള $\Delta G^{\ominus}$ കണ്ടെത്തുക.

ഉത്തരം

$\Delta G^{\ominus} = -RT \ln K_c$

$\Delta G^{\ominus} = -8.314$ J മോൾ$^{-1}$K$^{-1} \times 300$ K $\times \ln(2 \times 10^{13})$

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

7.8 സന്തുലനങ്ങളെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ

രാസസംശ്ലേഷണത്തിന്റെ പ്രധാന ലക്ഷ്യങ്ങളിലൊന്ന് ഊർജത്തിന്റെ ഉപയോഗം പരമാവധി കുറച്ചുകൊണ്ട് അഭികാരകങ്ങൾ ഉൽപ്പന്നങ്ങളാകുന്ന മാറ്റത്തെ പരമാവധി വർധിപ്പിക്കുക എന്നുള്ളതാണ്. മിതമായ താപനിലയിലും മർദത്തിലും പരമാവധി ഉത്പന്നങ്ങൾ ഉണ്ടാകുക എന്നതാണ് ഇതു കൊണ്ടുദ്ദേശിക്കുന്നത്. ഇത് സംഭവിച്ചില്ലെങ്കിൽ, പരീക്ഷണസാഹചര്യങ്ങൾ ക്രമീകരിക്കേണ്ടതായി വരും. ഉദാഹരണമായി N_2 , H_2 എന്നിവയിൽ നിന്ന് ഹേബർപ്രക്രിയ വഴി അമോണിയ നിർമിക്കുന്നതിൽ, പരീക്ഷണസാഹചര്യങ്ങൾ തിരഞ്ഞെടുക്കുന്നത് സാമ്പത്തികപ്രാധാന്യം ഏറെയുള്ള കാര്യമാണ്.

13.8
8.314 J മേ

ലോകത്താകമാനമുള്ള അമോണിയയുടെ വാർഷിക ഉൽപാദനം ഏകദേശം 100 മില്യൺ ടൺ ആണ്. പ്രധാനമായും രാസവള നിർമാണത്തിനാണിതുപയോഗിക്കുന്നത്.

സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം, K_c പ്രാരംഭഗാഢതകളെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല. എന്നാൽ സന്തുലനത്തിലിരിക്കുന്ന ഒരു വ്യൂഹത്തിലെ ഒന്നോ അതിലധികമോ ഘടകപദാർഥങ്ങളുടെ ഗാഢതയ്ക്ക് മാറ്റം വരുത്തിയാൽ, വ്യൂഹത്തിന് സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ തുടരാനാകില്ല. വ്യൂഹം വീണ്ടും സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ എത്തുന്നതുവരെ രാസപ്രവർത്തനം ഏതെങ്കിലും ഒരു ദിശയിലേക്ക് നടക്കുകയും ചെയ്യും. ഇതുപോലെതന്നെ താപം, മർദം എന്നിവയിൽ മാറ്റം വരുത്തിയാലും വ്യൂഹത്തിന്റെ സന്തുലനാവസ്ഥയിൽ മാറ്റം സംഭവിക്കും. ഏത് ദിശയാണ് രാസപ്രവർത്തനം സ്വീകരിക്കുന്നതെന്നു തീരുമാനിക്കാനും സന്തുലനത്തിലെ സാഹചര്യങ്ങൾക്ക് മാറ്റം ഉണ്ടായാൽ അതിന്റെ ഗുണാത്മകപ്രവചനം നടത്തുന്നതിനും **ലേ ഷാറ്റ്ലിയർ തത്വം നമുക്ക് ഉപയോഗിക്കാം. ഒരു വ്യൂഹത്തിലെ സന്തുലന സാഹചര്യങ്ങളെ തീരുമാനിക്കുന്ന ഏതെങ്കിലും ഒരു ഘടകത്തിന് മാറ്റമുണ്ടാക്കിയാൽ, വ്യൂഹം ആ മാറ്റത്തിന്റെ സ്വാധീനം കുറയ്ക്കാനോ ഇല്ലാതാക്കാനോ ശ്രമിക്കുന്നു എന്നതാണ് ഈ തത്വം.** ഇത് എല്ലാ ഭൗതിക-രാസ സന്തുലനങ്ങൾക്കും പ്രയോഗിക്കാവുന്നതാണ്.

ഇനി സന്തുലനത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളെക്കുറിച്ച് ചർച്ച ചെയ്യാം.

7.8.1 ഗാഢതാമാറ്റത്തിന്റെ സ്വാധീനം

പൊതുവെ, സന്തുലനത്തിലുള്ള ഒരു വ്യൂഹത്തിലേക്ക് ഏതെങ്കിലും ഒരു അഭികാരകം / ഉൽപ്പന്നം ചേർക്കുകയോ നീക്കം ചെയ്യുകയോ ചെയ്താൽ, ലേ ഷാറ്റ്ലിയർ തത്വമനുസരിച്ച് :

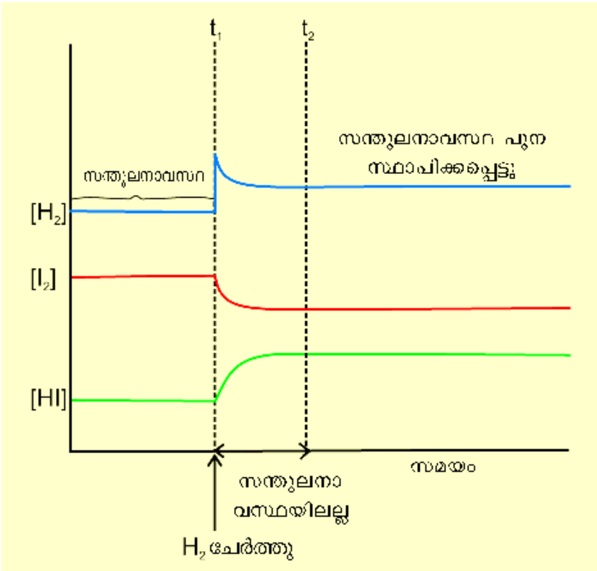
- ചേർക്കപ്പെട്ട അഭികാരകത്തിന്റെ/ ഉൽപ്പന്നത്തിന്റെ അധികഗാഢത കുറയ്ക്കുന്നതിനായി, ചേർത്ത പദാർഥം ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്ന ദിശയിലേക്ക് രാസപ്രവർത്തനം നടക്കുന്നു.
- നീക്കം ചെയ്ത അഭികാരകത്തിന്റെ/ഉൽപ്പന്നത്തിന്റെ ഗാഢതയുടെ കുറവ് പരിഹരിയ്ക്കുന്നതിനായി, നീക്കം ചെയ്ത വസ്തു ധാരാളമുണ്ടാകുന്ന ദിശയിലേക്ക് രാസപ്രവർത്തനം നടക്കുന്നു.

മറ്റൊരുതരത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ,

"സന്തുലനത്തിലിരിക്കുന്ന ഒരു രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ ഏതെങ്കിലും ഒരു അഭികാരകത്തിന്റെയോ ഉൽപ്പന്നത്തിന്റെയോ ഗാഢതയ്ക്ക് മാറ്റം വരുത്തിയാൽ, സന്തുലനമിശ്രിതത്തിന്റെ സംഘടനം, ഗാഢത മാറ്റത്തിന്റെ സ്വാധീനത്തെ കുറയ്ക്കുന്ന രീതിയിലേക്ക് ക്രമീകരിക്കപ്പെടുന്നു."

$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ എന്ന രാസപ്രവർത്തനം പരിഗണിക്കുക.

സന്തുലനത്തിലുള്ള രാസപ്രവർത്തനമിശ്രിതത്തിലേക്ക് H_2 ചേർത്താൽ, സന്തുലനത്തിന് മാറ്റമുണ്ടാകുന്നു. സന്തുലനത്തിലേക്ക് തിരികെ എത്തണമെന്നുണ്ടെങ്കിൽ H_2 ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്ന രീതിയിൽ രാസപ്രവർത്തനം നടക്കണം, അതായത്, കൂടുതൽ H_2 ഉം I_2 ഉം പ്രവർത്തിച്ച് HI ഉണ്ടാകുകയും തത്ഫലമായി സന്തുലനം വലതു (മുന്നോട്ട്) ദിശയിലേക്ക് മാറുകയും ചെയ്യുന്നു (ചിത്രം 7.8). ഇത് ലേ ഷാറ്റ്ലിയർ തത്വത്തിന് അനുസൃതമായതിനാൽ അഭികാരകം / ഉൽപ്പന്നം ചേർക്കുന്ന സാഹചര്യങ്ങളിൽ, ഒരു പുതിയ സന്തുലനം രൂപപ്പെടുകയും അതിൽ അഭികാരകം /ഉൽപ്പന്നത്തിന്റെ ഗാഢത അത് വർധിപ്പിച്ചതിന് ശേഷമുള്ളതിനേക്കാൾ കുറവായിരിക്കുകയും എന്നാൽ ആദ്യത്തെ മിശ്രിതത്തിലുള്ളതിനേക്കാൾ കൂടുതലായിരിക്കുകയും ചെയ്യും.



ചിത്രം 7.8 $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ എന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ അഭികാരകങ്ങളുടേയും ഉൽപ്പന്നങ്ങളുടേയും ഗാഢതാമാറ്റത്തിൽ, H_2 ചേർക്കുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന സ്വാധീനം.

ഈ കാര്യം തന്നെ രാസപ്രവർത്തനസിദ്ധിമാനം (reaction quatient) Q_c യുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വിശദീകരിക്കാം.

$$Q_c = [HI]^2/ [H_2][I_2]$$

സന്തുലനത്തിൽ H_2 ചേർക്കുകവഴി Q_c-യുടെ മൂല്യം K_c യേക്കാൾ താഴ്ന്നിടയാകുന്നു. അതിനാൽ, സന്തുലനം പുനഃസ്ഥാപിക്കുന്നതിനായി രാസപ്രവർത്തനം മുന്നോട്ടുള്ള ദിശയിലേക്ക് നടക്കുന്നു. ഇതുപോലെ തന്നെ, ഉൽപ്പന്നത്തിന്റെ നീക്കം ചെയ്യലും മുന്നോട്ടുള്ള പ്രവർത്തനത്തെ വർധിപ്പിക്കുന്നുവെന്നും ഉൽപ്പന്നങ്ങളുടെ ഗാഢത വർധിപ്പിക്കുമെന്നും നമുക്ക് പറയാം.

ഉൽപ്പന്നം വാതകമോ ബാഷ്പീകരണശേഷിയുള്ള പദാർഥമോ ആകുന്ന പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഇതിന് വളരെ വ്യാവസായികപ്രാധാന്യം ഉണ്ട്. അമോണിയയുടെ വ്യാവസായിക നിർമാണത്തിൽ, അമോണിയയെ ദ്രവീകരിക്കുകയും പ്രവർത്തനമിശ്രിതത്തിൽ നിന്ന് നീക്കുകയും അതു വഴി പ്രവർത്തനത്തെ മുന്നോട്ടുള്ള ദിശയിലേക്ക് നയിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതുപോലെ തന്നെ, CaO ന്റെ വലിയ അളവിലുള്ള നിർമാണം (പ്രധാനപ്പെട്ട കെട്ടിടനിർമാണസാമഗ്രിയായി ഉപയോഗിക്കുന്നു), $CaCO_3$ ഉപയോഗിച്ച് നടത്തുമ്പോൾ, ചൂളയിൽ നിന്ന് CO_2 നെ സറിരമായി നീക്കം ചെയ്യുകയും പ്രവർത്തനത്തെ പൂർണതയിൽ എത്തിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഉൽപ്പന്നത്തിന്റെ തുടർച്ചയായ നീക്കം ചെയ്യൽ Q_c യുടെ മൂല്യത്തെ K_c യിൽ നിന്ന് ചെറുതാക്കി നിർത്തുകയും, പ്രവർത്തനം തുടർച്ചയായി മുന്നോട്ടുള്ള ദിശയിൽ സംഭവ്യമാക്കുകയും ചെയ്യുമെന്ന് ഓർക്കേണ്ടതാണ്.

ഗാഢതയുടെ സ്വാധീനം – ഒരു പരീക്ഷണം

താഴെപ്പറയുന്ന രാസപ്രവർത്തനം വഴി ഇത് നമുക്ക് വ്യക്തമാക്കാം :

$$Fe^{3+}(aq) + SCN^-(aq) \rightleftharpoons [Fe(SCN)]^{2+}(aq) \qquad (7.24)$$

മഞ്ഞ നിറമില്ലാത്തത് കടും ചുവപ്പ്

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

രണ്ടുതുള്ളി 0.002 M പൊട്ടാസ്യം തയോസയനേറ്റ് ലായനി 1 mL, 0.2 M അയൺ (III) നൈട്രേറ്റ് ലായനിയിലേക്ക് ചേർത്താൽ $[Fe(SCN)]^{2+}$ ന്റെ രൂപീകരണത്തിന്റെ ഫലമായി ചുവപ്പുനിറം പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്നു. സന്തുലനം നേടുമ്പോൾ ചുവപ്പുനിറത്തിന്റെ തീവ്രത സ്ഥിരമായിരിക്കും. അഭികാരകം അല്ലെങ്കിൽ ഉൽപ്പന്നം ചേർക്കുന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ നമുക്ക് ഈ സന്തുലനത്തെ മുന്നോട്ടോ പിന്നോട്ടോ ഉള്ള ദിശയിലേക്ക് മാറ്റാൻ കഴിയുന്നതാണ്. Fe^{3+} അല്ലെങ്കിൽ SCN^- അയോണുകൾ മാറ്റാൻ കഴിവുള്ള പദാർഥങ്ങൾ ചേർത്ത് കൊണ്ട് സന്തുലനത്തെ വിപരീതദിശയിൽ ആക്കാൻ കഴിയും. ഉദാഹരണത്തിന് ഓക്സാലിക് ആസിഡ് ($H_2C_2O_4$), Fe^{3+} അയോണുകളുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിച്ച് സ്ഥിരതയുള്ള കോംപ്ലക്സ് അയോൺ, $[Fe(C_2O_4)_3]^{3-}$ ഉണ്ടാവുകയും അത് വഴി സ്വതന്ത്ര $Fe^{3+}(aq)$ ന്റെ ഗാഢത കുറയ്ക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ലേ ഷാറ്റ്ലിയർ തത്വത്തിന് അനുസൃതമായി നീക്കം ചെയ്ത Fe^{3+} ന്റെ ഗാഢതയുടെ കുറവ് പരിഹരിക്കുന്നതിനായി $[Fe(SCN)]^{2+}$ വിഘടിക്കുകയും അത് വഴി Fe^{3+} അയോണുകൾ ധാരാളം ഉണ്ടാവുകയും ചെയ്യും. $[Fe(SCN)]^{2+}$ ന്റെ ഗാഢത കുറയുന്ന കാരണത്താൽ, ചുവപ്പുനിറത്തിന്റെ തീവ്രത കുറയുന്നു.

ജലീയ $HgCl_2$ ചേർക്കുമ്പോഴും ചുവപ്പുനിറം കുറയുന്നു. കാരണം, Hg^{2+}, SCN^- അയോണുകളുമായി പ്രവർത്തിച്ച് സ്ഥിരതയുള്ള കോംപ്ലക്സ് അയോൺ $[Hg(SCN)_4]^{2-}$ ഉണ്ടാകുന്നു. സ്വതന്ത്ര $SCN^-(aq)$ ന്റെ നീക്കംചെയ്യൽ സമവാക്യം (7.24) ലുള്ള സന്തുലനത്തെ വലത്തുനിന്ന് ഇടത്തോട്ട് തിരിക്കുകയും SCN^- അയോണുകളെ കൂട്ടുകയും ചെയ്യുന്നു. നേരേമറിച്ച് പൊട്ടാസിയംതയോസയനേറ്റ് ചേർത്താൽ സന്തുലനത്തെ വലത്തോട്ട് തിരിക്കുകയും ലായനിയുടെ നിറത്തിന്റെ തീവ്രത വർധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

7.8.2 മർദവ്യത്യാസത്തിന്റെ സ്വാധീനം

വാതകാഭികാരകങ്ങളുടെ ആകെ മോളുകളുടെ എണ്ണവും വാതക ഉത്പന്നങ്ങളുടെ ആകെ മോളുകളുടെ എണ്ണവും വ്യത്യസ്തമാണെങ്കിൽ വ്യാപ്തവ്യത്യാസം മൂലം ഉണ്ടാകുന്ന മർദത്തിന്റെ മാറ്റം വാതകരാസപ്രവർത്തനങ്ങളിലെ ഉത്പന്നത്തിന്റെ അളവിനെ സ്വാധീനിക്കും. ഭിന്നാത്മകസന്തുലനത്തിൽ ലേ ഷാറ്റ്ലിയർ തത്വം പ്രയോഗിക്കേണ്ട സാഹചര്യങ്ങളിൽ ഖര-ദ്രാവക പദാർഥങ്ങളിലുണ്ടാകുന്ന മർദത്തിന്റെ മാറ്റം അവഗണിക്കാവുന്നതാണ്. കാരണം, ലായനി/ദ്രാവകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം (ഗാഢത) മർദത്തെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല.

ഈ രാസപ്രവർത്തനം കണക്കിലെടുക്കുക.

$$CO(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons CH_4(g) + H_2O(g)$$

ഇവിടെ 4 മോൾ വാതകാഭികാരകങ്ങൾ ($CO + 3H_2$) 2 മോൾ വാതകഉത്പന്നങ്ങൾ ($CH_4 + H_2O$) ആയി മാറുന്നു. ഒരു പിസ്റ്റൺ ഘടിപ്പിച്ച സിലിണ്ടറിൽ ഉള്ള സന്തുലനമിശ്രിതം (മേൽ പ്രവർത്തനത്തിന്റെ) സറിരം താപനിലയിൽ സങ്കോചിപ്പിച്ച് അതിന്റെ യഥാർഥ വ്യാപ്തത്തിന്റെ നേർ പകുതിയാക്കുക. അപ്പോൾ ആകെ മർദം ഇരട്ടിയാകും (PV = സറിരസംഖ്യ). ഭാഗിക മർദവും അഭികാരകങ്ങളുടേയും ഉത്പന്നങ്ങളുടേയും ഗാഢതയും മാറുന്നതിനാൽ മിശ്രിതം സന്തുലനത്തിൽ ഇനിയും നില കൊള്ളുകയില്ല. സന്തുലനം പുനഃസ്ഥാപിക്കുന്നതിനുള്ള രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ദിശ ലേ ഷാറ്റ്ലിയർ തത്വം ഉപയോഗപ്പെടുത്തി പ്രവചിക്കാൻ കഴിയും. മർദം ഇരട്ടി ആക്കിയാൽ വാതകത്തിന്റെ മോളുകളുടെ എണ്ണമോ മർദമോ കുറയുന്ന ദിശയായ മുന്നോട്ടുള്ള ദിശയിലേക്ക് സന്തുലനം മാറ്റപ്പെടുന്നു. (മർദം വാതകത്തിന്റെ മോളുകളുടെ എണ്ണത്തിന് ആനുപാതികം എന്ന് നമുക്കറിയാം). രാസപ്രവർത്തന സിദ്ധിമാനം ഉപയോഗിച്ച് നമുക്കിത് മനസിലാക്കാം. മെഥനീകരണ (methanation) രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ സന്തുലനത്തിലുള്ള മോളാർഗാഢതകൾ $[CO]$, $[H_2]$, $[CH_4]$, $[H_2O]$ ആണെന്നിരിക്കട്ടെ. രാസപ്രവർത്തനമിശ്രിതത്തിന്റെ വ്യാപ്തം പകുതി ആക്കിയാൽ ഭാഗിക മർദവും ഗാഢതയും ഇരട്ടിയാകും. രാസപ്രവർത്തന സിദ്ധിമാനം നമുക്ക് കിട്ടുന്നതിനായി ഓരോ സന്തുലന ഗാഢതയും

അതിന്റെ ഇരട്ടി മൂല്യമുപയോഗിച്ച് മാറ്റേണ്ടതായിട്ടുണ്ട്.

$$Q_c = \frac{[CH_4(g)][H_2O(g)]}{[CO(g)][H_2(g)]^3}$$

$Q_c < K_c$ ആയതിനാൽ രാസപ്രവർത്തനം മുന്നോട്ടുള്ള ദിശയിൽ നടക്കുന്നു.

$C(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons 2CO(g)$ എന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ മർദം വർധിപ്പിച്ചാൽ അത് പിന്നോട്ടുള്ള ദിശയിൽ നടക്കുന്നു. കാരണം മുന്നോട്ടുള്ള ദിശയിൽ വാതകത്തിന്റെ മോളുകളുടെ എണ്ണം വർധിക്കുന്നു.

7.8.3 ഉത്കൃഷ്ടവാതകം ചേർക്കുന്നതിന്റെ സ്വാധീനം

വ്യാപ്തം സ്ഥിരമായി നിർത്തുകയും, ആർഗൺ പോലുള്ള ഉൽകൃഷ്ടവാതകം (രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ പങ്കെടുക്കാത്തത്) ചേർക്കുകയോ ചെയ്താൽ, സന്തുലനം മാറ്റമുണ്ടാകാതെ നിലകൊള്ളും. ഇതിനുകാരണം, നിശ്ചിത വ്യാപ്തത്തിലുള്ള ഉൽകൃഷ്ടവാതകത്തിന്റെ കൂട്ടിച്ചേർക്കൽ രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ ഉൾപ്പെട്ട വാതകങ്ങളുടെ ഭാഗിക മർദങ്ങളേയോ മോളാർ ഗാഢതകളേയോ മാറ്റുന്നില്ല എന്നതാണ്. രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന അഭികാരകമോ ഉൽപന്നമോ ആയ വാതകം ചേർത്താൽ മാത്രമേ രാസപ്രവർത്തന സിദ്ധിമാനം മാറ്റപ്പെടുകയുള്ളൂ.

7.8.4 താപനിലയിലെ മാറ്റത്തിന്റെ സ്വാധീനം

ഗാഢത, മർദം അല്ലെങ്കിൽ വ്യാപ്തം എന്നിവയ്ക്ക് മാറ്റം വരുത്തി, സന്തുലനത്തിന് മാറ്റമുണ്ടാക്കിയാൽ, സന്തുലനമിശ്രിതത്തിന്റെ സംഘടനം മാറുന്നു. കാരണം ഈ സാഹചര്യത്തിൽ രാസപ്രവർത്തനസിദ്ധിമാനം Q_c, സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം K_c ക്ക് തുല്യമായിരിക്കുകയില്ല എന്നതാണ്. എന്നാൽ, താപനിലക്ക് മാറ്റമുണ്ടായാൽ, സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം, K_c-യുടെ മൂല്യം മാറും.

പൊതുവെ, സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കവും താപനിലയുമായുള്ള ബന്ധം, രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ΔH ന്റെ ചിഹ്നത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

- താപനില വർധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് ഒരു താപമോചകപ്രവർത്തനത്തിന്റെ (നെഗറ്റീവ് ΔH) സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം കുറയുന്നു.
- താപനില വർധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് ഒരു താപശോഷകപ്രവർത്തനത്തിന്റെ (പോസിറ്റീവ് ΔH) സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം വർധിക്കുന്നു.

താപനിലയുടെ മാറ്റം സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കത്തേയും രാസപ്രവർത്തനനിരക്കുകളേയും സ്വാധീനിക്കുന്നു.
അമോണിയയുടെ നിർമാണം പരിഗണിക്കുക.

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \ ; \Delta H = -92.38 \ kJmol^{-1}$$

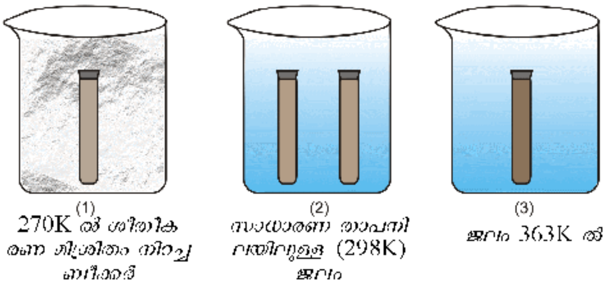
ഇത് ഒരു താപമോചകരാസപ്രവർത്തനമാണ് ലേ ഷാറ്റ്ലിയർ തത്വപ്രകാരം, താപനിലയുടെ വർധനവ്, സന്തുലനത്തെ ഇടത്തോട്ട് തിരിക്കുകയും അമോണിയയുടെ സന്തുലനഗാഢത കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. മറ്റൊരുതരത്തിൽ, കുറഞ്ഞ താപനില അമോണിയയുടെ അളവ് കൂടുന്നതിന് അനുകൂലമാണെങ്കിലും, പ്രായോഗികതലത്തിൽ വളരെ താഴ്ന്ന താപനില രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ വേഗത കുറയ്ക്കുമെന്നതിനാൽ ഉൽപ്രേരകം ഉപയോഗിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

താപനിലയുടെ സ്വാധീനം - ഒരു പരീക്ഷണം

സന്തുലനത്തിൽ താപനിലയുടെ സ്വാധീനം വ്യക്തമാക്കുന്നതിനായി NO_2 വാതകത്തിന്റെ (തവിട്ടുനിറമുള്ളത്) രണ്ട് തന്മാത്രകൾ ചേർന്ന് N_2O_4 (നിറമില്ലാത്തത്) ആകുന്ന രാസപ്രവർത്തനം പരിഗണിക്കാം.

$$2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g); \Delta H = -57.2 \ kJ \ mol^{-1}$$

ഗാഢ HNO_3 യിലേക്ക് Cu പൊടി ചേർത്തു കിട്ടുന്ന NO_2 വാതകത്തെ രണ്ട് 5 mL ടെസ്റ്റ്ട്യൂബുകളിൽ ശേഖരിച്ച് (ഓരോ ട്യൂബിലും നിറത്തിന്റെ ഒരേ തീവ്രത ഉറപ്പുവരുത്തികൊണ്ട്) അരാൾഡൈറ്റ് കൊണ്ട് സ്റ്റോപ്പർ സീൽ ചെയ്യുക. മൂന്ന് 250 mL ബീക്കറുകളിൽ (1, 2, 3) യഥാക്രമം ശീതീകരണമിശ്രിതം, സാധാരണ താപനിലയിലുള്ള ജലം, ചൂടുജലം (363K) എന്നിവ എടുക്കുക (ചിത്രം 7.9). രണ്ട് ടെസ്റ്റ്ട്യൂബുകളും 2-ാം ബീക്കറിൽ 8-10 മിനിറ്റ്



ചിത്രം 7.9 $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$ *എന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിലെ സന്തുലനത്തിൽ താപനിലയുടെ സ്വാധീനം.*

വരെ വയ്ക്കുക. ഇതിനുശേഷം ഒന്നിനെ ബീക്കർ 1 ലും മറ്റേതിനെ ബീക്കർ 3 ലും വയ്ക്കുക. രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ദിശയിലുള്ള താപനിലയുടെ സ്വാധീനം ഈ പരീക്ഷണത്തിലൂടെ വളരെ നല്ല രീതിയിൽ വെളിപ്പെടുത്താം. ഒന്നാം ബീക്കറിൽ, താഴ്ന്ന താപനിലയിൽ N_2O_4 രൂപപ്പെടുന്ന പുരോ പ്രവർത്തനം പുരോഗമിക്കുന്നു. കാരണം, പുരോപ്രവർത്തനം താപമോചകമാണ്. അതിനാൽ NO_2 ന്റെ ഫലമായുള്ള തവിട്ടുനിറത്തിന്റെ തീവ്രത കുറയുന്നു. എന്നാൽ ബീക്കർ 3 ൽ, ഉയർന്ന താപനിലയിൽ NO_2 രൂപീകരണത്തിന്റെ പശ്ചാത് പ്രവർത്തനം സാധ്യമാക്കുകയും, അതിനാൽ തവിട്ട് നിറം തീവ്രമാകുകയും ചെയ്യുന്നു.

താപനിലയുടെ സ്വാധീനം താപശോഷകപ്രവർത്തനത്തിലും കാണാം:

$$[Co(H_2O)_6]^{3+}(aq) + 4Cl^-(aq) \rightleftharpoons [CoCl_4]^{2-}(aq) + 6H_2O(l); \Delta H = +ve$$

പിങ്ക്, നിറമില്ല, നീല

സാധാരണ താപനിലയിൽ $[CoCl_4]^{2-}$ന്റെ സാന്നിധ്യം മൂലം സന്തുലനമിശ്രിതത്തിന് നീല നിറമാണ്. എന്നാൽ, ശീതീകരണമിശ്രിതത്തിൽ ഈ വ്യൂഹം വയ്ക്കുമ്പോൾ താപനില കുറയുന്നതിനാൽ സന്തുലനം ഇടത്തേക്ക് നീങ്ങുകയും കൂടുതൽ $[Co(H_2O)_6]^{3+}$ ഉണ്ടാകുകയും രാസപ്രവർത്തനമിശ്രിതം പിങ്ക് നിറമാകുകയും ചെയ്യുന്നു.

7.8.5 ഉൽപ്രേരകത്തിന്റെ സ്വാധീനം

അഭികാരകങ്ങളെ ഉൽപ്പന്നമാക്കി മാറ്റുന്നതിന് പുതിയ ഒരു നിമ്നോർജപാത ലഭ്യമാക്കിക്കൊണ്ട് ഉൽപ്രേരകം രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ വേഗത വർധിപ്പിക്കുന്നു. ഇത് ഒരേ സംക്രമണാവസ്ഥയിൽക്കൂടി കടന്നുപോകുന്ന പുരോ–പശ്ചാത്പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ നിരക്ക് ഒരുപോലെ വർധിപ്പിക്കാൻ കാരണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് സന്തുലനത്തെ വ്യത്യാസപ്പെടുത്തുന്നില്ല. ഉൽപ്രേരകം പുരോ-പശ്ചാത് പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഉത്തേജന ഊർജത്തെ ഒരേ അളവിൽ കൃത്യമായി കുറയ്ക്കുന്നു. ഒരു രാസപ്രവർത്തനമിശ്രിതത്തിന്റെ സന്തുലനസംഘടനത്തെ ഉൽപ്രേരകം സ്വാധീനിക്കുന്നില്ല. അത് സമീകരിച്ച രാസസമവാക്യത്തിലോ സന്തുലന സ്ഥിരാങ്കവ്യഞ്ജകത്തിലോ പ്രത്യക്ഷമാകുന്നില്ല.

ഉയർന്ന താപമോചകപ്രവർത്തനവും, അഭികാരകങ്ങളുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ ഉൽപ്പന്നങ്ങളുടെ ആകെ മോളുകളുടെ എണ്ണത്തിൽ കുറവുള്ളതുമായ, ഹൈഡ്രജനിൽ നിന്നും നൈട്രജനിൽ നിന്നുമുള്ള NH_3 യുടെ രൂപീകരണം പരിഗണിക്കുക. സന്തുലന സ്ഥിരാങ്കം താപനില വർധിക്കുന്നതനുസരിച്ച് കുറയുന്നു. താഴ്ന്ന താപനിലയിൽ നിരക്ക് കുറയുകയും സന്തുലനത്തിലെത്താൻ ദീർഘസമയമെടുക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. എന്നാൽ, ഉയർന്ന താപനിലയിൽ തൃപ്തികരമായ നിരക്കാണെങ്കിലും ഉൽപന്നത്തിന്റെ അളവ് കുറവായിരിക്കും.

NH_3 യുടെ സന്തുലനഗാഢത താരതമ്യേന അനുകൂലമായ താപനിലയിൽ, തൃപ്തികരമായ നിരക്കിൽ നടത്തുന്നതിന് ഈ രാസപ്രവർത്തനത്തെ അയൺ ചേർന്ന ഒരു ഉൽപ്രേരകമുപയോഗിച്ച് ത്വരിതപ്പെടുത്താൻ കഴിയുമെന്ന് ജർമൻ രസതന്ത്രജ്ഞനായ ഫ്രിറ്റ്സ് ഹേബർ കണ്ടുപിടിച്ചു. പ്രവർത്തനത്തിൽ ഉൽപ്പന്നങ്ങളുടെ മോളുകളുടെ എണ്ണം അഭികാരകങ്ങളേക്കാൾ കുറവായതിനാൽ, മർദം വർധിപ്പിച്ചുകൊണ്ട് NH_3 യുടെ അളവ് മെച്ചപ്പെടുത്താൻ കഴിയും. ഉൽപ്രേരകം ഉപയോഗിച്ചുകൊണ്ട് അമോണിയയുടെ നിർമാണത്തിനുള്ള അനുയോജ്യതാപനിലയും മർദവും ഏകദേശം 500 °C ഉം 200 atm ഉം ആണ്.

ഇതുപോലെ, സൾഫ്യൂരിക്ആസിഡിന്റെ സമ്പർക്ക പ്രക്രിയ വഴിയുള്ള നിർമാണത്തിൽ,

$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g); \ K_c = 1.7 \times 10^{26}$$

K യുടെ മൂല്യം പ്രവർത്തനം പൂർണതയിലേക്കാണെന്ന് സൂചിപ്പിച്ചാലും പ്രായോഗികമായി SO_2, SO_3-ആയി മാറുന്ന ഓക്സീകരണം വളരെ സാവധാനത്തിലാണ്; അതിനാൽ, രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ നിരക്ക് വർധിപ്പിക്കാനായി പ്ലാറ്റിനമോ, ഡൈവനേഡിയം പെന്റോക്സൈഡോ (V_2O_5) ഉൽപ്രേരകമായി ഉപയോഗിക്കുന്നു.

കുറിപ്പ്: ഒരു പ്രവർത്തനത്തിന്റെ K_c വളരെ കുറവാണെങ്കിൽ, ഉൽപ്രേരകത്തിന് വലിയ ഉപയോഗമുണ്ടാവില്ല.

7.9 ലായനിയിലെ അയോണികസന്തുലനം

ഗാഢതാമാറ്റം സന്തുലനത്തിന്റെ ദിശയെ എങ്ങനെ സ്വാധീനിക്കുന്നു എന്നതിന്റെ വിശദീകരണഘട്ടത്തിൽ താഴെപ്പറയുന്ന അയോണുകൾ ഉൾപ്പെടുന്ന സന്തുലനത്തിലൂടെ യാദൃച്ഛികമായി കടന്നുപോയിട്ടുണ്ട് :

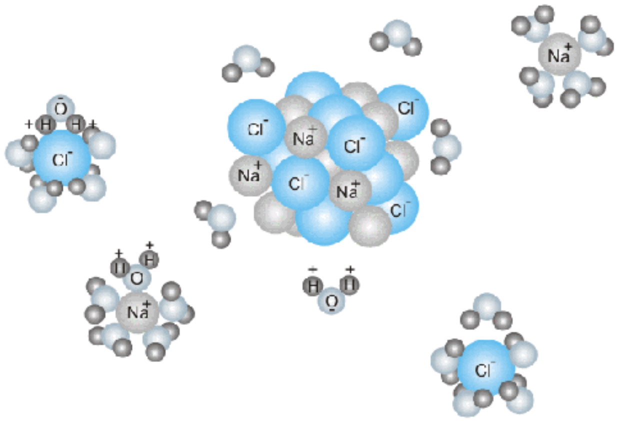
$$Fe^{3+}(aq) + SCN^-(aq) \rightleftharpoons [Fe(SCN)]^{2+}(aq)$$

അയോണുകൾ മാത്രമുള്ള നിരവധി സന്തുലനങ്ങൾ ഉണ്ട്. തുടർന്നുള്ള ഭാഗങ്ങളിൽ അയോണുകൾ ഉൾപ്പെടുന്ന സന്തുലനങ്ങൾ പഠിക്കാം. പഞ്ചസാരയുടെ ജലീയലായനി വൈദ്യുതചാലനം നടത്തില്ലെന്നുള്ളത് ഏവർക്കും അറിവുള്ള കാര്യമാണ്. എന്നാൽ കറിയുപ്പ് (സോഡിയം ക്ലോറൈഡ്) ജലത്തിലേക്ക് ചേർത്താൽ അത് വൈദ്യുതചാലനം നടത്തും. മാത്രമല്ല, കറിയുപ്പിന്റെ ഗാഢത വർധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് വൈദ്യുതചാലകതയും വർധിക്കുന്നു. വൈദ്യുതചാലനം നടത്താനുള്ള കഴിവിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ മൈക്കൽ ഫാരഡേ പദാർഥങ്ങളെ രണ്ടു വിഭാഗങ്ങളായി വർഗീകരിച്ചു. ഒരു വിഭാഗം പദാർഥങ്ങൾ അവയുടെ ജലീയലായനികളിൽ വൈദ്യുത ചാലനം നടത്തുന്നു. അവയെ **ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകൾ** എന്നു വിളിക്കുന്നു. മറ്റൊരു വിഭാഗം അത് ചെയ്യുന്നില്ല. അതിനാൽ അതിനെ **നോൺ-ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകൾ** എന്നു പറയുന്നു. ഫാരഡെ ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകളെ **പ്രബല-ദുർബല** ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകളെന്ന് വീണ്ടും വർഗീകരിച്ചു. പ്രബല ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകൾ ജലത്തിൽ ലയിപ്പിച്ചാൽ പൂർണമായി അയോണീകരിക്കപ്പെടുകയും ദുർബല ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകൾ ഭാഗികമായി മാത്രം അയോണീകരിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന്, സോഡിയം ക്ലോറൈഡിന്റെ ജലീയ ലായനിയിൽ പൂർണമായി സോഡിയം അയോണുകളും ക്ലോറൈഡ് അയോണുകളും ഉൾപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. എന്നാൽ, അസറ്റിക് ആസിഡ് ലായനിയിൽ മുഖ്യമായും

അയോണീകരിക്കാത്ത അസെറ്റിക് ആസിഡ് തന്മാത്രകളും വളരെ കുറച്ച് അസെറ്റേറ്റ് അയോണുകളും പ്രോട്ടോണുകളുമാണ് ഉള്ളത്. ഇതിനു കാരണം സോഡിയം ക്ലോറൈഡിന്റെ കാര്യത്തിൽ അയോണീകരണം, ഏകദേശം 100% വും, ദുർബല ഇലക്ട്രോലൈറ്റായ അസെറ്റിക്ആസിഡിന്റെ കാര്യത്തിൽ 5%-ത്തിൽ താഴെ മാത്രവുമാണ് എന്നതാണ്. ദുർബല ഇലക്ട്രോലൈറ്റിൽ, അയോണുകളും അയോണീകരിക്കാത്ത തന്മാത്രകളും തമ്മിൽ ഒരു സന്തുലനം സ്ഥാപിതമാകുന്നു. ജലീയലായനിയിൽ അയോണുകൾ ഉൾപ്പെടുന്ന ഇത്തരത്തിലുള്ള സന്തുലനത്തെ **അയോണികസന്തുലനമെന്നു** വിളിക്കുന്നു. അമ്ലങ്ങൾ, ബേസുകൾ, ലവണങ്ങൾ എന്നിവ പ്രബലമോ ദുർബലമോ ആയ ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകളാണ്.

7.10 ആസിഡുകൾ, ബേസുകൾ, ലവണങ്ങൾ

ആസിഡുകൾ, ബേസുകൾ, ലവണങ്ങൾ എന്നിവ പ്രകൃതിയിൽ വളരെ വ്യാപകമായി കണ്ടുവരുന്നു. ആമാശയ ഭിത്തിയിൽ നിന്ന് പുറപ്പെടുവിക്കുന്ന ഗ്യാസ്ട്രിക് നീരിൽ ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡ് അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഒരു ദിവസം 1.2–1.5 L എന്ന കണക്കിന്, അത് ദഹനപ്രക്രിയക്ക് അത്യാവശ്യവുമാണ്. വിനാഗിരിയുടെ പ്രധാന ഘടകം അസെറ്റിക് ആസിഡ് ആണ്. നാരങ്ങയിലും ഓറഞ്ചിലും സിട്രിക്, അസ്കോർബിക് ആസിഡുകളും വാളൻപുളിയിൽ ടാർടാറിക് ആസിഡും കാണപ്പെടുന്നു. മിക്കവാറും ആസിഡുകൾക്ക് പുളി രസമാണുള്ളത്. ''ആസിഡ്'' എന്ന വാക്ക് ലാറ്റിൻ വാക്കായ "അസിഡസ്" എന്ന വാക്കിൽ നിന്ന് രൂപം കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. അതിന്റെ അർഥം പുളിയെന്നാണ്. ആസിഡുകൾ നീല ലിറ്റ്മസിനെ ചുവപ്പാക്കുകയും ലോഹങ്ങളുമായി പ്രവർത്തിച്ച് ഹൈഡ്രജൻ പുറത്തുവിടുകയും ചെയ്യുന്നു. അതുപോലെ, ബേസുകൾ ചുവന്ന ലിറ്റ്മസിനെ നീലയാക്കുകയും, കയ്പ്പ് രസമുള്ളതും സോപ്പ് പോലെ വഴുവഴുപ്പുള്ളതുമാകുന്നു. തുണിയലക്കാനുപയോഗിക്കുന്ന അലക്കുകാരം ബേസിന്റെ ഒരു സാധാരണ ഉദാഹരണമാണ്. ആസിഡുകളും ബേസുകളും കൃത്യമായ അനുപാതത്തിൽ ചേർത്താൽ അവ പരസ്പരം പ്രവർത്തിച്ച് ലവണങ്ങൾ നൽകുന്നു. ലവണങ്ങളുടെ ചില സാധാരണ ഉദാഹരണങ്ങളാണ് സോഡിയം ക്ലോറൈഡ്, ബേരിയം സൾഫേറ്റ്, സോഡിയം നൈട്രേറ്റ് തുടങ്ങിയവ. സോഡിയം ക്ലോറൈഡ് (കറിയുപ്പ്) നമ്മുടെ ആഹാരത്തിലെ പ്രധാന ഘടകമാണ്. അതുണ്ടാകുന്നത് ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡുകളും സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡും തമ്മിലുള്ള പ്രവർത്തനം വഴിയാണ്. ഇത് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത് ഖരാവസ്ഥയിലാണ്. പോസിറ്റീവ് ചാർജുള്ള സോഡിയം അയോണുകളുടേയും നെഗറ്റീവ് ചാർജുള്ള ക്ലോറൈഡ് അയോണുകളുടേയും കൂട്ടമായി അവ നിലനിൽക്കുന്നു. അവ തമ്മിൽ വിപരീതചാർജുള്ള കണങ്ങളുടെ സ്ഥിതവൈദ്യുതാകർഷണം വഴി ബന്ധിച്ചിരിക്കുന്നു (ചിത്രം 7.10). രണ്ട് ചാർജുകൾ തമ്മിലുള്ള സ്ഥിതവൈദ്യുത ബലങ്ങൾ



ചിത്രം 7.10 സോഡിയം ക്ലോറൈഡിന്റെ ജലത്തിലുള്ള ലയനം, സോഡിയം, ക്ലോറൈഡ് അയോണുകൾ ധ്രുവീയ ജലതന്മാത്രകളുമായി ജലയോജനം വഴി സ്ഥിരത കൈവരിച്ചിരിക്കുന്നു.

മൈക്കൽ ഫാരഡേ (1791–1867)

ലണ്ടനടുത്ത് വളരെ പരിമിതികളുള്ള ഒരു കുടുംബത്തിലാണ് ഫാരഡേ ജനിച്ചത്. 14-ാം വയസിൽ അദ്ദേഹം ദയാലുവായ ഒരു ബുക്ക് ബൈൻഡറിന്റെ സഹായിയായി കൂടുകയും, അദ്ദേഹം ബൈൻഡ് ചെയ്യുന്ന ബുക്കുകൾ ഫാരഡേയ്ക്ക് വായിക്കാൻ അനുവാദം നൽകുകയും ചെയ്തിരുന്നു. 1813-14 കാലത്ത് ഭാഗ്യവശാൽ അദ്ദേഹത്തിന് ഡേവിയുടെ ലബോറട്ടറി അസിസ്റ്റന്റായി മാറാനുള്ള അവസരമുണ്ടായി. ഫാരഡേ അദ്ദേഹത്തിന്റെ സഹയാത്രികനായി തുടർന്നു. ഈ യാത്രയിൽ അക്കാലത്തെ മുൻപന്തിയുലുള്ള നിരവധി ശാത്രജ്ഞന്മാരുമായുള്ള സമ്പർക്കത്തിലൂടെ അനുഭവത്തിൽക്കൂടി ധാരാളം അറിവ് നേടാനായി.

1825 ൽ റോയൽ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂഷൻ ലാബോറട്ടറീസ് ഡയറക്ടർ സ്ഥാനത്ത്, അദ്ദേഹം ഡേവിയുടെ പിൻഗാമിയായി. 1833 ൽ രസതന്ത്രത്തിന്റെ ആദ്യ ഫുള്ളേറിയൻ പ്രൊഫസറായി. വിശ്ലേഷണ രസതന്ത്രത്തിന്റെ മേഖലയിലാണ് ഫാരഡേയുടെ ആദ്യത്തെ പ്രധാന സംഭാവന. 1821 ന് ശേഷം അദ്ദേഹത്തിന്റെ കൂടുതൽ പഠനവും വൈദ്യുതി, കാന്തികത, വ്യത്യസ്ത വൈദ്യുത കാന്തിക പ്രതിഭാസങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയിലായിരുന്നു. അദ്ദേഹത്തിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തങ്ങൾ ആധുനിക ഫീൽഡ് സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ തുടക്കത്തിന് കാരണമായി. 1834 ൽ അദ്ദേഹം വൈദ്യുതവിശ്ലേഷണത്തിന്റെ രണ്ട് നിയമങ്ങൾ ആവിഷ്കരിച്ചു. ഫാരഡേ വളരെ മിതത്വമുള്ളവനും ദയാലുവുമായ വ്യക്തിയായിരുന്നു. അദ്ദേഹം എല്ലാ പുരസ്കാരങ്ങളും നിരസിക്കുകയും ശാസ്ത്രവിവാദങ്ങളിൽ നിന്ന് ഒഴിഞ്ഞു നിൽക്കുകയും ചെയ്തു. ഒറ്റക്ക് ജോലി ചെയ്യാൻ ആഗ്രഹിച്ച അദ്ദേഹഹത്തിന് ഒരിക്കലും ഒരു സഹായിയുമില്ലായിരുന്നു. അദ്ദേഹം ശാസ്ത്രത്തെ വ്യത്യസ്ത മാർഗങ്ങളിലൂടെ പ്രചരിപ്പിക്കാൻ ശ്രമിച്ചു. അതിൽ ഒന്നാണ് റോയൽ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ടിൽ തുടങ്ങിയ വെള്ളിയാഴ്ച സായാഹ്നചർച്ചകൾ. 'മെഴുകുതിരിയുടെ രസതന്ത്ര ചരിത്രം' എന്നത് അദ്ദേഹത്തിന്റെ വളരെ വിഖ്യാതമായ ക്രിസ്തുമസ് പ്രഭാഷണമാണ്. 450 ഓളം ശാസ്ത്ര പ്രബന്ധങ്ങൾ അദ്ദേഹം പ്രസിദ്ധീകരിച്ചു.

മാധ്യമത്തിന്റെ ഡൈ ഇലക്ട്രിക് സ്ഥിരാങ്കത്തിന് വിപരീതാനുപാതത്തിലാണ്. സാർവത്രികലായകമായ ജലത്തിന് വളരെ ഉയർന്ന ഡൈ ഇലക്ട്രിക് സ്ഥിരാങ്കമായ 80 ആണുള്ളത്. അതിനാൽ, സോഡിയം ക്ലോറൈഡ് ജലത്തിൽ ലയിപ്പിച്ചാൽ, സ്ഥിത വൈദ്യുതബലങ്ങൾ 80 മടങ്ങ് കുറയുകയും തത്ഫലമായി ലായനിയിൽ അയോണുകൾ സ്വതന്ത്രമായി ചലിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. മാത്രവുമല്ല ജലതന്മാത്രകളുമായുള്ള ജലയോജനം നിമിത്തം അവ നന്നായി വേർപെടുന്നു.

ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡിന്റെയും അസെറ്റിക് ആസിഡിന്റെയും ജലത്തിലുള്ള അയോണീകരണം താരതമ്യം ചെയ്താൽ രണ്ടും ധ്രുവീയസഹസംയോജക തന്മാത്രകളാണെങ്കിലും, ആദ്യത്തേത് അതിന്റെ ഘടക അയോണുകളായി പൂർണമായി അയോണീകരിക്കപ്പെടുമ്പോൾ രണ്ടാമത്തേത് ഭാഗികമായി മാത്രമേ അയോണികരിക്കപ്പെടുന്നുള്ളൂ എന്ന് നമുക്ക് കാണാൻ കഴിയും ($< 5\%$). അയോണീകരണത്തിന്റെ തോത് ബന്ധനത്തിന്റെ ശക്തിയേയും അയോണുകളുടെ വിലായകയോജനത്തിന്റെ അളവിനേയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ആദ്യകാലത്ത് വിഘടനം, അയോണീകരണം എന്നീ പദങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത അർത്ഥത്തിലാണ് ഉപയോഗിച്ചു വന്നിരുന്നത്. സോഡിയംക്ലോറൈഡിൽ ഉള്ളതുപോലെ, ലീനത്തിന്റെ ഖരാവസ്ഥയിൽ നിലനിൽക്കുന്ന അയോണുകൾ ജലത്തിൽ വേർപിരിക്കപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയെയാണ് വിഘടനം എന്നു പറയുന്നത്. നേരെമറിച്ച് അയോണീകരണം എന്ന പ്രക്രിയയിൽ ചാർജില്ലാത്ത ഒരു തന്മാത്ര, ലായനിയിൽ ചാർജുള്ള അയോണുകളായി മാറുന്നു. ഇവ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം കണക്കിലെടുക്കാതെ, രണ്ടുപദങ്ങളും ഈ യൂണിറ്റിൽ ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്നു.

7.10.1 ആസിഡുകളുടേയും ബേസുകളുടേയും അറീനിയസ് സങ്കല്പനം (Arrhenius Concept of Acids and Bases)

അറീനിയസ് സിദ്ധാന്തപ്രകാരം ആസിഡുകൾ ജലത്തിൽ വിഘടിച്ച് ഹൈഡ്രജൻ അയോണുകൾ *H (aq)* നൽകുന്ന പദാർഥങ്ങളും ബേസുകൾ ജലത്തിൽ ഹൈഡ്രോക്സിൽ അയോണുകൾ $OH^-(aq)$) നൽകുന്ന പദാർഥങ്ങളുമാണ്. HX (aq) എന്ന ആസിഡിന്റെ അയോണീകരണം താഴെപ്പറയുന്ന സമവാക്യത്തിലൂടെ ചിത്രീകരിക്കാം.

$$HX\,(aq) \rightarrow H^+(aq) + X\ (aq)$$

or

$$HX(aq) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + X^-(aq)$$

ഒരു സ്വതന്ത്രപ്രോട്ടോൺ, H^+ വളരെ ക്രിയാശീലമുള്ളതും ജലീയലായനികളിൽ സ്വതന്ത്രമായി നിൽക്കാൻ കഴിയാത്തതുമാണ്. അതിനാൽ, അത് ലായകജല തന്മാത്രയിലെ ഓക്സിജനുമായി ബന്ധനമുണ്ടാക്കി ത്രികോണീയപിരമിഡ് ആകൃതിയുള്ള ഹൈഡ്രോണിയം അയോൺ H_3O^- $\{[H(H_2O)]^-\}$ ആയി നിലനിൽക്കുന്നു (ചതുരം കാണുക). H (aq) ഉം $H_3O^+(aq)$ ഉം ഉപയോഗിച്ച് ഒരു ജലയോജിതപ്രോട്ടോണിനെ സൂചിപ്പിക്കാം.

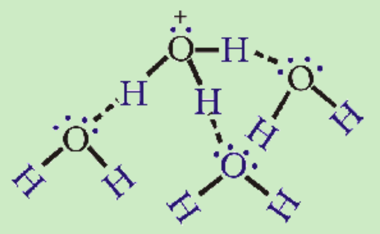
അതുപോലെ, MOH പോലെയുള്ള ഒരു ബേസ് തന്മാത്ര ജലീയലായനിയിൽ അയോണീകരിക്കപ്പെടുന്നതിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന സമവാക്യം ചുവടെ ചേർത്തിരിക്കുന്നു.

$$MOH(aq) \rightarrow M\ (aq) + OH^-(aq)$$

ഹൈഡ്രോക്സിൽ അയോണും ജലീയലായനിയിൽ ജലസംയോജിതരൂപത്തിലാണ് നിലകൊള്ളുന്നത്. ആസിഡിന്റെയും ബേസിന്റേയും അറീനിയസ് സങ്കല്പനം, ജലീയലായനികൾക്ക് മാത്രം ഉപയോഗിക്കാവുന്നതാണെന്നും, ഹൈഡ്രോക്സിൽ ഗ്രൂപ്പില്ലാത്ത അമോണിയ പോലെയുള്ള ബേസികഗുണമുള്ള പദാർഥങ്ങൾക്ക് ഉപയോഗിക്കാൻ കഴിയില്ലെന്നുമുള്ള പരിമിതി നിലനിൽക്കുന്നു.

ഹൈഡ്രോണിയം, ഹൈഡ്രോക്സിൽ അയോണുകൾ

ഹൈഡ്രജൻ അയോൺ എന്നത് വളരെ ചെറിയ വലിപ്പമുള്ള (~10^{-15} m ആരം) സ്വതന്ത്ര പ്രോട്ടോണും, തീക്ഷ്ണമായ വൈദ്യുതമണ്ഡലമുള്ളതിനാൽ ജല തന്മാത്രയിലെ ലഭ്യമായ ഒരു ഏകാന്തജോഡിയുമായി ബന്ധിച്ച് H_3O ആയി നിലനിൽക്കുന്നതുമായ അയോൺ ആണ്. ഈ കണികകളെ ഖരാവസ്ഥയിൽ ധാരാളം സംയുക്തങ്ങളിൽ കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട് (ഉദ.$H_3O^+Cl^-$). ജലീയലായനിയിൽ, ഹൈഡ്രോണിയംഅയോൺ വീണ്ടും ജലസംയോജന പ്രക്രിയയ്ക്കു വിധേയമായി H_5O_2, $H_7O_3^+$ തുടങ്ങിയ കണികകൾ നൽകുന്നു. അതുപോലെ, ഹൈഡ്രോക്സിൽ അയോണുകളും ജലസംയോജനത്തിന് വിധേയമായി ധാരാളം അയോണികകണങ്ങളായ $H_3O_2^-$, $H_5O_3^-$, $H_7O_4^-$ തുടങ്ങിയവ നൽകുന്നു.



$H_9O_4^+$

7.10.2 ബ്രോൺസ്റ്റഡ് – ലൗറി ആസിഡുകളും ബേസുകളും (The Bronsted-Lowry Acids and Bases)

ഡാനിഷ് രസതന്ത്രജ്ഞൻ ജോഹന്നാസ് ബ്രോൺസ്റ്റഡും, ഇംഗ്ലീഷ് രസതന്ത്രജ്ഞൻ തോമസ് എം. ലൗറിയും

ആസിഡുകൾക്കും ബേസുകൾക്കും പൊതുവായ ഒരു നിർവചനം നൽകി. ബ്രോൺസ്റ്റഡ് – ലൗറി സിദ്ധാന്ത പ്രകാരം, ഹൈഡ്രജൻഅയോൺ, H – നെ ദാനം ചെയ്യാൻ കഴിയുന്ന പദാർഥങ്ങളെ ആസിഡുകളെന്നും, H – അയോണിനെ സ്വീകരിക്കാൻ കഴിയുന്ന പദാർഥങ്ങളെ ബേസുകളെന്നും പറയുന്നു. ചുരുക്കത്തിൽ ആസിഡുകൾ പ്രോട്ടോൺദാതാക്കളും ബേസുകൾ പ്രോട്ടോൺ സ്വീകർത്താക്കളുമാണ്.

NH_3 യുടെ ജലത്തിലുള്ള ലയനത്തിന്റെ സമവാക്യം ഉദാഹരണമായി ചുവടെ ചേർക്കുന്നു:

പ്രോട്ടോൺ ചേർക്കപ്പെടുന്നു

$$NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

ബേസ് ആസിഡ് സംയുഗ്മി ആസിഡ് സംയുഗ്മി ബേസ്

പ്രോട്ടോൺ നഷ്ടപ്പെടുന്നു

ബേസികലായനിയുണ്ടാകാനുള്ള കാരണം ഹൈഡ്രോക്സിൽ അയോണുകളുടെ സാന്നിധ്യമാണ്. ഈ പ്രവർത്തനത്തിൽ ജലതന്മാത്ര പ്രോട്ടോൺ ദാതാവായും അമോണിയതന്മാത്ര പ്രോട്ടോൺ സ്വീകർത്താവുമായാണ് പ്രവർത്തിച്ചത്. അതിനാൽ അവയെ യഥാക്രമം ലൗറി-ബ്രോൺസ്റ്റഡ് ആസിഡെന്നും ബേസെന്നും വിളിക്കുന്നു. പിറകോട്ടുള്ള പ്രവർത്തനത്തിൽ NH_4^+ ൽ നിന്ന് H^-, OH ലേക്ക് സ്ഥാനമാറ്റം നടത്തിയിരിക്കുന്നു. ഇവിടെ, NH_4^+ ഒരു ബ്രോൺസ്റ്റഡ് ആസിഡായും OH^- ഒരു ബ്രോൺസ്റ്റഡ് ബേസായും പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഒരു പ്രോട്ടോണിന്റെ മാത്രം വ്യത്യാസമുള്ള ആസിഡ്-ബേസ് ജോഡികളെ സംയുഗ്മി ആസിഡ്-ബേസ് ജോഡികൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ട് OH^- നെ H_2O ആസിഡിന്റെ സംയുഗ്മി ബേസെന്നും NH_4^+ നെ NH_3 എന്ന ബേസിന്റെ സംയുഗ്മി ആസിഡെന്നും വിളിക്കുന്നു. ബ്രോൺസ്റ്റഡ് ആസിഡ് ശക്തിയേറിയ ആസിഡാണെങ്കിൽ അതിന്റെ സംയുഗ്മി ബേസ് ഒരു ശക്തികുറഞ്ഞ ബേസ് ആയിരിക്കും, നേരെ തിരിച്ചും. ഇതിൽ നിന്ന് മനസിലാക്കേണ്ട കാര്യം സംയുഗ്മി ആസിഡിന് ഒരു പ്രോട്ടോൺ കൂടുതലും ഓരോ സംയുഗ്മി ബേസിനും ഒരു പ്രോട്ടോൺ കുറവുമായിരിക്കും എന്നതാണ്.

ജലത്തിലുള്ള ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡിന്റെ അയോണീകരണം ഉദാഹരണമായി പരിഗണിക്കുക. HCl(aq) ഒരു ആസിഡായി വർത്തിച്ചുകൊണ്ട് ജലതന്മാത്രയ്ക്ക് ഒരു പ്രോട്ടോണിനെ നൽകുന്നു.

പ്രോട്ടോൺ ചേർക്കപ്പെടുന്നു

$$HCl(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$$

ആസിഡ് ബേസ് സംയുഗ്മി ആസിഡ് സംയുഗ്മി ബേസ്

പ്രോട്ടോൺ നഷ്ടപ്പെടുന്നു

മുകളിലുള്ള സമവാക്യത്തിൽ കാണുന്നതുപോലെ ജലം ഒരു ബേസായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. കാരണം, അത് ഒരു പ്രോട്ടോണിനെ സ്വീകരിക്കുന്നു. ജലം HCl-ൽ നിന്നുള്ള പ്രോട്ടോണിനെ സ്വീകരിച്ചാൽ H_3O^- കണികകൾ രൂപപ്പെടുന്നു. അതിനാൽ, HCl ന്റെ സംയുഗ്മി ബേസ് ആണ് Cl^-, Cl^- ന്റെ സംയുഗ്മി അമ്ലമാണ് HCl. അതുപോലെ H_2O എന്നത് H_3O^+ എന്ന അമ്ലത്തിന്റെ സംയുഗ്മി ബേസും H_2O എന്ന ബേസിന്റെ സംയുഗ്മി ആസിഡ് H_3O^+-ഉം ആകുന്നു.

ജലത്തിന്റെ ആസിഡായും ബേസായുമുള്ള ദ്വൈത സ്വഭാവം ഇവിടെ നിരീക്ഷിക്കാൻ സാധിക്കും. HCl-മായുള്ള പ്രവർത്തനത്തിൽ, ജലം ഒരു ബേസായും അമോണിയയുമായുള്ള പ്രവർത്തനത്തിൽ അത് പ്രോട്ടോണിനെ കൊടുക്കുന്ന ആസിഡായും പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

അറീനിയസ്
(1859-1927)

സ്വീഡനിലെ ഉപ്സലക്കടുത്താണ് അറീനിയസ് ജനിച്ചത്. 1884 ൽ ഉപ്സല സർവകലാശാലയിൽ ഇലക്ട്രോലിറ്റിക് ലായനിയുടെ ചാലകതയെക്കുറിച്ചുള്ള പ്രബന്ധം അവതരിപ്പിച്ചു. അടുത്ത അഞ്ച് വർഷത്തേക്ക് തുടർച്ചയായി യാത്ര ചെയ്യുകയും യൂറോപ്പിലെ ധാരാളം ഗവേഷണകേന്ദ്രങ്ങൾ സന്ദർശിക്കുകയും ചെയ്തു. 1895 ൽ പുതിയതായി ആരംഭിച്ച സ്റ്റോക് ഹോം സർവകലാശാലയിലെ ഭൗതികശാസ്ത്ര പ്രൊഫസറായി അദ്ദേഹത്തെ നിയമിച്ചു. 1897 മുതൽ 1902 വരെ അവിടെ സേവനമനുഷ്ഠിച്ചു. 1905 മുതൽ അവസാനകാലം വരെ അദ്ദേഹം, സ്റ്റോക്ഹോമിലെ നോബൽ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ടിലെ ഭൗതികരസതന്ത്ര ഡയറക്ടറായിരുന്നു. ഇലക്ട്രോലൈറ്റ് ലായനിയിലുള്ള ഗവേഷണങ്ങൾ അദ്ദേഹം നിരവധി വർഷത്തോളം തുടർന്നു. 1899 ൽ രാസപ്രവർത്തനനിരക്കും താപനിലയും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം ഒരു സമവാക്യത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വിശദീകരിക്കുകയും, ഇപ്പോൾ അത് അറീനിയസ് സമവാക്യമായി അറിയപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.

വ്യത്യസ്തമായ മേഖലകളിൽ അദ്ദേഹം പ്രവർത്തിക്കുകയും പ്രതിരോധരസതന്ത്രം, പ്രപഞ്ചരസതന്ത്രം, ജീവന്റെ ഉൽപത്തി, ഐസ് യുഗത്തിന്റെ കാരണങ്ങൾ തുടങ്ങിയവക്ക് പ്രധാനപ്പെട്ട സംഭാവനകൾ നൽകുകയും ചെയ്തു. ഹരിതഗൃഹപ്രഭാവത്തെപ്പറ്റി ആദ്യമായി ചർച്ച ചെയ്തത് അദ്ദേഹമാണ്. ഇലക്ട്രോലൈറ്റിന്റെ വിഘടനസിദ്ധാന്തത്തിനും, രസതന്ത്രത്തിന്റെ വികാസത്തിൽ അതിന്റെ ഉപയോഗത്തെയും മുൻനിർത്തി, രസതന്ത്രത്തിനുള്ള നോബേൽസമ്മാനം 1903- ൽ അദ്ദേഹത്തിന് ലഭിച്ചു.

പ്രശ്നം 7.12

താഴെയുള്ള ബ്രോൺസ്റ്റഡ് ആസിഡുകളുടെ സംയുഗ്മി ബേസുകൾ ഏതൊക്കെയാണ് : HF, H_2SO_4, HCO_3^-?

ഉത്തരം

സംയുഗ്മിബേസുകൾക്കെല്ലാം അതാതു പദാർഥങ്ങളേക്കാൾ ഒരു പ്രോട്ടോൺ കുറവായിരിക്കും. അതിനാൽ അവയുടെ സംയുഗ്മിബേസുകൾ യഥാക്രമം :- F , HSO_4, CO_3^{2} എന്നിവയാണ്.

പ്രശ്നം 7.13

താഴെപ്പറയുന്ന ബ്രോൺസ്റ്റഡ് ബേസുകൾക്കുള്ള സംയുഗ്മിആസിഡുകങ്ങൾ എഴുതുക : NH_2^-, NH_3, HCOO എന്നിവ.

ഉത്തരം

സംയുഗ്മിആസിഡുകൾക്ക് ഒരു അധികപ്രോട്ടോൺ ഉണ്ടാകും. അതിനാൽ അവയുടെ തത്തുല്യ സംയുഗ്മിആസിഡുകൾ യഥാക്രമം NH_3, NH_4^+ , HCOOH എന്നിവയാണ്.

പ്രശ്നം 7.14

H_2O, HCO_3^-, HSO_4^-, NH_3 തുടങ്ങിയവ ബ്രോൺസ്റ്റഡ് ആസിഡുകളും ബേസുകളും ആയി പ്രവർത്തിക്കാൻ കഴിയുന്നവയാണ്. ഇവയോരോന്നിന്റെയും സംയുഗ്മി ആസിഡും സംയുഗ്മിബേസും എഴുതുക.

ഉത്തരം

താഴെയുള്ള പട്ടികയിൽ ഉത്തരങ്ങൾ നൽകിയിരിക്കുന്നു

തന്മാത്ര / അയോൺ	സംയുഗ്മി ആസിഡ്	സംയുഗ്മി ബേസ്
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^-

7.10.3 ലുയിസ്ആസിഡുകളും ബേസുകളും (Leuis acids and bases)

1923 ൽ ജി.എൻ. ലൂയിസ്, *ഇലക്ട്രോൺ ജോടിയെ സ്വീകരിക്കുന്ന പദാർഥങ്ങളെ ആസിഡുകളെന്നും, ഇലക്ട്രോൺ ജോടിയെ വിട്ടുകൊടുക്കുന്ന പദാർഥങ്ങളെ ബേസുകളെന്നും നിർവചിച്ചു.* ബേസുകളെ സംബന്ധിച്ച്, ബ്രോൺസ്റ്റഡ് - ലൗറി സിദ്ധാന്തവും ലൂയിസ് ആശയവും തമ്മിൽ വലിയ വ്യത്യാസമില്ല കാരണം, രണ്ടു സാഹചര്യങ്ങളിലും ബേസ് ഒരു ഏകാന്ത ജോടിയെ വിട്ടുകൊടുക്കുന്നു. എങ്കിലും, ലൂയിസ് സങ്കല്പത്തിൽ മിക്കവാറും ആസിഡുകൾക്ക് പ്രോട്ടോൺ ഇല്ല. എടുത്തു പറയാവുന്ന ഒരു ഉദാഹരണം, BF_3 എന്ന ഇലക്ട്രോൺ കുറവുള്ള സ്പീഷിസും (species) NH_3 യുമായുള്ള പ്രവർത്തനമാണ്.

BF_3 - ൽ പ്രോട്ടോൺ ഒന്നുമില്ല എങ്കിലും ആസിഡു സ്വഭാവം കാട്ടുകയും ഒരു ജോടി ഇലക്ട്രോണുകളെ സ്വീകരിച്ചുകൊണ്ട് NH_3 യുമായി പ്രവർത്തിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. രാസപ്രവർത്തനത്തെ ഇങ്ങനെ പ്രതിനിധീകരിക്കാം.

$$BF_3 + :NH_3 \rightarrow BF_3:NH_3$$

ഇലക്ട്രോൺ കുറവുള്ള $AlCl_3$, Co^{3+}, Mg^{2} മുതലായവ ലൂയിസ് ആസിഡുകളായും എന്നാൽ H_2O, NH_3, OH^- മുതലായവ ഇലക്ട്രോണുകളെ നൽകാൻ കഴിവുള്ളതിനാൽ ലൂയിസ് ബേസുകളായും പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

പ്രശ്നം 7.15

താഴെപ്പറയുന്നവയെ ലൂയിസ് ആസിഡുകളായും ലൂയിസ് ബേസുകളായും വർഗീകരിക്കുകയും എങ്ങനെയാണ് അവ അപ്രകാരം പ്രവർത്തിക്കുന്നതെന്ന് എഴുതുകയും ചെയ്യുക.

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

ഉത്തരം

(a) ഹൈഡ്രോക്സിൽ അയോൺ ഒരു ലൂയിസ് ബേസാണ്. കാരണം അതിന് ഒരു ഏകാന്ത ജോടി ഇലക്ട്രോണുകളെ (:OH) നൽകാൻ കഴിയുന്നു.

(b) ഫ്ളൂറൈഡ് അയോൺ ലൂയിസ് ബേസായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു; കാരണം അതിന് നാല് ഏകാന്ത ഇലക്ട്രോൺ ജോടികളിൽ ഏതെങ്കിലും ഒരെണ്ണം നൽകാൻ കഴിയുന്നു.

(c) ഒരു പ്രോട്ടോൺ ലൂയിസ് ആസിഡാണ്. കാരണം അതിന് ബേസുകളായ ഹൈഡ്രോക്സിൽ അയോൺ, ഫ്ളൂറൈഡ് അയോൺ എന്നിവയിൽ നിന്ന് ഒരു ഏകാന്ത ജോടി ഇലക്ട്രോണുകളെ സ്വീകരിക്കാൻ കഴിയും.

(d) BCl_3 ഒരു ലൂയിസ് ആസിഡായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. കാരണം അമോണിയ അല്ലെങ്കിൽ അമീൻ തന്മാത്രകളിൽ നിന്ന് അതിന് ഏകാന്തജോടി ഇലക്ട്രോണുകളെ സ്വീകരിക്കാൻ കഴിയുന്നു.

7.11 ആസിഡുകളുടെയും ബേസുകളുടെയും അയോണീകരണം

ആസിഡുകളുടെയും ബേസുകളുടെയും അയോണീകരണം വിശദീകരിക്കുവാൻ, അറീനിയസ് സങ്കല്പനം ഉപയോഗപ്രദമാണ്. കാരണം, രാസ-ജൈവവ്യൂഹങ്ങളിൽ നടക്കുന്ന അയോണീകരണം ജലീയമാധ്യമത്തിലാണ് എന്നതാണ്. പ്രബലാമ്ലങ്ങളായ പെർക്ലോറിക് ആസിഡ് ($HClO_4$), ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡ് (HCl), ഹൈഡ്രോബ്രോമിക് ആസിഡ് (HBr), ഹൈഡ്രോ അയഡിക് ആസിഡ് (HI), നൈട്രിക് ആസിഡ് (HNO_3), സൾഫ്യൂരിക് ആസിഡ് (H_2SO_4) എന്നിവ ജലത്തിൽ ഏകദേശം പൂർണമായി വിഘടിച്ച് ഘടക അയോണുകളായി മാറുകയും അതുവഴി പ്രോട്ടോൺ (H^+) ദാതാക്കളായി പ്രവർത്തിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതിനാലാണ് അവയെ പ്രബലം എന്നു വിളിക്കുന്നത്. അതുപോലെ, പ്രബലബേസുകളായ ലിഥിയംഹൈഡ്രോക്സൈഡ് (LiOH) സോഡിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡ് (NaOH), പൊട്ടാസ്യംഹൈഡ്രോക്സൈഡ്(KOH), സീസിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡ് (CsOH), ബേരിയംഹൈഡ്രോക്സൈഡ് $[Ba(OH)_2]$ എന്നിവ ജലീയലായനിയിൽ ഏകദേശം പൂർണമായി വിഘടിച്ച് ഹൈഡ്രോക്സിൽ അയോണുകൾ, OH നൽകുന്നു. അറീനിയസ് സങ്കല്പന പ്രകാരം അവ പ്രബല ആസിഡുകളും ബേസുകളും ആണ്. കാരണമെന്തെന്നാൽ, അവ മാധ്യമത്തിൽ പൂർണമായി വിഘടിച്ച് യഥാക്രമം H_3O^+ -ഉം OH^--ഉം നൽകുന്നു. ആസിഡിന്റെയും ബേസിന്റെയും ശക്തി മറ്റൊരു തരത്തിൽ ബ്രോൺസ്റ്റഡ് ലൗറി സങ്കല്പത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വിലയിരുത്താം. അവിടെ പ്രബല ആസിഡ് എന്നതുകൊണ്ട്, നല്ല പ്രോട്ടോൺ ദാതാവ് എന്നും പ്രബല ബേസിനെ നല്ല പ്രോട്ടോൺ സ്വീകർത്താവ് എന്നും കരുതാം. ദുർബല ആസിഡായ, HA-യുടെ, ആസിഡ്-ബേസ് വിഘടനസന്തുലനം സങ്കൽപ്പിക്കുക.

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

ആസിഡ് ബേസ് സംയുഗ്മി ആസിഡ് സംയുഗ്മി ബേസ്

ഭാഗം 7.10.2 ൽ ആസിഡ് (അല്ലെങ്കിൽ ബേസ്) വിഘടന സന്തുലനം ഗതികമാണെന്നും, അതിൽ മുന്നോട്ടും പിന്നോട്ടുമുള്ള ദിശയിൽ പ്രോട്ടോൺ സ്ഥാനമാറ്റവും ഉൾപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടെന്നും വ്യക്തമായിട്ടുണ്ട്. ഇവിടെ അഭിമുഖീകരിക്കുന്ന പ്രശ്നം, സന്തുലനം ഗതികമായതിനാൽ, സമയം പുരോഗമിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് ഏത് ദിശയിലാണ് രാസപ്രവർത്തനം കൂടുതലായി സാധ്യമാകുന്നത് എന്നുള്ളതാണ്? എന്താണ് അതിനെ മുന്നോട്ടു നയിക്കുന്ന ബലം? ഈ ചോദ്യങ്ങളുടെ ഉത്തരം ലഭിക്കുന്നതിനായി വിഘടനസന്തുലനത്തിൽ ഉൾപ്പെട്ടിട്ടുള്ള രണ്ട് ആസിഡുകളുടെ (അല്ലെങ്കിൽ ബേസുകളുടെ) ശക്തികൾ താരതമ്യം ചെയ്യേണ്ടതുണ്ട്. മുകളിൽ സൂചിപ്പിച്ച ആസിഡ് വിഘടനസന്തുലനത്തിലുള്ള രണ്ട് ആസിഡുകൾ HA ഉം H_3O^+ ഉം പരിഗണിക്കുക. ഇതിലേതാണ് പ്രബല പ്രോട്ടോൺ ദാതാവ് എന്നു പരിശോധിക്കാം. ഏതൊന്നിനാണോ പ്രോട്ടോണിനെ കൊടുക്കാൻ മറ്റൊന്നിനേക്കാൾ കൂടുതൽ പ്രവണതയുള്ളത് അതിനെ പ്രബല ആസിഡെന്നും സന്തുലനം ദുർബല ആസിഡിന്റെ ദിശയിലേക്ക് തിരിയുമെന്നും പറയാം. H_3O^+ നേക്കാളും ശക്തിയേറിയ ആസിഡാണ് HA എന്നു സങ്കൽപ്പിച്ചാൽ, HA പ്രോട്ടോണിനെ കൊടുക്കുമ്പോൾ H_3O^+ പ്രോട്ടോണിനെ കൊടുക്കുന്നില്ല. ലായനിയിൽ പ്രധാനമായും A^- ഉം H_3O^+ ഉം ഉണ്ടാകും. സന്തുലനം ദുർബല ആസിഡിന്റേയും ബേസിന്റേയും ദിശയിലേക്കാണ് നടക്കുന്നത്. കാരണം പ്രബല ആസിഡ് പ്രബല ആസിഡിന് പ്രോട്ടോണിനെ നൽകുന്നു.

ഇതിൽ നിന്ന് മനസിലാകുന്നത്, ഒരു പ്രബല ആസിഡ് ജലത്തിൽ പൂർണമായി വിഘടിക്കുകയും അതിന്റെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന ബേസ് വളരെ ദുർബലമായിരിക്കുകയും ചെയ്യുമെന്നതാണ്. അതായത്, പ്രബല ആസിഡുകൾക്ക് വളരെ ദുർബലമായ സംയുഗ്മി ബേസുകളാണ് ഉള്ളത്. പ്രബല ആസിഡുകളായ പെർക്ലോറിക് ആസിഡ് ($HClO_4$) ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡ് HCl), ഹൈഡ്രോബ്രോമിക് ആസിഡ് (HBr), നൈട്രിക് ആസിഡ് (HNO_3), സൾഫ്യൂറിക് ആസിഡ് (H_2SO_4) എന്നിവ സംയുഗ്മി ബേസ് അയോണുകളായ ClO_4^-, Cl^-, Br^-, I^-, NO_3^-, HSO_4^- എന്നിവ നൽകുന്നു. ഇവ H_2O-യേക്കാളും വളരെ ദുർബലമായ ബേസുകൾ ആയിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതുപോലെ വളരെ പ്രബലമായ ബേസുകൾ വളരെ ദുർബലമായ സംയുഗ്മി ആസിഡുകളെ നൽകുന്നു. നേരെ മറിച്ച് HA എന്ന ദുർബലമായ ആസിഡ് ജലീയലായനിയിൽ ഭാഗികമായിമാത്രം വിഘടിക്കുകയും അതിനാൽ ലായനിയിൽ മുഖ്യമായും വിഘടിക്കാത്ത HA തന്മാത്രകൾ അടങ്ങിയിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. സാധാരണയായുള്ള ശക്തി കുറഞ്ഞ ആസിഡുകളാണ്, നൈട്രസ് ആസിഡ് (HNO_2), ഹൈഡ്രോഫ്ളൂറിക് ആസിഡ് (HF), അസെറ്റിക് ആസിഡ് (CH_3COOH) എന്നിവ. ദുർബല ആസിഡുകൾക്ക് വളരെ പ്രബലമായ സംയുഗ്മി ബേസുകളാണ് ഉള്ളത്. ഉദാഹരണത്തിന്, NH_2^-, O^{2-}, H^- മുതലായവ വളരെ നല്ല പ്രോട്ടോൺ സ്വീകർത്താക്കളാണ്. അതിനാൽ അവ H_2O നേക്കാൾ വളരെ പ്രബലമായ ബേസുകളാണ്.

ജലത്തിൽ ലയിക്കുന്ന ചില ഓർഗാനിക് സംയുക്തങ്ങളായ ഫിനോൾഫ്ത്തലീൻ, ബ്രോമോതൈമോൾബ്ലൂ തുടങ്ങിയവ ദുർബല ആസിഡുകളാണ്. അവ, അവയുടെ ആസിഡ് (HIn) സംയുഗ്മി ബേസ് (In^-) എന്നീ രൂപങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്ത നിറങ്ങൾ കാണിക്കുന്നു.

$HIn(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + In^-(aq)$

ആസിഡ് സൂചകം സംയുഗ്മിആസിഡ് സംയുഗ്മിബേസ്
നിറം A നിറം B

ഇങ്ങനെയുള്ള സംയുക്തങ്ങൾ ആസിഡ് – ബേസ് അനുമാപനങ്ങളിൽ (titratious) സൂചകങ്ങളായും H^+ ആയോണുകളുടെ ഗാഢത കണ്ടെത്താനും ഉപയോഗപ്രദമാണ്.

7.11.1 ജലത്തിന്റെ അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്കവും അയോണികഗുണനഫലവും

ജലം പോലെയുള്ള ചില പദാർഥങ്ങളുടെ പ്രധാന സവിശേഷത അതിന് അമ്ലമായും ബേസായും പ്രവർത്തിക്കാനുള്ള കഴിവ് ഉണ്ടെന്നുള്ളതാണ്. ജലത്തിന്റെ ഈ പ്രത്യേകത ഭാഗം 7.10.2 ൽ കണ്ടതാണ്. HA എന്ന ഒരമ്ലത്തിന്റെ സാന്നിധ്യത്തിൽ, ഒരു പ്രോട്ടോണിനെ സ്വീകരിച്ച് ബേസായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. എന്നാൽ B എന്ന ഒരു ബേസിന്റെ സാന്നിധ്യത്തിൽ പ്രോട്ടോണിനെ കൊടുത്തുകൊണ്ട് അത് ഒരു അമ്ലമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ശുദ്ധജലത്തിൽ ഒരു H_2O താന്മാത്ര പ്രോട്ടോണിനെ കൊടുക്കുകയും അമ്ലമായി പ്രവർത്തിക്കുകയും മറ്റൊരു ജലതന്മാത്ര പ്രോട്ടോണിനെ സ്വീകരിച്ചുകൊണ്ട് ബേസായി പ്രവർത്തിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അവിടെ താഴെപ്പറയുന്ന സന്തുലനം നിലനിൽക്കുന്നു.

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

ആസിഡ് ക്ഷാരം സംയുഗ്മി ആസിഡ് സംയുഗ്മി ബേസ്

$$K = [H_3O^+] [OH^-] / [H_2O]^2 \qquad (7.26)$$

ജലം ഒരു ശുദ്ധമായ ദ്രാവകമായതിനാൽ അതിന്റെ ഗാഢത സ്ഥിരമായി നിൽക്കുന്നു. അതിനാൽ ജലത്തിന്റെ ഗാഢത ഛേദത്തിൽ നിന്ന് ഒഴിവാക്കുന്നു. $[H_2O]$ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്തുന്നതുകൊണ്ട് ഒരു പുതിയ സ്ഥിരാങ്കം K_w കിട്ടുന്നു. അതിനെ ജലത്തിന്റെ അയോണികഗുണനഫലമെന്ന് വിളിക്കുന്നു.

$$K_w = [H^+][OH^-] \qquad (7.27)$$

298 K ൽ H^+ ന്റെ ഗാഢത പരീക്ഷണത്തിലൂടെ കണ്ടെത്തിയത് 1.0×10^{-7} M എന്നാണ്. ജലത്തിന്റെ വിഘടനം തുല്യ എണ്ണത്തിലുള്ള H^- അയോണുകളും OH^- അയോണുകളും ഉണ്ടാക്കുന്നതിനാൽ, ഹൈഡ്രോക്സിൽ അയോണുകളുടെ ഗാഢത, $[OH^-] = [H^+] = 1.0 \times 10^{-7}$ M, അതിനാൽ 298K ൽ K_w ന്റെ മൂല്യം.

$$K_w = [H_3O^+][OH^-] = (1 \times 10^{-7})^2 = 1 \times 10^{-14} M^2 \quad (7.28)$$

K_w ഒരു സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കമായതിനാൽ അതിന്റെ മൂല്യം ഊഷ്മാവിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

ശുദ്ധജലത്തിന്റെ സാന്ദ്രത 1000 g/ L ആകുന്നു. അതിന്റെ മോളാർ മാസ്സ് 18.0 g /mol. ഇതിൽനിന്ന് ശുദ്ധജലത്തിന്റെ മൊളാരിറ്റി ഇങ്ങനെ കിട്ടുന്നു.

$$[H_2O] = (1000\ g/L)\ (1\ mol/18.0g) = 55.55\ M$$

അതിനാൽ വിഘടിച്ച ജലത്തിന്റെയും വിഘടിക്കാത്ത ജലത്തിന്റെയും അനുപാതം ഇങ്ങനെ നൽകാൻ കഴിയും.

$10^{-7} / (55.55) = 1.8 \times 10^{-9}$ അല്ലെങ്കിൽ $\sim 2 \times 10^{-9}$
അതായത് 10^9– ൽ 2

(അതുകൊണ്ട്, സന്തുലനത്തിൽ വിഘടിക്കാത്ത ജലത്തിന്റെ അളവ് വളരെ കൂടുതലായിരിക്കും)

H_3O^+, OH^- ഗാഢതകളുടെ ആപേക്ഷികമൂല്യങ്ങൾ വെച്ചുകൊണ്ട് അമ്ല-നിർവീര്യ-ബേസിക-ഗുണങ്ങളുള്ള ജലീയലായനികളെ തിരിച്ചറിയാം.

ആസിഡ്: $[H_3O^+] > [OH^-]$

നിർവീര്യം: $[H_3O^+] = [OH^-]$

ബേസ്: $[H_3O^+] < [OH^-]$

7.11.2 pH തോത് (pH scale)

മൊളാരിറ്റിയിലുള്ള ഹൈഡ്രോണിയം അയോൺ ഗാഢത കൂടുതൽ സൗകര്യപ്രദമായി ആവിഷ്ക്കരിക്കാൻ ഒരു ലോഗരിതമികതോത് ഉപയോഗിക്കുന്നു. അതിനെ pH തോത് എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഹൈഡ്രജൻ അയോൺ ക്രിയാശേഷി (a_{H^+}) യുടെ 10 ആധാരമായുള്ള നെഗറ്റീവ് ലോഗരിതത്തെയാണ് ലായനിയുടെ pH എന്ന് നിർവചിക്കുന്നത്. നേർപ്പിച്ച ലായനികളിൽ (< 0.01 M) ഉള്ള ഹൈഡ്രജൻ അയോൺക്രിയാശേഷി $[a_{H^+}]$, H^+ ന്റെ മൊളാരിറ്റിയുടെ മൂല്യത്തിന് തുല്യമാണ്. ക്രിയാശേഷി എന്നതിന് യൂണിറ്റ് ഒന്നും തന്നെയില്ല. അതിനെ ഇങ്ങനെ നിർവചിക്കാം.

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

pH ന്റെ നിർവചനത്തിൽ നിന്ന് നമുക്കിങ്ങനെ ഒരു നിഗമനം എഴുതാം,

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

അതുകൊണ്ട്, HCl ന്റെ ഒരു അമ്ലലായനിക്ക് (10^{-2} M), pH = 2 ആയിരിക്കും. അതുപോലെ, NaOH ന്റെ ഒരു ബേസിക ലായനിയിൽ $[OH^-] = 10^{-4}$ M, $[H_3O^+] = 10^{-10}$ M, ആകയാൽ pH = 10. 25° C ൽ ശുദ്ധജലത്തിലെ ഹൈഡ്രജൻ അയോണുകളുടെ ഗാഢത $[H^+] = 10^{-7}$ M അതിനാൽ ശുദ്ധജലത്തിന്റെ pH ഇങ്ങനെ നൽകാം,

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

അമ്ലലായനികളുടെ ഹൈഡ്രജൻഅയോൺഗാഢത $[H^+] > 10^{-7}$ M, ഉം ബേസികലായനികളുടെ ഹൈഡ്രജൻ

അയോൺഗാഢത $[H^+] < 10^{-7}$ M – ഉം ആയിരിക്കും. അതിനാൽ നമുക്കിങ്ങനെ ചുരുക്കാം.

അമ്ലലായനികളുടെ pH < 7

ബേസികലായനികളുടെ pH > 7

നിർവീര്യലായനികളുടെ pH = 7

വീണ്ടും 298 K-ൽ സമവാക്യം 7.28 പരിഗണിച്ചാൽ,

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

സമവാക്യത്തിന്റെ രണ്ടു വശത്തും നെഗറ്റീവ്ലോഗരിതം എടുത്താൽ,

$$-\log K_w = -\log\{[H_3O^+]\,[OH\ ]\}$$

$$= -\log|H_3O^+| - \log|OH^-|$$

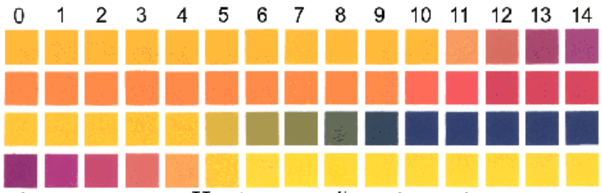
$$= -\log 10^{-14}$$

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

K_w ഊഷ്മാവിനനുസരിച്ച് മാറിയാലും, pH ന്റെ ഊഷ്മാവിനനുസരിച്ചുള്ള വ്യതിയാനം വളരെ കുറവായതിനാൽ അത് സാധാരണഗതിയിൽ പരിഗണിക്കാറില്ല.

pK_w ജലീയലായനികൾക്ക് വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ട ഒരു പരിമാണമാണ്. അത് ഹൈഡ്രജൻ, ഹൈഡ്രോക്സിൽ അയോണുകളുടെ ആപേക്ഷികഗാഢതയെ നിയന്ത്രിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. കാരണം, അവയുടെ ഗുണനഫലം ഒരു സ്ഥിരാങ്കമാണ്. pH തോത് ലോഗരിതത്തിൽ അധിഷ്ഠിതമായതിനാൽ, pH ലുള്ള ഒരു യൂണിറ്റ് മാറ്റം, |H | നെ 10 മടങ്ങ് മാറ്റുമെന്ന് പ്രത്യേകം ശ്രദ്ധിക്കണം. അതുപോലെ, ഹൈഡ്രജൻ അയോൺഗാഢത, |H | 100 മടങ്ങ് മാറിയാൽ pH ന്റെ മൂല്യം 2 യൂണിറ്റ് മാറുന്നു. താപനിലയിലെ വ്യത്യാസത്തിനനുസരിച്ച് pH ന്റെ മാറ്റം അവഗണിക്കുന്നത് എന്തുകൊണ്ട് എന്ന് ഇപ്പോൾ നിങ്ങൾക്ക് ബോധ്യപ്പെട്ടു കാണും.

ലായനികളുടെ pH അളക്കുന്നത് വളരെ പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നു. എന്തെന്നാൽ അതിന്റെ മൂല്യം ജീവശാസ്ത്ര പ്രക്രിയകളിലും സൗന്ദര്യസംവർധകങ്ങളുടെ പ്രായോഗികതലത്തിലും അറിഞ്ഞിരിക്കേണ്ടതാണ്. ഒരു ലായനിയുടെ pH ഏകദേശം കണ്ടുപിടിക്കാനായി pH പേപ്പർ സഹായിക്കും. അത് വ്യത്യസ്ത pH മൂല്യങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്ത നിറങ്ങൾ നൽകുന്നു. ഇപ്പോൾ നാല് സ്ട്രിപ്പുകൾ അടങ്ങിയ pH പേപ്പർ ലഭ്യമാണ്. ഒരേ pH ൽ വ്യത്യസ്ത സ്ട്രിപ്പുകൾക്ക് വ്യത്യസ്ത നിറങ്ങളാണ് (ചിത്രം 7.11). pH പേപ്പറുകൾ ഉപയോഗിച്ച്, 1-14 പരിധിയിൽ 0.05 കൃത്യതയോടെ pH കണ്ടെത്താൻ കഴിയും.



ചിത്രം 7.11 ഒരേ pH ൽ വ്യത്യസ്ത നിറങ്ങൾ ആകാറുന്ന നാല് സ്ട്രിപ്പുകൾ അടങ്ങിയ pH പേപ്പർ.

കൂടുതൽ കൃത്യതക്ക് വേണ്ടി pH മീറ്ററുകൾ ഉപയോഗിക്കാം. പരീക്ഷണലായനിയുടെ pH ആശ്രിതവൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യൽ, 0.001 സൂക്ഷ്മതയോടെ അളക്കാൻ കഴിയുന്ന ഉപകരണമാണ് pH മീറ്റർ. ഒരു പേനയുടെ മാത്രം വലിപ്പമുള്ള pH മീറ്റർ ഇപ്പോൾ വിപണിയിൽ ലഭ്യമാണ്. വളരെ സാധാരണമായ ചില പദാർഥങ്ങളുടെ pH പട്ടിക 7.5 ൽ നൽകിയിരിക്കുന്നു.

പ്രശ്നം 7.16

ഒരു ലഘുപാനീയത്തിന്റെ സാംപിളിലെ ഹൈഡ്രജൻഅയോൺഗാഢത 3.8×10^{-3}M ആണ്. അതിന്റെ pH എത്രയാണ്?

ഉത്തരം

$$pH = -\log[3.8 \times 10^{-3}]$$

$$= -\{\log|3.8| + \log|10^{-3}|\}$$

$$= -\{(0.58) + (-3.0)\} = -\{-2.42\} = 2.42$$

അതിനാൽ ലഘുപാനീയത്തിന്റെ pH, 2.42 ആണ്. അത് അമ്ലസ്വഭാവമുള്ളതെന്ന് മനസിലാക്കാം.

പ്രശ്നം 7.17

1.0×10^{-8} M, HCl ലായനിയുടെ pH കണ്ടെത്തുക.

ഉത്തരം

$$2H_2O\,(l) \rightleftharpoons H_3O^+\,(aq) + OH\ (aq)$$

$$K_w = |OH^-||H_3O\ |$$

$$= 10^{14}$$

$x = |OH^-| = |H_3O\ |$ ആണ് H_2O ൽ നിന്ന് ലഭിക്കുന്നത് എന്നിരിക്കട്ടെ. H_3O അയോൺഗാഢത ഉത്ഭവിക്കുന്നത് (i) ലയിച്ചിരിക്കുന്ന HCl ന്റെ അയോണീകരണം വഴിയാണ്. അതായത്,

$$HCl(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+\,(aq) + Cl\ (aq),$$

(ii) H_2O യുടെ അയോണീകരണം നിമിത്തം. ഈ വളരെ നേർപ്പിച്ച ലായനികളിൽ, H_3O^- ന്റെ രണ്ട് ഉറവിടങ്ങളും പരിഗണിക്കേണ്ടതാണ്.

$$|H_3O^+| = 10^{-8} + x$$

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

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

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

അതിനാൽ pOH = 7.02 and pH = 6.98

പട്ടിക 7.5 ചില സാധാരണ പദാർഥങ്ങളുടെ pH മൂല്യങ്ങൾ

ദ്രവത്തിന്റെ നാമം	pH	ദ്രവത്തിന്റെ നാമം	pH
NaOH ന്റെ പൂരിതലായനി	~15	കട്ടൻകാപ്പി	5.0
0.1 M NaOH ലായനി	13	തക്കാളിനീര്	~4.2
ചുണ്ണാമ്പുവെള്ളം	10.5	ലഘുപാനീയം, വിനാഗിരി	~3.0
മിൽക്ക് ഓഫ് മഗ്നീഷ്യ	10	നാരങ്ങാനീര്	~2.2
മുട്ടയുടെ വെള്ള, സമുദ്രജലം	7.8	ദഹനരസം	~1.2
മനുഷ്യരക്തം	7.4	1M HCl ലായനി	~0
പാൽ	6.8	ഗാഢ HCl	–1.0
മനുഷ്യ ഉമിനീര്	6.4		

7.11.3 ദുർബലാമ്ലത്തിന്റെ അയോണീകരണ സ്ഥിരാങ്കം (Ionisation Constants of Weak acids)

ഒരു ദുർബലാമ്ലം HX സങ്കൽപ്പിക്കുക. അത് ജലീയ ലായനിയിൽ ഭാഗികമായി വിഘടിക്കുന്നു. സന്തുലനം ഇങ്ങനെ സൂചിപ്പിക്കാം.

$$HX(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + X^-(aq)$$

പ്രാരംഭഗാഢത (M):

c 0 0

α അയോണീകരണത്തോത് ആണെങ്കിൽ,

മാറ്റം (M):

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

സന്തുലനഗാഢത (M):

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

ഇവിടെ c വിഘടിക്കാത്ത അമ്ലത്തിന്റെ (HX) പ്രാരംഭ ഗാഢത, (സമയം t = 0 ത്തിലുള്ളത്), α HX എത്ര ത്തോളം അയോണുകളായി മാറി എന്നു സൂചിപ്പിക്കുന്ന അയോണീകരണത്തോത്. ഈ സൂചകങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് മേൽപ്പറഞ്ഞ അമ്ലവിഘടന സന്തുലനത്തിന്റെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം എഴുതാൻ കഴിയും.

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

K_a യെ HX എന്ന അമ്ലത്തിന്റെ **വിഘടനസ്ഥിരാങ്കം അല്ലെങ്കിൽ അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്ക (dissociation of ionization constant)** മെന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇതിനെ മോളാർഗാഢതയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ മറ്റൊരുതരത്തിൽ പ്രതിനിധീകരിക്കാം.

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

ഒരു നിശ്ചിത ഊഷ്മാവ്, T-ൽ, K_a എന്നത് HX എന്ന അമ്ലത്തിന്റെ പ്രബലതയുടെ അളവാണ്. അതായത്, K_a യുടെ മൂല്യം കൂടുതലായാൽ അമ്ലത്തിന്റെ പ്രബലത കൂടുതൽ ആയിരിക്കും. സമവാക്യത്തിൽ ഉൾപ്പെട്ടിട്ടുള്ള എല്ലാ ഘടകങ്ങളുടേയും പ്രമാണാവസ്ഥയിലുള്ള ഗാഢത 1M ആയതുകൊണ്ട് K_a എന്നത് മാനരഹിത (dimensionless) പരിമാണമായിരിക്കും.

തെരഞ്ഞെടുത്ത വീര്യം കുറഞ്ഞ ചില അമ്ലങ്ങളുടെ അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്കങ്ങളുടെ മൂല്യങ്ങൾ പട്ടിക 7.6 ൽ നൽകിയിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 7.6 തെരഞ്ഞെടുത്ത ചില ദുർബലാമ്ലങ്ങളുടെ അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്കങ്ങൾ (298 *K* ൽ)

ആസിഡ്	അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്കം K_a
ഹൈഡ്രോഫ്ളൂറിക് ആസിഡ് (HF)	3.5×10^{-4}
നൈട്രസ് ആസിഡ് (HNO_2)	4.5×10^{-4}
ഫോർമിക് ആസിഡ് (HCOOH)	1.8×10^{-4}
നിയാസിൻ (C_5H_4NCOOH)	1.5×10^{-5}
അസെറ്റിക് ആസിഡ് (CH_3COOH)	1.74×10^{-5}
ബെൻസോയിക് ആസിഡ് (C_6H_5COOH)	6.5×10^{-5}
ഹൈപ്പോക്ലോറസ് ആസിഡ് (HClO)	3.0×10^{-8}
ഹൈഡ്രോസയാനിക് ആസിഡ് (HCN)	4.9×10^{-10}
ഫീനോൾ (C_6H_5OH)	1.3×10^{-10}

ഹൈഡ്രജൻ അയോൺഗാഢതയുടെ pH തോത് വളരെ ഉപയോഗപ്രദമാണ്. കാരണം pK_w കൂടാതെ മറ്റു സ്പീഷീസിനും പരിമാണങ്ങൾക്കും അത് പ്രയോഗിക്കാം. അതായത്

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

അമ്ലത്തിന്റെ അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്കം K_a പ്രാരംഭ ഗാഢത c എന്നിവ അറിയാമെങ്കിൽ, എല്ലാ ഘടകങ്ങളുടെയും സന്തുലനഗാഢതകളും അമ്ലത്തിന്റെ അയോണീകരണ തോതും ലായനിയുടെ pH ഉം കണ്ടെത്താൻ സാധിക്കും.

പൊതുവെ പടിപടിയായുള്ള ഒരു സമീപനത്തിലൂടെ ദുർബല ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകളുടെ pH കണ്ടെത്താൻ കഴിയും.

ഘട്ടം 1 വിഘടനത്തിനു മുമ്പുള്ള ഘടകങ്ങളെ ബ്രോൺസ്റ്റഡ്–ലൗറി അമ്ലങ്ങൾ, ബേസുകൾ എന്നിങ്ങനെ വേർതിരിക്കുക.

ഘട്ടം 2 എല്ലാ സാധ്യമായ പ്രവർത്തനങ്ങളുടേയും സമീകരിച്ച സമവാക്യങ്ങൾ എഴുതുക. അതായത് ഒരു അമ്ലമായും ബേസായും പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ.

ഘട്ടം 3 ഉയർന്ന K_a യുള്ള രാസപ്രവർത്തനത്തെ പ്രാഥമികരാസപ്രവർത്തനമെന്നും അല്ലാത്തതിനെ ഉപരാസപ്രവർത്തനമെന്നും തിരിച്ചറിഞ്ഞെഴുതുക.

ഘട്ടം 4 പ്രാഥമിക രാസപ്രവർത്തനത്തിലെ ഓരോ ഘടകങ്ങളുമായും ബന്ധപ്പെട്ട് ചുവടെ സൂചിപ്പിച്ചിട്ടുള്ളവയുടെ വിലകൾ പട്ടികയായി ചിട്ടപ്പെടുത്തുക :

(a) പ്രാരംഭഗാഢത c.

(b) അയോണീകരണ തോത്, α യുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ സന്തുലനത്തിലേക്ക് എത്തുമ്പോഴുള്ള ഗാഢതയുടെ മാറ്റം.

(c) സന്തുലനഗാഢത

ഘട്ടം 5 പ്രാഥമിക രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കസമവാക്യത്തിൽ സന്തുലന ഗാഢതകളെ ഉൾപ്പെടുത്തുകയും മൂല്യം കണ്ടെത്തുകയും ചെയ്യുക.

ഘട്ടം 6 പ്രാഥമികരാസപ്രവർത്തനത്തിലെ ഘടകങ്ങളുടെ ഗാഢത കണ്ടെത്തുക.

ഘട്ടം 7 $pH = -\log[H_3O^+]$ കണ്ടെത്തുക

മുകളിൽ പ്രസ്താവിച്ച രീതിശാസ്ത്രം താഴെപ്പറയുന്ന ഉദാഹരണങ്ങളിൽക്കൂടി വ്യക്തമാക്കാം:

പ്രശ്നം 7.18

HF ന്റെ അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്കം 3.2×10^{-4} ആണ്. 0.02 M ലായനിയിലുള്ള HF ന്റെ വിഘടനത്തോത് കണ്ടെത്തുക. ലായനിയിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന എല്ലാ ഘടകങ്ങളുടേയും (H_3O^+, F^- HF) ഗാഢതയും ലായനിയുടെ pH ഉം കണ്ടെത്തുക.

ഉത്തരം

താഴെപ്പറയുന്ന പ്രോട്ടോൺ സ്ഥാനമാറ്റപ്രവർത്തനങ്ങൾ ഇവിടെ സാധ്യമാണ്.

1) $HF + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + F^-$

$$K_a = 3.2 \times 10^{-4}$$

2) $H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

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

$K_a >> K_w$ ആയതുകൊണ്ട് (1) ആണ് പ്രാഥമിക രാസപ്രവർത്തനം

$HF + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + F^-$

പ്രാരംഭഗാഢത (M)

0.02   0   0

മാറ്റം (M)

-0.02α $+0.02\alpha$ $+0.02\alpha$

സന്തുലനഗാഢത (M)

$0.02 - 0.02\alpha$ 0.02α 0.02α

പ്രാഥമിക രാസപ്രവർത്തനത്തിലെ സന്തുലന ഗാഢതകളെ ഉൾപ്പെടുത്തുമ്പോൾ കിട്ടുന്നത്

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

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

ഇതിനെ പുനഃക്രമീകരിച്ചാൽ ചുവടെ ചേർത്തിട്ടുള്ള ദ്വിമാനസമവാക്യം ലഭിക്കുന്നു.

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

α യിലുള്ള ദ്വിമാനസമവാക്യത്തെ നിർധാരണം ചെയ്യുമ്പോൾ ലഭിക്കുന്ന രണ്ട് മൂല്യങ്ങൾ ഇവയാണ്.

$\alpha = +0.12$, -0.12

നെഗറ്റീവ് മൂല്യം സ്വീകാര്യമല്ലാത്തതിനാൽ

$\alpha = 0.12$

ഇതിൽ നിന്ന് അയോണീകരണത്തോത് $\alpha = 0.12$ ആണെന്ന് മനസിലാക്കാം, മറ്റു ഘടകങ്ങളുടെ സന്തുലന ഗാഢതകൾ,

$[H_3O^+] = [F^-] = c\alpha = 0.02 \times 0.12$

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

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

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

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

പ്രശ്നം 7.19

0.1 M ഏകബേസികാമ്ല (HA) ത്തിന്റെ pH 4.50 ആണ്. H^+, A^-, HA അയോണുകളുടെ സന്തുലന ഗാഢത കണ്ടെത്തുക. ഏകബേസികാമ്ലത്തിന്റെ K_a, pK_a മൂല്യങ്ങൾ കൂടി കണ്ടെത്തുക.

ഉത്തരം

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

അതിനാൽ $[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-4.50}$

$= 3.16 \times 10^{-5}$

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

അതിനാൽ $K_a = [H^+][A^-] / [HA]$

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

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

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

മറ്റൊരുതരത്തിൽ, ദുർബലമായ അമ്ലത്തിന്റെ ശക്തി അളക്കാനുള്ള മറ്റൊരു പ്രയോജനപ്രദമായ രീതിയാണ് വിഘടനശതമാനം കണക്കാക്കൽ.

വിഘടനശതമാനം =

$([HA]_{\text{വിഘടിച്ചത്}} / [HA]_{\text{പ്രാരംഭം}}) \times 100\ \%$ (7.32)

പ്രശ്നം 7.20

0.08 M ഹൈപ്പോക്ലോറസ് ആസിഡിന്റെ pH കണ്ടെത്തുക. അമ്ലത്തിന്റെ അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്കം 2.5×10^{-5} ആണ്. HOCl ന്റെ വിഘടനശതമാനം കണ്ടെത്തുക.

ഉത്തരം

$HOCl(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + ClO^-(aq)$

പ്രാരംഭഗാഢത (M):

0.08 0 0

സന്തുലനഗാഢതയിലേക്ക് എത്തുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന മാറ്റം:

–x +x +x

സന്തുലനഗാഢത (M)

0.08 – x x x

$K_a = \{[H_3O^+][ClO^-] / [HOCl]\}$

$= x^2 / (0.08 - x)$

$x << 0.08$ ആയാൽ $0.08 - x = 0.08$

$x^2 / 0.08 = 2.5 \times 10^{-5}$

$x^2 = 2.0 \times 10^{-6}$, അതിനാൽ $x = 1.41 \times 10^{-3}$

$[H^+] = 1.41 \times 10^{-3}$ M.

അതുകൊണ്ട്

വിഘടനശതമാനം

$= \{[HOCl]_{\text{വിഘടിച്ചത്}} / [HOCl]_{\text{വിഘടിക്കാത്തത്}}\} \times 100\ \%$

$= 1.41 \times 10^{-3} \times 10^2 / 0.08 = 1.76\ \%$.

$pH = -\log(1.41 \times 10^{-3}) = 2.85$.

7.11.4 ദുർബല ബേസുകളുടെ അയോണീകരണം (Ionisation of weak bases)

MOH എന്ന ബേസിന്റെ അയോണീകരണത്തെ ഈ സമവാക്യത്തിലൂടെ ആവിഷ്കരിക്കാം:

$$MOH(aq) \rightleftharpoons M^+(aq) + OH^-(aq)$$

ദുർബലബേസായ MOH- ന്റെ ഭാഗിക അയോണീകരണം നടന്ന് M - ഉം OH^-- ഉം ആകുന്നു. ഇത് അമ്ല വിഘടന സന്തുലനത്തിന് സമാനമാണ്. ബേസിന്റെ അയോണീകരണത്തിന്റെ സന്തുലന സ്ഥിരാങ്കത്തിനെ ബേസ് അയോണീകരണ സ്ഥിരാങ്കം എന്നു വിളിക്കുന്നു. അത് K_b ഉപയോഗിച്ച് സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഇത് സന്തുലനത്തിലിരിക്കുന്ന വ്യത്യസ്ത ഘടകങ്ങളുടെ മൊളാരിറ്റിയിലുള്ള ഗാഢതയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ സൂചിപ്പിക്കാം.

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

മറ്റൊരുതരത്തിൽ, c ബേസിന്റെ പ്രാരംഭഗാഢത, α ബേസിന്റെ അയോണീകരണത്തോത് അതായത്, ബേസിന് എത്രത്തോളം അയോണീകരണം നടന്നു എന്നതിന്റെ അളവ്, എന്നിങ്ങനെയായാൽ സന്തുലനത്തിൽ എത്തിച്ചേർന്നാൽ, സന്തുലന സ്ഥിരാങ്കം ഈ രീതിയിൽ എഴുതാം,

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

തെരഞ്ഞെടുത്ത ചില ദുർബലബേസുകളുടെ അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്കങ്ങളുടെ മൂല്യങ്ങൾ പട്ടിക 7.7 ൽ നൽകിയിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 7.7 ചില വീര്യം കുറഞ്ഞ ബേസുകളുടെ 298 *K* ൽ ഉള്ള അയോണീകരണ സ്ഥിരാങ്കങ്ങളുടെ മൂല്യങ്ങൾ

ബേസ്	K_b
ഡൈമീഥൈൽ അമീൻ, $(CH_3)_2NH$	5.4×10^{-4}
ട്രൈഈഥൈൽ അമീൻ, $(C_2H_5)_3N$	6.45×10^{-5}
അമോണിയ, NH_3 അല്ലെങ്കിൽ NH_4OH	1.77×10^{-5}
ക്വിനൈൻ, (ഒരു സസ്യ ഉൽപ്പന്നം)	1.10×10^{-6}
പിരിഡീൻ, C_5H_5N	1.77×10^{-9}
അനിലീൻ, $C_6H_5NH_2$	4.27×10^{-10}
യൂറിയ, $CO(NH_2)_2$	1.3×10^{-14}

അമീനുകൾ പോലെയുള്ള നിരവധി ഓർഗാനിക്സംയുക്തങ്ങൾ ദുർബലബേസുകളാണ്. അമീനുകൾ അമോണിയയിൽ നിന്ന് രൂപം കൊള്ളുന്ന സംയുക്തങ്ങളാണ്. അതിലെ ഒന്നോ അതിൽക്കൂടുതലോ ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റങ്ങൾ മറ്റൊരു ഗ്രൂപ്പ് ആദേശം ചെയ്യുന്നു. ഉദാഹരണം, മീഥൈൽ അമീൻ, കൊഡീൻ, ക്വിനൈൻ, നിക്കോട്ടിൻ. വളരെ ചെറിയ K_b ആയതിനാൽ, ഇവയെല്ലാം വളരെ ദുർബലമായ ബേസുകളായി പെരുമാറുന്നു. അമോണിയ ജലീയലായനിയിൽ OH^- ലഭ്യമാക്കുന്നു.

$$NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

ഹൈഡ്രജൻ അയോൺഗാഢതയുടെ pH തോത് കാണുന്ന രീതി ഇവിടെ പ്രയോഗിച്ചാൽ,

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

പ്രശ്നം 7.21

0.004M ഹൈഡ്രസീൻ ലായനിയുടെ pH 9.7 ആണ്. അയോണികസ്ഥിരാങ്കം K_b ഉം pK_b യും കണ്ടെത്തുക.

ഉത്തരം

$$NH_2NH_2 + H_2O \rightleftharpoons NH_2NH_3^+ + OH^-$$

pH ൽ നിന്ന് നമുക്ക് ഹൈഡ്രജൻ അയോൺ ഗാഢത കണ്ടെത്താം. ഹൈഡ്രജൻ അയോൺ ഗാഢത ജലത്തിന്റെ അയോണികഗുണനഫലം എന്നിവയിൽ നിന്ന് നമുക്ക് ഹൈഡ്രോക്സിൽ അയോണുകളുടെ ഗാഢത കണ്ടെത്താം. അതായത്,

$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-9.7}$

$= 1.67 \times 10^{-10}$ M

$[OH^-] = K_w / [H^+] = 1 \times 10^{-14} / 1.67 \times 10^{-10}$
$= 5.98 \times 10^{-5}$ m

ഹൈഡ്രോസീനിയം അയോണുകളുടെ ഗാഢത ഹൈഡ്രോക്സിൽ അയോണുകളുടേതിന് സമമായിരിക്കും. ഈ രണ്ട് അയോണുകളുടെ ഗാഢതയും വളരെ കുറവാണ്. അതിനാൽ അവിഘടിത ബേസിന്റെ ഗാഢത 0.004 M ന് തുല്യമായിരിക്കും.

അതിനാൽ

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

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

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

പ്രശ്നം 7.22

0.2 mol NH_4Cl ഉം 0.1M NH_3 ഉം ചേർന്ന ഒരു ലായനിയുടെ pH കണ്ടെത്തുക. അമോണിയലായനിയുടെ pK_b 4.75 ആണ്

ഉത്തരം

NH_3-യുടെ അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്കം

K_b = ആന്റിലോഗ് $(-pK_b)$

അതായത്,

$K_b = 10^{-4.75} = 1.77 \times 10^{-5}$

NH_3 +	H_2O ⇌	NH_4^+ +	OH^-
പ്രാരംഭഗാഢത (M):			
0.10		0.20	0
സന്തുലനത്തിലേക്ക് എത്തുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന മാറ്റം (M)			
–x		+x	+x
സന്തുലനഗാഢത (M)			
0.10 – x		0.20 + x	x

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

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

K_b ചെറുതായതിനാൽ, 0.1M , 0.2M എന്നിവയുമായി താരതമ്യം ചെയ്താൽ x നെ നമുക്ക് അവഗണിക്കാം. അതിനാൽ

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

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

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

7.11.5 K_a – യും K_b– യും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം

ഈ യൂണിറ്റിൽ നേരത്തേ കണ്ടതുപോലെ, K_a-യും K_b-യും യഥാക്രമം അമ്ലത്തിന്റേയും ബേസിന്റേയും വീര്യം പ്രകടിപ്പിക്കുന്നു. സംയുഗ്മിആസിഡ് – ബേസ് ജോടികളുടെ കാര്യത്തിൽ, അവ തമ്മിൽ ലളിതമായ രീതിയിൽ ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. അതിന്റെ ഫലമായി, ഒന്നിന്റെ മൂല്യം അറിയാമെന്നുണ്ടെങ്കിൽ, മറ്റേത് കണ്ടെത്താൻ കഴിയും.

NH_4^+ ഉം NH_3 ഉം ഉള്ള ഉദാഹരണം കണക്കിലെടുക്കുക.

$$NH_4^+(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + NH_3(aq)$$

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

$$NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

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

ആകമാനപ്രക്രിയ $2\,H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + OH^-(aq)$

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

ഇവിടെ അമ്ലമായിട്ടുള്ള NH_4^+ ന്റെ ശക്തിയെ, K_a പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. ബേസ് ആയിട്ടുള്ള NH_3 യുടെ ശക്തിയെ, K_b യും പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു.

ആകമാനരാസപ്രവർത്തനത്തിൽ നിന്ന് ലഭിക്കുന്ന സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം, ഘടകരാസപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കങ്ങളായ K_a , K_b എന്നിവയുടെ ഗുണനഫലമാണ് എന്ന് കാണാൻ സാധിക്കും.

അതായത്,

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

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

$= (5.6x10^{10}) \times (1.8 \times 10^{5}) = 1.0 \times 10^{11}$ M

ഇതിൽനിന്ന്, നമുക്ക് ഒരു പൊതുവായ നിഗമനത്തിലെത്തിച്ചേരാം. രണ്ടോ അതിൽ കൂടുതലോ രാസപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ തുകയായി ലഭിക്കുന്ന ആകമാന രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം ഓരോ ഘടകരാസപ്രവർത്തനത്തിന്റേയും സന്തുലന സ്ഥിരാങ്കങ്ങളുടെ ഗുണനഫലത്തിന് തുല്യമായിരിക്കും.

$K_{ആകമാ.} = K_1 \times K_2 \times \ldots\ldots$ (7.35)

അതുപോലെ, ഒരു സംയുഗ്മി അമ്ല – ബേസ് ജോടിയിൽ

$K_a \times K_b = K_w$ (7.36)

ഒരെണ്ണം അറിയാമെന്നുണ്ടെങ്കിൽ, അടുത്തത് നമുക്ക് കണക്കാക്കാം. പ്രബലാമ്ലത്തിന് ദുർബല സംയുഗ്മി ബേസും അതുപോലെ തിരിച്ചും ആയിരിക്കും എന്നത് ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതുണ്ട്.

മറ്റൊരുതരത്തിൽ, മേൽപ്പറഞ്ഞ വ്യഞ്ജകം, $K_w = K_a \times K_b$, കിട്ടുന്നതിനായി ചുവടെ ചേർത്തിട്ടുള്ള ബേസ് വിഘടനസന്തുലനം കണക്കാക്കുക,

$B(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons BH^+(aq) + OH^-(aq)$

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

ജലത്തിന്റെ ഗാഢത സ്ഥിരമായതിനാൽ അതിനെ ഛേദത്തിൽ നിന്ന് ഒഴിവാക്കുകയും വിഘടനസ്ഥിരാങ്കത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. അതുകൊണ്ട്, മുകളിലുള്ള നിഷ്പീഡനത്തെ $[H^+]$ കൊണ്ട് ഗുണിക്കുകയും ഹരിക്കുകയും ചെയ്താൽ

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

$= \{[OH^-][H^+]\}\{[BH^+] / [B][H^+]\}$

$= K_w / K_a$

or $K_a \times K_b = K_w$

സമവാക്യത്തിന്റെ ഇരുവശത്തും നെഗറ്റീവ് ലോഗരിതമെടുക്കുമ്പോൾ, സംയുഗ്മി ആസിഡ്– ബേസ് ജോടികളുടെ pK മൂല്യങ്ങൾ തമ്മിൽ ബന്ധപ്പെടുത്തുന്ന സമവാക്യം ലഭിക്കും.

$pK_a + pK_b = pK_w = 14$ (at 298Kൽ)

പ്രശ്നം 7.23

0.05M അമോണിയലായനിയുടെ അയോണീകരണത്തോതും, pH ഉം കണ്ടുപിടിക്കുക. പട്ടിക 7.7 ൽ നിന്ന് അമോണിയയുടെ അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്കം എടുക്കുക. അമോണിയയുടെ സംയുഗ്മി അമ്ലത്തിന്റെ അയോണികസ്ഥിരാങ്കവും കണ്ടെത്തുക.

ഉത്തരം

NH_3 യുടെ ജലത്തിലുള്ള അയോണീകരണം താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന സമവാക്യം വഴി സൂചിപ്പിക്കാം.

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

സമവാക്യം (7.33) ഉപയോഗിച്ച് ഹൈഡ്രോക്സിൽ അയോൺഗാഢത കണക്കുകൂട്ടാം.

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

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

α യുടെ മൂല്യം ചെറുതാണ്, സമവാക്യത്തിന്റെ വലതുവശത്തെ ഛേദത്തിൽ, 1 ഉം ആയി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ α– യെ അവഗണിച്ചു കൊണ്ട് ദ്വിമാനസമവാക്യത്തെ ലഘൂകരിക്കാം.

അതായത്,

$K_b = c\,\alpha^2$ അല്ലെങ്കിൽ

$\alpha = \sqrt{(1.77 \times 10^{-5} / 0.05)}$

$= 0.018.$

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

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

$= 1.06 \times 10^{-11}$ M

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

സംയുഗ്മി അമ്ലബേസ് ജോടിയ്ക്കുള്ള സമവാക്യം

$K_a \times K_b = K_w$

NH_3 യുടെ K_b മൂല്യം പട്ടിക 7.7 ൽ നിന്ന് സ്വീകരിച്ചു കൊണ്ട് സംയുഗ്മിആസിഡ് NH_4^+ ന്റെ അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്കം നമുക്ക് കണ്ടെത്താം.

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

$= 5.64 \times 10^{-10}.$

7.11.6 ദ്വിബേസിക, ബഹുബേസിക-ആസിഡുകളും, ദ്വിആസിഡ്, ബഹുആസിഡ് - ബേസുകളും

അമ്ലങ്ങളായ ഓക്സാലിക് ആസിഡ്, സൾഫ്യൂറിക് ആസിഡ്, ഫോസ്ഫോറിക് ആസിഡ് എന്നിവയുടെ ഒരു അമ്ലതന്മാത്രയിൽ ഒന്നിൽക്കൂടുതൽ അയോണീകരണ പ്രോട്ടോണുകൾ ഉണ്ട്. അങ്ങനെയുള്ള അമ്ലങ്ങളെ ബഹുബേസിക അല്ലെങ്കിൽ ബഹുപ്രോട്ടികഅമ്ലങ്ങളെന്നു പറയുന്നു.

ഒരു ദ്വിബേസികഅമ്ലമായ H_2X ന്റെ അയോണീകരണ രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ ചുവടെ ചേർക്കുന്നു.

$$H_2X(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + HX^-(aq)$$
$$HX^-(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + X^{2-}(aq)$$

ഇവയോരോന്നിനും തത്തുല്യ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കങ്ങൾ താഴെ നൽകുന്നു:

$$K_{a_1} = \{[H^+][HX^-]\} / [H_2X] \text{ and}$$

$$K_{a_2} = \{[H^+][X^{2-}]\} / [HX^-]$$

ഇവിടെ K_{a_1} K_{a_2} എന്നിവയെ യഥാക്രമം H_2X എന്ന അമ്ലത്തിന്റെ ഒന്നാമത്തെയും രണ്ടാമത്തെയും അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്കങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇതുപോലെ, ത്രിബേസികഅമ്ലമായ H_3PO_4ന് മൂന്ന് അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്കങ്ങൾ ഉണ്ട്. ചില ബഹുപ്രോട്ടിക അമ്ലങ്ങളുടെ അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്കങ്ങളുടെ മൂല്യങ്ങൾ പട്ടിക 7.8 ൽ നൽകിയിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 7.8 ചില സാധാരണ ബഹുപ്രോട്ടികഅമ്ലങ്ങളുടെ അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്കങ്ങൾ (298K ൽ)

Acid	K_{a_1}	K_{a_2}	K_{a_3}
ഓക്സാലിക് ആസിഡ്	5.9×10^{-2}	6.4×10^{-5}	
അസ്കോർബിക് ആസിഡ്	7.4×10^{-4}	1.6×10^{-12}	
സൾഫ്യൂറസ് ആസിഡ്	1.7×10^{-2}	6.4×10^{-8}	
സൾഫ്യൂറിക് ആസിഡ്	Very large	1.2×10^{-2}	
കാർബോണിക് ആസിഡ്	4.3×10^{-7}	5.6×10^{-11}	
സിട്രിക് ആസിഡ്	7.4×10^{-4}	1.7×10^{-5}	4.0×10^{-7}
ഫോസ്ഫോറിക് ആസിഡ്	7.5×10^{-3}	6.2×10^{-8}	4.2×10^{-13}

ഒരു ബഹുപ്രോട്ടികഅമ്ലത്തിന്റെ ഉയർന്ന ഓർഡർ അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്കങ്ങൾ (K_{a_2}, K_{a_3}) താഴ്ന്ന ഓർഡർ അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്ക (K_{a_1}) ത്തേക്കാൾ ചെറുതായിരിക്കും. ഇതിനുകാരണമെന്തെന്നാൽ, പോസിറ്റീവ് ചാർജുള്ള പ്രോട്ടോണിനെ നെഗറ്റീവ് അയോണിൽ നിന്ന് നീക്കുന്നത് സ്ഥിത വൈദ്യുതബലങ്ങൾമൂലം കൂടുതൽ പ്രയാസമായിരിക്കും. ചാർജില്ലാത്ത H_2CO_3 ൽ നിന്ന് പ്രോട്ടോണിനെ നീക്കുന്നത് നെഗറ്റീവ് ചാർജുള്ള HCO_3^- ൽ നിന്ന് നീക്കുന്നതുമായി താരതമ്യം ചെയ്താൽ ഇത് മനസിലാക്കാവുന്നതാണ്. ഇതുപോലെ തന്നെ, ഇരട്ട ചാർജുള്ള HPO_4^{2-} അയോണിൽ നിന്ന് പ്രോട്ടോണിനെ നീക്കുന്നത് $H_2PO_4^-$ ൽ നിന്ന് നീക്കുന്നതിനേക്കാൾ കൂടുതൽ പ്രയാസമാണ്.

ദ്വിപ്രോട്ടികഅമ്ലത്തെ അപേക്ഷിച്ച് ബഹുപ്രോട്ടിക അമ്ലലായനികളിൽ, H_2A, HA^-, A^{2-} തുടങ്ങിയ അമ്ലങ്ങളുടെ മിശ്രിതങ്ങൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ലായനി H_2A ഒരു പ്രബലാമ്ലമായതിനാൽ, പ്രാഥമികരാസപ്രവർത്തനത്തിൽ H_2A യുടെ വിഘടനം ആയിരിക്കും സംഭവിക്കുക. പ്രധാനമായും ഒന്നാം വിഘടനഘട്ടത്തിൽ നിന്നാണ്, H_3O^+ ലായനിയിലേക്കെത്തുന്നത്.

7.11.7 അമ്ലതയെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ

അമ്ലങ്ങളുടെയും ബേസുകളുടെയും ശക്തിയിലെ ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകൾ പരിമാണപരമായി അപഗ്രഥിക്കുകയും, ഒരു നിശ്ചിത ഗാഢതയിലുള്ള അമ്ലലായനിയുടെ pH കണക്കുകൂട്ടുന്നതെങ്ങനെയെന്ന് മനസിലാക്കുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. എന്നാൽ ജിജ്ഞാസയുളവാക്കുന്ന സംഗതി ചില അമ്ലങ്ങൾ എന്തുകൊണ്ട് മറ്റു ചിലതിനേക്കാൾ പ്രബലത കൂടിയവയാകുന്നു എന്നതാണ്. എന്തൊക്കെ ഘടകങ്ങളാണ് അവയുടെ ശക്തി കൂട്ടുന്നത്? ഇതിന്റെ ഉത്തരം സങ്കീർണമാണ്. എന്നാൽ, ഒരു അമ്ലത്തിന്റെ വിഘടനത്തിന്റെ തോത്, H-A ബന്ധനത്തിന്റെ ശക്തിയേയും ധ്രുവതയെയുമാണ് ആശ്രയിക്കുന്നത് എന്ന് നമുക്ക് പറയാൻ കഴിയും.

പൊതുവെ H-A ബന്ധനത്തിന്റെ ശക്തി കുറയുമ്പോൾ, അതായത്, ബന്ധനത്തെ മുറിക്കാനാവശ്യമായ ഊർജം കുറയുമ്പോൾ, H-A വീര്യം കൂടിയ ഒരു അമ്ലമായി മാറും. H-A ബന്ധനം കൂടുതൽ ധ്രുവീയമാകുമ്പോൾ, അതായത് H,A എന്നീ ആറ്റങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള വിദ്യുത്ഋണത യിലുള്ള വ്യത്യാസം കൂടുമ്പോഴും, കാര്യമായ ചാർജ് വേർതിരിവ് ഉണ്ടെങ്കിലും, ബന്ധനത്തിന്റെ വിഭജനം വേഗത്തിൽ നടക്കുകയും അതുവഴി അമ്ലത്വം വർധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

എന്നാൽ, ആവർത്തനപ്പട്ടികയിലെ ഒരേ ഗ്രൂപ്പിലും മൂലകങ്ങളെ താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ ധ്രുവീയസ്വഭാവത്തെക്കാൾ കൂടുതൽ പ്രാധാന്യം കൊടുക്കേണ്ടത് H-A ബന്ധനത്തിന്റെ ശക്തിക്ക് ആകണം. ഗ്രൂപ്പിൽ താഴേയ്ക്ക് വരുമ്പോൾ A യുടെ വലിപ്പം വർധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച്, H-A ബന്ധനശക്തി കുറയുകയും അതുകൊണ്ട് അമ്ലത്തിന്റെ ശക്തി വർധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

വലിപ്പം കൂടുന്നു.

$$HF << HCl << HBr << HI$$

അമ്ല ശക്തി വർധിക്കുന്നു.

അതുപോലെ, H_2O. – യേക്കാളും ശക്തി കൂടിയ അമ്ലമാണ് H_2S. എന്നാൽ ആവർത്തനപ്പട്ടികയിലെ ഒരേ പീരിഡിലെ മൂലകങ്ങളെ കണക്കാക്കിയാൽ, H-A ബന്ധനത്തിന്റെ ധ്രുവതയാണ് അമ്ലശക്തിയെ നിർണയിക്കുന്ന പ്രധാന ഘടകം. A യുടെ ഇലക്ട്രോ നെഗറ്റിവിറ്റി വർധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് അമ്ലത്തിന്റെ ശക്തി കൂടുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന്,

A യുടെ ഇലക്ട്രോനെഗറ്റിവിറ്റി വർധിക്കുന്നു.

$$CH_4 < NH_3 < H_2O < HF$$

അമ്ല ശക്തി വർധിക്കുന്നു.

7.11.8 അമ്ലങ്ങളുടേയും ബേസുകളുടേയും അയോണീകരണത്തിലുള്ള പൊതു അയോൺപ്രഭാവം (Common Ion effect)

അസെറ്റിക് ആസിഡിന്റെ വിഘടനസന്തുലനം ഉദാഹരണമായി പരിഗണിക്കാം.

$$CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$$

അല്ലെങ്കിൽ $HAc(aq) \rightleftharpoons H^-(aq) + Ac(aq)$

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

അസെറ്റിക് ആസിഡ് ലായനിയിലേക്ക് അസെറ്റേറ്റ് അയോണുകൾ ചേർത്താൽ ഹൈഡ്രജൻ അയോണുകളുടെ ഗാഢത, $[H^+]$ കുറയുന്നു. ബാഹ്യ ഉറവിടത്തിൽ നിന്ന് H^+ അയോണുകളെ ചേർത്താലും സന്തുലനം വിഘടിക്കാത്ത അസെറ്റിക് ആസിഡിന്റെ ദിശയിലേക്ക് ചലിക്കുന്നു. അതായത്, ഹൈഡ്രജൻ അയോണുകളുടെ ഗാഢത, $[H^-]$ കുറയുന്ന ദിശയിലേക്ക് സന്തുലനം നീങ്ങുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസം പൊതു അയോൺപ്രഭാവത്തിന് ഒരുദാഹരണമാണ്. വിഘടന സന്തുലനത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന ഒരു അയോൺ കൂടുതലായി പ്രദാനം ചെയ്യുന്ന പദാർഥം ചേർത്തുകൊണ്ട് സന്തുലനത്തെ മാറ്റുന്ന പ്രക്രിയയായി ഇതിനെ നിർവചിക്കാം. അതായത്, പൊതു അയോൺപ്രഭാവമെന്ന പ്രതിഭാസം ലേഷാറ്റ്ലിയർ തത്വത്തെ (ഭാഗം 7.8) അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള ഒരു പ്രതിഭാസമാണെന്ന് പറയാൻ കഴിയും.

0.05 M അസറ്റേറ്റ് അയോൺ, 0.05M അസെറ്റിക് ആസിഡ് ലായനിയിലേക്ക് ചേർക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന ലായനിയുടെ pH കണ്ടെത്തുന്നതിനായി, അസെറ്റിക് ആസിഡിന്റെ വിഘടനസന്തുലനം ഒരിക്കൽക്കൂടി പരിഗണിക്കാം.

$$HAc(aq) \rightleftharpoons H^-(aq) + Ac(aq)$$

പ്രാരംഭഗാഢത (M)

0.05	0	0.05

അസെറ്റിക്ആസിഡിന്റെ വിഘടനത്തോത് x ആണെന്നിരിക്കട്ടെ, ഗാഢതയുടെ മാറ്റം (M) :

–x	+x	+x

സന്തുലനഗാഢത (M)

0.05–x	+x	0.05 +x

അതുകൊണ്ട്

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

വളരെ ദുർബലമായ അമ്ലത്തിന് K_a ചെറുതായതിനാൽ $x<<0.05$.

അതായത്, $(0.05 + x) \approx (0.05 – x) \approx 0.05$

അതുകൊണ്ട്

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

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

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

പ്രശ്നം 7.24

0.10 M അമോണിയലായനിയുടെ pH കണ്ടെത്തുക. ഈ ലായനിയുടെ 50.0 mL ലേക്ക് 25.0 mL 0.10 M HCl ചേർത്തതിനുശേഷമുളള pH കണക്കാക്കുക. അമോണിയയുടെ വിഘടനസ്ഥിരാങ്കം

$$K_b = 1.77 \times 10^{-5}$$

ഉത്തരം

$$NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^- + OH^-$$

$$K_b = [NH_4^+][OH^-]/[NH_3] = 1.77\times10^{-5}$$

നിർവീര്യ രാസപ്രവർത്തനത്തിന് മുമ്പ്

$[NH_4^-] = [OH^-] = x$

$[NH_3] = 0.10 – x = 0.10$ M

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

അതിനാൽ $x = 1.33 \times 10^{-3} = [OH^-]$

അതുകൊണ്ട് $[H^+] = K_w / [OH^-] = 10^{-14} / (1.33 \times 10^{-3}) = 7.51 \times 10^{-12}$

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

25 mL 0.1M HCl ലായനി (അതായത് 2.5 മില്ലി മോൾ HCl), 50 mL 0.1M അമോണിയ ലായനിയിലേക്ക് (അതായത് 5 മില്ലി മോൾ NH_3), ചേർക്കുമ്പോൾ 2.5 മില്ലി മോൾ അമോണിയതന്മാത്രകൾ നിർവീര്യമാക്കപ്പെടുന്നു. തത്ഫലമായി കിട്ടുന്ന 75 mL ലായനിയിൽ നിർവീര്യമാക്കപ്പെടാത്ത 2.5 മില്ലി മോൾ അമോണിയതന്മാത്രകളും 2.5 m മില്ലിമോൾ NH_4^- അയോണുകളും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു.

$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4^- + Cl$$

2.5	2.5	0	0

സന്തുലനത്തിൽ

0	0	2.5	2.5

തത്ഫലമായി ലഭിക്കുന്ന 75 mL ലായനിയിൽ 2.5 മില്ലി മോൾ NH_4^- അയോണുകളും (അതായത് 0.033

M) 2.5 മില്ലി മോൾ (അതായത് 0.033M) നിർവീര്യമാക്കപ്പെടാത്ത അമോണിയതന്മാത്രകളും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഈ അമോണിയ ചുവടെ ചേർത്തിട്ടുള്ള സന്തുലനത്തിൽ നിലനിൽക്കുന്നു.

$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^- + OH$

$0.033M - y \quad 0.033 + y \quad y$

ഇവിടെ $y = [OH] = [NH_4^+]$

നിർവീര്യ പ്രവർത്തനത്തിനുശേഷം അന്തിമ 75 mL ലായനിയിൽ 2.5 മില്ലി മോൾ NH_4^- അയോണുകൾ (അതായത് 0.033 M), നേരത്തേ അടങ്ങിയിട്ടുണ്ട്. അതിനാൽ NH_4^+ അയോണുകളുടെ ആകെ ഗാഢത ഇപ്രകാരം എഴുതാം.

$[NH_4^+] = 0.033 + y$

y ചെറുതായതിനാൽ, $[NH_4OH] = 0.033$ M ഉം $[NH_4^+] = 0.033M$.

$K_b = [NH_4][OH^-] / [NH_4OH]$

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

അതായത് $y = 1.77 \times 10^{-5} = [OH]$

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

അതിനാൽ pH = 9.24

7.11.9 ലവണങ്ങളുടെ ജലീയവിശ്ലേഷണവും, അവയുടെ ലായനികളുടെ pH മൂല്യവും

കൃത്യമായ അനുപാതത്തിലുള്ള അമ്ലങ്ങളുടേയും ബേസുകളുടേയും പ്രവർത്തനഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന ലവണങ്ങൾ ജലത്തിൽ അയോണീകരണത്തിന് വിധേയമാകുന്നു. ലവണങ്ങളുടെ അയോണീകരണത്താൽ ഉണ്ടാകുന്ന ധനഅയോണുകളും ഋണഅയോണുകളും ഒന്നുകിൽ ജലീയലായനിയിൽ ജലയോജിതഅയോണുകളായോ അല്ലെങ്കിൽ ജലവുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിച്ച് ലവണങ്ങളുടെ സ്വഭാവത്തിനനുസരിച്ചുള്ള അമ്ലങ്ങളോ ബേസുകളോ ആയോ പുനഃസൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. രണ്ടാമത് സൂചിപ്പിച്ച ലവണങ്ങളിലുള്ള ധനഅയോണുകളോ/ഋണഅയോണുകളോ അല്ലെങ്കിൽ രണ്ടും കൂടിയോ ജലവുമായുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തനത്തെ ജലീയവിശ്ലേഷണമെന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഈ പ്രവർത്തനം ലായനിയുടെ pH നെ ബാധിക്കുന്നു. പ്രബല ബേസുകളുടെ ധന അയോണുകൾ (ഉദ. Na^-, K^+, Ca^{2-}, Ba^{2-} മുതലായവ) പ്രബല അമ്ലങ്ങളുടെ ഋണഅയോണുകൾ (ഉദ. Cl^-, Br^-, NO_3^-, ClO_4^- മുതലായവ) പെട്ടെന്ന് ജലയോജിതമാകുകയും ജലീയ വിശ്ലേഷണവിധേയമാകാതിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അതിനാൽ, പ്രബലാമ്ലങ്ങളുടേയും ബേസുകളുടേയും ലവണങ്ങളുടെ ലായനികൾ നിർവീര്യമാണ്. അതായത് അതിന്റെ pH=7 ആയിരിക്കും. എന്നാൽ മറ്റ് വിഭാഗത്തിൽ വരുന്ന ലവണങ്ങൾ ജലീയവിശ്ലേഷണത്തിന് വിധേയമാകുന്നു.

താഴെപ്പറയുന്ന വിഭാഗത്തിലുള്ള ലവണങ്ങളുടെ ജലീയവിശ്ലേഷണം പരിഗണിക്കാം :

(i) ദുർബലാമ്ലത്തിന്റേയും പ്രബല ബേസിന്റേയും ലവണങ്ങൾ, ഉദാഹരണം : CH_3COONa.

(ii) പ്രബലാമ്ലത്തിന്റേയും ദുർബല ബേസിന്റേയും ലവണങ്ങൾ ഉദാ: NH_4Cl

(iii) ദുർബലാമ്ലത്തിന്റേയും ദുർബല ബേസിന്റേയും ലവണങ്ങൾ. ഉദാ: CH_3COONH_4

ഒന്നാമത്തെ ഉദാഹരണത്തിൽ CH_3COONa (ദുർബല അമ്ലമായ CH_3COOH ന്റേയും പ്രബല ബേസായ NaOH ന്റേയും ലവണം) ജലീയലായനിയിൽ പൂർണമായി അയോണീകരിക്കപ്പെടുന്നു.

$CH_3COONa(aq)^- \quad CH_3COOH(aq) + Na^+(aq)$

ഇത്തരത്തിലുണ്ടാകുന്ന അസെറ്റേറ്റ് അയോൺ ലായനിയിൽ ജലീയവിശ്ലേഷണത്തിന് വിധേയമായി അസെറ്റിക്ക് ആസിഡും OH അയോണുകളും നൽകുന്നു.

$CH_3COO^-(aq)+H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COOH(aq)+OH^-(aq)$

അസെറ്റിക് ആസിഡ് ദുർബലാമ്ലം ($K_a = 1.8 \times 10^{-5}$) ആയതിനാൽ ലായനിയിൽ ഏറിയ പങ്കും അയോണീകരിക്കപ്പെടാതെ നിൽക്കുന്നു. ഇത് ലായനിയിലുള്ള OH^- അയോണുകളുടെ ഗാഢതയെ വർധിപ്പിക്കുകയും അതിനെ ബേസികസ്വഭാവം ഉള്ളതാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇങ്ങനെയുള്ള ലായനിയുടെ pH, 7-ൽ കൂടുതലായിരിക്കും.

ഇതുപോലെ, (ദുർബലബേസ് NH_4OH ൽ നിന്നും പ്രബല ആസിഡ് HCl ൽ നിന്നും ഉണ്ടാകുന്ന) NH_4Cl ജലത്തിൽ പൂർണമായി വിഘടിക്കുന്നു.

$NH_4Cl(aq) \rightarrow NH_4(aq) + Cl^-(aq)$

അമോണിയംഅയോണുകൾ ജലീയവിശ്ലേഷണത്തിനു വിധേയമായി NH_4OH ഉം H അയോണുകളും ഉണ്ടാകുന്നു.

$NH_4(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4OH(aq) + H(aq)$

അമോണിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡ് ദുർബല ബേസാണ് ($K_b = 1.77 \times 10^{-5}$). അതിനാൽ അത് ലായനിയിൽ മിക്കവാറും അയോണീകരിക്കപ്പെടാതെ നിൽക്കുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി ലായനിയിൽ H^+ അയോൺ ഗാഢത വർധിക്കുകയും ലായനിയെ അമ്ലസ്വഭാവമുള്ളതാക്കി മാറ്റുകയും ചെയ്യുന്നു. അതുകൊണ്ട് ജലത്തിലുള്ള NH_4Cl ലായനിയുടെ pH, 7-ൽ താഴെയാണ്.

ദുർബലാമ്ലത്തിൽ നിന്നും ദുർബലബേസിൽ നിന്നും ഉണ്ടാകുന്ന CH_3COONH_4 എന്ന ലവണത്തിന്റെ ജലീയവിശ്ലേഷണം സങ്കൽപ്പിക്കുക. ഇതിന്റെ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന ഘടകങ്ങൾ ഇവയാണ് :

$$CH_3COO^- + NH_4^+ + H_2O \leftrightharpoons CH_3COOH + NH_4OH$$

CH_3COOH, NH_4OH എന്നിവ ഭാഗികവിഘടനത്തിന് വിധേയമായി ലായനിയിൽ നിൽക്കുന്നു.

$$CH_3COOH \leftrightharpoons CH_3COO + H^+$$
$$NH_4OH \leftrightharpoons NH_4 + OH^-$$
$$H_2O \leftrightharpoons H + OH^-$$

വിശദമായ കണക്കു കൂട്ടലുകളിലേക്ക് പോകാതെ നമുക്ക് പറയാൻ സാധിക്കുന്ന കാര്യം ജലീയവിശ്ലേഷണത്തിന്റെ തോത് ലായനിയുടെ ഗാഢതയെ ആശ്രയിക്കുന്നില്ല എന്നും ലായനികളുടെ pH അവയുടെ pK മൂല്യങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് കണ്ടെത്താമെന്നുമാണ്.

$$pH = 7 + ½ (pK_a – pK_b) \quad (7.38)$$

pK വിലകൾ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം പോസിറ്റീവായാൽ ലായനിയുടെ pH, 7-ൽ കൂടുതലും, നെഗറ്റീവായാൽ അത് 7 ൽ താഴെയുമായിരിക്കും.

പ്രശ്നം 7.25

അസെറ്റിക് ആസിഡിന്റെ pK_a യും അമോണിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡിന്റെ pK_b യും യഥാക്രമം 4.76 ഉം 4.75 ഉം ആണ്. അമോണിയം അസെറ്റേറ്റ്ലായനിയുടെ pH കണ്ടെത്തുക?

ഉത്തരം

$$pH = 7 + ½ [pK_a – pK_b]$$
$$= 7 + ½ [4.76 – 4.75]$$
$$= 7 + ½ [0.01] = 7 + 0.005 = 7.005$$

7.12 ബഫർലായനികൾ (Buffer solutions)

മിക്ക ശരീരദ്രവങ്ങൾക്കും (ഉദാഹരണമായി-രക്തം, മൂത്രം മുതലായവയ്ക്ക്) നിശ്ചിതമായ pH മൂല്യം ഉണ്ട്. ഇവയുടെ pH ലുള്ള വ്യതിയാനം ശരീരത്തിന്റെ തെറ്റായ പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ സൂചന നൽകുന്നു. നിരവധി രാസ -ജൈവരാസപ്രക്രിയകൾക്ക് pH ന്റെ നിയന്ത്രണം വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ടതാണ്. നിരവധി ഔഷധ - സൗന്ദര്യവർധകനിർമിതികൾ സംരക്ഷിക്കുന്നതിനും പ്രയോഗിക്കുന്നതിനും pH കൃത്യമായി നിലനിർത്തേണ്ടതുണ്ട്. **നേർപ്പിക്കുമ്പോഴോ, ചെറിയ അളവിൽ ആസിഡ് അല്ലെങ്കിൽ ബേസ് ചേർക്കുമ്പോഴോ ഉണ്ടാകുന്ന pH വ്യതിയാനത്തെ പ്രതിരോധിക്കുന്ന ലായനികളെ ബഫർ ലായനികൾ എന്നു പറയുന്നു.** അമ്ലത്തിന്റെ pK_a യുടെയോ ക്ഷാരത്തിന്റെ pK_b യുടെയോ മൂല്യത്തിൽ നിന്ന് ലവണത്തിന്റേയും അമ്ലത്തിന്റേയും അല്ലെങ്കിൽ ലവണത്തിന്റേയും ബേസിന്റേയും അനുപാതം നിയന്ത്രിച്ചു കൊണ്ടും ഒരു നിശ്ചിത pH ലുള്ള ബഫർ ലായനി നിർമിക്കാം. അസെറ്റിക് ആസിഡിന്റേയും സോഡിയം അസെറ്റേറ്റിന്റേയും മിശ്രിതം ഏകദേശം 4.75 pH ഉള്ള ബഫർ ലായനിയായും അമോണിയംക്ലോറൈഡിന്റേയും അമോണിയംഹൈഡ്രോക്സൈഡിന്റേയും മിശ്രിതം ഏകദേശം 9.25 pH ഉള്ള ബഫർലായനിയായും പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ബഫർ ലായനികളെ കുറിച്ച് കൂടുതലായി നിങ്ങൾ ഉയർന്ന ക്ലാസ്സുകളിൽ പഠിക്കും.

7.12.1 ബഫർലായനി തയാറാക്കൽ

ഒരു നിശ്ചിത pH ഉള്ള ബഫർ ലായനി തയ്യാറാക്കാൻ pK_a, pK_b സന്തുലന സ്ഥിരാങ്കം എന്നിവയുടെ അറിവ് നമ്മളെ സഹായിക്കുന്നു. എങ്ങനെയാണ് ഇത് സാധ്യമാക്കുന്നതെന്ന് നമുക്ക് കാണാം.

അസിഡിക് ബഫറിന്റെ നിർമാണം

അസിഡിക് pH ഉള്ള ബഫറിന്റെ നിർമാണത്തിനായി ദുർബലാമ്ലവും അതിന്റെ പ്രബലബേസുമായുള്ള ലവണവും ഉപയോഗിക്കുന്നു. pH, ദുർബലാമ്ലത്തിന്റെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം K_a, ദുർബലാമ്ലത്തിന്റെ ഗാഢതയും അതിന്റെ സംയുഗ്മി ബേസുമായുള്ള അനുപാതവും ബന്ധിപ്പിച്ചുകൊണ്ട് ഒരു സമവാക്യം വികസിപ്പിക്കാൻ കഴിയും. പൊതുവിൽ ഒരു വീര്യം കുറഞ്ഞ ആസിഡ് HA ജലത്തിൽ അയോണീകരിക്കുന്ന സാഹചര്യം കണക്കിലെടുത്താൽ

$$HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$$

ഇതിന് വേണ്ടി നമുക്ക് താഴെ പറയുന്ന സമവാക്യം എഴുതാൻ കഴിയും

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

ഇതിനെ പുനഃക്രമീകരിച്ചാൽ

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

ഇരു വശവും ലോഗരിതം എടുത്തും, പദങ്ങളെ പുനഃക്രമീകരിച്ചും,

$$pK_a = pH - \log\frac{[A^-]}{[HA]}$$
$$pH = pK_a + \log\frac{[A^-]}{[HA]} \quad (7.39)$$

$$pH = pKa + log\frac{[\text{സംയുഗ്മി ബേസ്};\ A^-]}{[\text{അമ്ലം}, HA]} \qquad (7.40)$$

സമവാക്യം (7.40) **ഹെൻഡേർസൺ – ഹാസ്സിൽബാഷ് സമവാക്യം** എന്ന് പറയുന്നു. $\frac{[A^-]}{[HA]}$ എന്ന പരിമാണം അമ്ലത്തിന്റെ സംയുഗ്മി ബേസും (ആനയോൺ) അമ്ലവും തമ്മിലുള്ള മിശ്രിതത്തിന്റെ ഗാഢതയുടെ അനുപാതമാണ്. ദുർബലമായതിനാൽ ആസിഡ് വളരെ ചെറിയ അളവിൽ മാത്രമേ അയോണീകരിക്കുകയുള്ളൂ. അതുകൊണ്ട്, ബഫർ നിർമിക്കാൻ എടുത്തിരിക്കുന്ന അമ്ലത്തിന്റെ ഗാഢത വലിയ വ്യത്യാസമില്ലാതെ തുടരുന്നു. അമ്ലത്തിന്റെ ലവണത്തിന്റെ അയോണീകരണത്തിന്റെ ഫലമായുണ്ടാകുന്നതാണ് ഭൂരിഭാഗം വരുന്ന സംയുഗ്മീ ബേസ് $[A^-]$. അതിനാൽ ലവണത്തിന്റെ ഗാഢതയിൽ നിന്ന് നാമമാത്രമായി മാത്രമാണ് സംയുഗ്മീ ബേസിന്റെ ഗാഢത വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. അതുകൊണ്ട് സമവാക്യം (7.40) ഈ രീതിയിൽ മാറ്റപ്പെടുന്നു.

$$pH = pKa + log\frac{[\text{ലവണം}]}{[\text{അമ്ലം}]}$$

സമവാക്യം (7.39) ൽ $[A^-]$ ന്റെ ഗാഢത [HA] യുടെ ഗാഢതയ്ക്ക് തുല്യമായാൽ pH= pK_a ആകുന്നു. കാരണം log 1 ന്റെ മൂല്യം പൂജ്യം ആണ്. അതിനാൽ ഒരേ മോളാർ ഗാഢതയുള്ള അമ്ലവും ലവണവും (സംയുഗ്മീക്ഷാരം) എടുത്താൽ ബഫർലായനിയുടെ pH അമ്ലത്തിന്റെ pK_a യ്ക്ക് തുല്യമാകും. അതുകൊണ്ട് നിശ്ചിത pH ഉള്ള ബഫർലായനി നിർമിക്കുന്നതിന്, ആവശ്യമായ pH നോട് ചേർന്ന pK_a വരുന്ന ആസിഡ് തിരഞ്ഞെടുക്കണം. അസെറ്റിക്ആസിഡിന്റെ pK_a മൂല്യം 4.76 ആണ്. അതിനാൽ തുല്യ മോളാർഗാഢതയുള്ള അസെറ്റിക് ആസിഡും സോഡിയംഅസെറ്റേറ്റും ചേർന്നുണ്ടായ ബഫർലായനിയുടെ pH ഏകദേശം 4.76 നടുത്ത് വരും.

ബേസികബഫറിന്റെ നിർമാണം

ഒരു ദുർബലബേസിന്റേയും അതിന്റെ സംയുഗ്മീഅമ്ലത്തിന്റേയും ബഫറിന്റെ ഇത് പോലെയുള്ള വിശകലനം താഴെപ്പറയുന്ന ഫലങ്ങൾ തരുന്നു.

$$pOH = pK_b + log\frac{[\text{സംയുഗ്മി അമ്ലം}, BH^+]}{[\text{ക്ഷാരം}, B]} \qquad (7.41)$$

ബഫർലായനിയുടെ pH ഈ സമവാക്യം ഉപയോഗിച്ച് കണക്കാക്കാം. pH+pOH=14

നമുക്കറിയാം pH+pOH=pK_w, pK_a+pK_b=pK_w

ഈ മൂല്യങ്ങളെ സമവാക്യം (7.41)–ൽ ഉപയോഗിച്ചാൽ താഴെപ്പറയുന്ന രൂപത്തിലേക്ക് മാറും.

$$pK_w - pH = pK_w - pK_a + log\frac{[\text{സംയുഗ്മി അമ്ലം}, BH^-]}{[\text{ബേസ്}, B]}$$

അല്ലെങ്കിൽ

$$pH = pKa - log\frac{[\text{സംയുഗ്മി അമ്ലം}, BH]}{[\text{ബേസ്}, B]} \quad - \quad (7.42)$$

ബേസിന്റേയും അതിന്റെ സംയുഗ്മീ അമ്ലത്തിന്റെയും (ധനഅയോൺ) മോളാർഗാഢത തുല്യമായാൽ, ബഫർ ലായനിയുടെ pH, ബേസിന്റെ pK_a യ്ക്ക് തുല്യമായിരിക്കും. അമോണിയയുടെ pK_a മൂല്യം 9.25 ആയതിനാൽ, തുല്യ മോളാർഗാഢതയുള്ള അമോണിയലായനിയും അമോണിയം ക്ലോറൈഡ്ലായനിയും ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന ബഫറിന്റെ pH 9.25 ന് അടുത്തായിരിക്കും. അമോണിയം ക്ലോറൈഡും അമോണിയം ഹൈഡ്രോക്സൈഡും ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന ബഫർലായനിക്ക്, സമവാക്യം (7.42) ഈ രീതിയിൽ മാറും.

$$pH = 9.25 - log\frac{[\text{സംയുഗ്മി അമ്ലം } BH]}{[\text{ബേസ്}, B]}$$

നേർപ്പിക്കൽ, ബഫർലായനിയുടെ pH നെ ബാധിക്കുന്നില്ല. കാരണം ലോഗരിതത്തിൽ ചേർന്നു വരുന്ന അനുപാതം മാറുന്നില്ല.

7.13 പരിമിതമായി ലയിക്കുന്ന ലവണങ്ങളുടെ ലേയത്വസന്തുലനങ്ങൾ

അയോണിക ഖരപദാർഥങ്ങളുടെ ജലത്തിലുള്ള ലേയത്വത്തെപ്പറ്റി നാം നേരത്തെ മനസിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. ഇവയിൽ ചിലത് (കാൽസ്യം ക്ലോറൈഡ് പോലെയുള്ളത്) ആർദ്രതാഗ്രാഹി സ്വഭാവമുള്ളതും മറ്റുചിലത് (ലിഥിയം ഫ്ളൂറൈഡ് പോലെയുള്ളത്) വളരെ ചെറിയ അളവിൽ ലയിക്കുന്നതും സാധാരണഗതിയിൽ അലേയം എന്ന് വിളിക്കപ്പെടുന്നവയുമാണ്. ലേയത്വം നിരവധി ഘടകങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. അതിൽ പ്രധാനപ്പെട്ടത് ലവണത്തിന്റെ ലാറ്റിസ് എൻഥാൽപിയും ലായനിയിലെ അയോണുകളുടെ വിലായകയോജന എൻഥാൽപിയുമാണ്. ഒരു ലവണം ലായകത്തിൽ ലയിക്കുന്നതിനായി അയോണുകളുടെ ഇടയിലുള്ള ശക്തിയേറിയ ആകർഷണബലങ്ങളെ (ലാറ്റിസ് എൻഥാൽപി)

അയോൺ-ലായക ആകർഷണം വഴി തരണം ചെയ്യേണ്ടതായിട്ടുണ്ട്. അയോണുകളുടെ വിലായകയോജന എൻഥാൽപിയെ വിലായകയോജനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പരിഗണിക്കാം. അത് എല്ലായ്പ്പോഴും നെഗറ്റീവായിരിക്കും. അതായത്, വിലായകയോജനപ്രക്രിയയിൽ ഊർജം സ്വതന്ത്രമാകും. വിലായകയോജന എൻഥാൽപിയുടെ അളവ് ലായകത്തിന്റെ സ്വഭാവത്തെ ആശ്രയിച്ചിരുക്കുന്നു. അധ്രുവീയ (സഹസംയോജക) ലായകങ്ങളുടെ കാര്യത്തിൽ, വിലായകയോജന എൻഥാൽപി കുറവായിരിക്കും. അതിനാൽ അത് ലവണത്തിന്റെ ലാറ്റിസ് എൻഥാൽപിയെ തരണം ചെയ്യാൻ പര്യാപ്തമായതല്ല. അതിന്റെ പരിണതഫലമായി ലവണം അധ്രുവീയ ലായനികളിൽ ലയിക്കാതെ വരുന്നു. ഒരു പൊതു നിയമപ്രകാരം ഒരു ലവണത്തിന് ഒരു പ്രത്യേക ലായനിയിൽ ലയിക്കണമെന്നുണ്ടെങ്കിൽ വിലായകയോജന എൻഥാൽപി, ലാറ്റിസ് എൻഥാൽപിയെക്കാൾ കൂടുതൽ ആയിരിക്കണം; രണ്ടാമത്തേത് ആദ്യത്തേതിനെ തരണം ചെയ്യത്തക്ക രീതിയിൽ. ഓരോ ലവണത്തിനും താപനിലയ്ക്കനുസരിച്ച് അതിന്റേതായ നിശ്ചിതലേയത്വമുണ്ട്. നമുക്ക് ലേയത്വത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ലവണങ്ങളെ താഴെപ്പറയുന്ന മൂന്നു വിഭാഗങ്ങളിലായി വർഗീകരിക്കാം.

വിഭാഗം I	ലയിക്കുന്നത്	ലേയത്വം > 0.1M
വിഭാഗം II	സാമാന്യം ലയിക്കുന്നത്	0.01 M <ലേയത്വം <0.1M
വിഭാഗംIII	പരിമിതമായി ലയിക്കുന്നത്	ലേയത്വം <0.01M

ഇനി നമുക്ക് പരിമിതമായി ലയിക്കുന്ന അയോണിക ലവണവും അതിന്റെ പൂരിതജലീയലായനിയും തമ്മിലുള്ള സന്തുലനം കണക്കിലെടുക്കാം.

7.13.1 ലേയത്വഗുണനഫല സ്ഥിരാങ്കം

അതിന്റെതന്നെ പൂരിതജലീയലായനിയുമായി സമ്പർക്കത്തിലിരിക്കുന്ന ഖര ബേരിയംസൽഫേറ്റ് കണക്കിലെടുക്കുക. ലയിക്കാത്ത ഖരപദാർഥങ്ങളും പൂരിതലായനിയിലുള്ള അയോണുകളും തമ്മിലുള്ള സന്തുലനത്തെ ഈ സമവാക്യം കൊണ്ട് സൂചിപ്പിക്കാം.

$$BaSO_4(s) \underset{\text{ജലത്തിൽ}}{\overset{\text{പൂരിത ലായനി}}{\rightleftharpoons}} Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq),$$

സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ സമവാക്യം ഇങ്ങനെ നൽകാം

$$K = \{[Ba^{2+}][SO_4^{2-}]\} / [BaSO_4] \qquad (7.43)$$

ശുദ്ധമായ ഖരപദാർഥത്തിന് സറിരഗാഢത ആയതിനാൽ നമുക്ക് ഇങ്ങനെ എഴുതാൻ കഴിയും.

$$K_{sp} = K[BaSO_4] = [Ba^{2+}][SO_4^{2-}] \qquad (7.43)$$

K_{sp} യെ **ലേയത്വ ഗുണനഫലസ്ഥിരാങ്കം** എന്നോ അല്ലെങ്കിൽ ലളിതമായി **ലേയത്വ ഗുണനഫലം** എന്നോ വിളിക്കുന്നു. മുകളിലെ സമവാക്യത്തിലെ K_{sp} യുടെ പരീക്ഷണത്തിൽ കിട്ടിയ മൂല്യം 298K-ൽ 1.1×10^{-10} ആണ്. അതായത്, പൂരിതലായനിയുമായി സന്തുലനത്തിലിരിക്കുന്ന ഖര ബേരിയംസൽഫേറ്റിന് ബേരിയം അയോണുകളുടെയും സൽഫേറ്റ് അയോണുകളുടെയും ഗാഢതകളുടെ ഗുണനഫലം അതിന്റെ ലേയത്വഗുണനഫല സറിരാങ്കത്തിന് തുല്യമാണെന്നർഥം. ബേരിയം സൽഫേറ്റിന്റെ മോളാർ ലേയത്വം 'S' ആയാൽ രണ്ട് അയോണുകളുടേയും ഗാഢതകൾ അപ്പോൾ S വീതമാണ്.

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

$$\text{or} \qquad S = 1.05 \times 10^{-5}.$$

അതിനാൽ, ബേരിയംസൽഫേറ്റിന്റെ മോളാർലേയത്വം 1.05×10^{-5} mol L^{-1} ന് തുല്യമാകും.

ഒരു ലവണം വിഘടനത്തിൽ കൂടി, വ്യത്യസ്ത ചാർജുകൾ വഹിക്കുന്ന ഋണഅയോണുകളേയും ധന അയോണുകളും നൽകാം. ഉദാഹരണത്തിന്, തന്മാത്രാവാക്യം $(Zr^{4+})_3(PO_4^{3-})_4$ ഉള്ള സിർക്കോണിയം ഫോസ്ഫേറ്റ് എന്നുള്ള ലവണം സങ്കൽപ്പിക്കുക. ഇത് വിഘടിച്ച് +4 ചാർജുള്ള മൂന്ന് സിർക്കോണിയം ധന അയോണുകളും -3 ചാർജുള്ള നാല് ഫോസ്ഫേറ്റ് ഋണഅയോണുകളും തരുന്നു. സിർക്കോണിയം ഫോസ്ഫേറ്റിന്റെ മോളാർലേയത്വം S ആണെങ്കിൽ, സംയുക്തത്തിന്റെ സമീകരണമിതിയിൽ നിന്ന്,

$$[Zr^{4+}] = 3S \text{ and } [PO_4^{3-}] = 4S$$

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

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

സൂത്രവാക്യം M_xA_y ഉള്ളതും മോളാർ ലേയത്വം S ഉള്ളതുമായ ഒരു ഖരലവണം അതിന്റെ തന്നെ പൂരിതലായനിയുമായി സമ്പർക്കത്തിലാണെങ്കിൽ, അതിനെ ഈ സമവാക്യം കൊണ്ട് ചിത്രീകരിക്കാം:

$$M_xX_y(s) \rightleftharpoons xM^{p+}(aq) + yX^{q-}(aq)$$

(ഇവിടെ $x \times p^+ = y \times q^-$)

അതിന്റെ ലേയത്വഗുണനഫലസ്ഥിരാങ്കം ഇങ്ങനെ നൽകാം.

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

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

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

ഒന്നോ അതിൽക്കൂടുതലോ പദാർഥങ്ങളുടെ ഗാഢത സന്തുലനഗാഢതയല്ലെങ്കിൽ, സമവാക്യത്തിലുള്ള K_{sp} എന്ന പദത്തെ Q_{sp} എന്ന് വിളിക്കാം (ഭാഗം 7.6.2). സന്തുലന സാഹചര്യങ്ങളിൽ $K_{sp} = Q_{sp}$ ആയിരിക്കും എന്നത് വ്യക്തമാണ്. എന്നാൽ, മറ്റുസാഹചര്യങ്ങളിൽ ഇത് അവക്ഷിപ്ത രൂപീകരണത്തിന്റെയോ ലയനപ്രക്രിയ യുടെയോ ദിശ വ്യക്തമാക്കുന്നു. ചില സാധാരണ ലവ ണങ്ങളുടെ 298K താപനിലയിലുള്ള ലേയത്വഗുണന ഫലസ്ഥിരാങ്കങ്ങൾ പട്ടിക 7.9 ൽ നൽകിയിരിക്കുന്നു.

ചോദ്യം 7.26

അയോണുകൾ ജലവുമായി പ്രവർത്തിക്കുകയി ല്ലെന്ന് സങ്കൽപ്പിച്ചാൽ ജലത്തിലുള്ള A_2X_3 യുടെ ലേയത്വം കണക്കാക്കുക. A_2X_3 യുടെ ലേയത്വഗുണ നഫലം $K_{sp} = 1.1 \times 10^{-23}$.

ഉത്തരം

$A_2X_3 \rightarrow 2A^{3+} + 3X^{2-}$

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

A_2X_3, യുടെ ലേയത്വം S ആയാൽ

$[A^{3+}] = 2S$; $[X^{2-}] = 3S$

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

$108S^5 = 1.1 \times 10^{-23}$

അതിനാൽ $S^5 = 1 \times 10^{-25}$

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

ചോദ്യം 7.27

ഭാഗികമായി ലയിക്കുന്ന രണ്ട് ലവണങ്ങളായ $Ni(OH)_2$ ന്റെയും AgCN ന്റെയും K_{sp} മൂല്യങ്ങൾ യഥാ ക്രമം 2.0×10^{-15} നും 6×0^{-17} നും ആണ്. ഏത് ലവണമാണ് കൂടുതൽ ലയിക്കുന്നത്; വിശദീകരി ക്കുക?

ഉത്തരം

$AgCN \rightleftharpoons Ag^{+} + CN^{-}$

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

$Ni(OH)_2 \rightleftharpoons Ni^{2+} + 2OH^{-}$

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

$[Ag^{+}] = S_1$ ആണെങ്കിൽ $[CN^{-}] = S_1$

$[Ni^{2+}] = S_2$, ആണെങ്കിൽ $[OH^{-}] = 2S_2$

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

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

AgCN നേക്കാൾ കൂടുതൽ ലയിക്കുന്നത് $Ni(OH)_2$ ആണ്.

പട്ടിക 7.9 ചില സാധാരണ അയോണികലവണങ്ങളുടെ *298K*–ൽ ഉള്ള ലേയത്വ ഗുണനഫലസ്ഥിരാങ്കങ്ങൾ.

ലവണത്തിന്റെ പേര്	രാസസൂത്രം	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}
Thallous Bromide	$TlBr$	3.4×10^{-6}
Thallous Chloride	$TlCl$	1.7×10^{-4}
Thallous 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}

ചോദ്യം 7.28

0.10 M NaOH ലുള്ള $Ni(OH)_2$ ന്റെ മോളാർ ലേയത്വം കണക്കാക്കുക. $Ni(OH)_2$ ന്റെ അയോണികഗുണനഫലം 2.0×10^{-15}. ആണ്.

ഉത്തരം

$Ni(OH)_2$ ന്റെ ലേയത്വം S ആണെന്നിരിക്കട്ടെ. S മോൾ/L $Ni(OH)_2$ വിഘടനത്തിലൂടെ S മോൾ/L Ni^{2+} ഉം 2S മോൾ/ L OH ഉം തരുന്നു. എന്നാൽ OH അയോണുകളുടെ ആകെ ഗാഢത = (0.10 + 2S) മോൾ/ L. കാരണം ലായനിയിൽ ആദ്യമേ NaOH ൽ നിന്നുള്ള + 0.10 മോൾ / L OH അടങ്ങിയിട്ടുണ്ട്.

$K_{sp} = 2.0 \times 10^{-15} = [Ni^{2+}] [OH^-]^2$

$= (S) (0.10 + 2S)^2$

K_{sp} ചെറുതായതിനാൽ, 2S << 0.10,

അതുകൊണ്ട് $(0.10 + 2S) \approx 0.10$

അതിനാൽ

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

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

7.13.2 അയോണികലവണങ്ങളുടെ ലേയത്വത്തിലുള്ള പൊതു അയോൺപ്രഭാവം

ലേ ഷാറ്റ്ലിയർ തത്വത്തിൽ നിന്ന് പ്രതീക്ഷിക്കുന്നതുപോലെ നാം ഏതെങ്കിലും ഒരു അയോണിന്റെ ഗാഢത വർധിപ്പിച്ചാൽ അതിന്റെ വിപരീത ചാർജുള്ള അയോണുമായി കൂടി ചേർന്ന് ഒരിക്കൽ കൂടി $K_{sp} = Q_{sp}$ ആകത്തക്ക തരത്തിൽ ലവണം കുറഞ്ഞ അളവിൽ അവക്ഷിപ്തപ്പെടും. അതുപോലെ, ഏതെങ്കിലും അയോണുകളുടെ ഗാഢത കുറച്ചാൽ ഒരിക്കൽക്കൂടി $K_{sp} = Q_{sp}$ ആകത്തക്ക തരത്തിൽ കൂടുതൽ ലവണം ലയിച്ച് രണ്ട് അയോണുകളുടെയും ഗാഢത വർധിക്കും. ഈ പ്രതിഭാസം ലേയത്വം കൂടിയ സോഡിയം ക്ലോറൈഡ് പോലുള്ള ലവണങ്ങൾക്കും ബാധകമാണ്. ഇവിടെ Q_{sp} യ്ക്കുള്ള സമവാക്യത്തിൽ അയോണുകളുടെ ഉയർന്ന ഗാഢതയുള്ളതിനാൽ മൊളാരിറ്റിക്ക് പകരം അവയുടെ പ്രവർത്തനശേഷിയാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്. അതിനാൽ, നാം സോഡിയം ക്ലോറൈഡിന്റെ ഒരു പൂരിത ലായനിയെടുത്ത് അതിലേക്ക് HCl വാതകം കടത്തി വിട്ടാൽ, HCl ന്റെ വിഘടനം വഴി ഉണ്ടാകുന്ന ക്ലോറൈഡ് അയോണുകളുടെ വർധിച്ച ഗാഢത (പ്രവർത്തനശേഷി) യുടെ ഫലമായി സോഡിയം ക്ലോറൈഡ് അവക്ഷിപ്തപ്പെടുന്നു. ഇങ്ങനെ ലഭിക്കുന്ന സോഡിയം ക്ലോറൈഡ് മാലിന്യങ്ങളിൽനിന്ന് മുക്തമായിരിക്കും. ഒരു നിശ്ചിത അയോണിനെ, അതിന്റെ പരിമിതമായി ലയിക്കുന്ന ലവണമായി പൂർണമായും അവക്ഷിപ്തപ്പെടുത്തുന്നതിനായി ഭാരമാനവിശ്ലേഷണത്തിൽ, പൊതു അയോൺ പ്രഭാവം ഉപയോഗിക്കുന്നു. അതിനാൽ ഭാരമാന വിശ്ലേഷണത്തിനുവേണ്ടി സിൽവർഅയോൺ സിൽവർ ക്ലോറൈഡായും ഫെറിക് അയോണിനെ അതിന്റെ ഹൈഡ്രോക്സൈഡായും അല്ലെങ്കിൽ (ഹൈഡ്രേറ്റഡ്ഫെറിക്ക് ഓക്സൈഡ്) ബേറിയം അയോൺ അതിന്റെ സൾഫേറ്റായും അവക്ഷിപ്തപ്പെടുത്തുന്നു.

വീര്യം കുറഞ്ഞ അമ്ലങ്ങളുടെ ലവണങ്ങൾ ആയ ഫോസ്ഫേറ്റുകളുടെ ലേയത്വം കുറഞ്ഞ pH ൽ വർധിക്കുന്നു. അതിന് കാരണം കുറഞ്ഞ pH ൽ പ്രോട്ടോണീകരണത്തിന്റെ ഫലമായി ഋണഅയോണിന്റെ ഗാഢത കുറയുന്നു. ഇത് ലവണത്തിന്റെ ലേയത്വത്തെ വർധിപ്പിച്ച് $K_{sp} = Q_{sp}$ യോടു തുല്യമാക്കുന്നു. ഇവിടെ ഒരേ സമയം രണ്ടു സന്തുലനങ്ങൾ ശരിയാവേണ്ടതുണ്ട്. അതായത്

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

$HX(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + X^-(aq)$;

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

$[X^-] / [HX] = K_a / [H^+]$

രണ്ട് വശങ്ങളുടെയും പ്രതിലോമം എടുക്കുകയും ഒന്ന് കൂട്ടുകയും ചെയ്താൽ നമുക്ക് താഴെ പറയുന്നവ ലഭിക്കും.

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

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

വീണ്ടും പ്രതിലോമം എടുത്താൽ ചുവടെ ചേർത്തിരിക്കുന്നത് ലഭിക്കും.

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

pH കുറയുന്നതിനനുസരിച്ച് 'f' കുറയുന്നതായി നമുക്ക് കാണാൻ കഴിയും. ഒരു നിശ്ചിത pH ൽ ലവണത്തിന്റെ ലേയത്വം S ആണെങ്കിൽ,

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

$S = \{K_{sp} ([H^+] + K_a) / K_a\}^{1/2}$ (7.45)

അതിനാൽ $[H^+]$ വർധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് അല്ലെങ്കിൽ pH കുറയുന്നതിനനുസരിച്ച് ലേയത്വം S വർധിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു.

സംഗ്രഹം

ദ്രാവകാവസ്ഥയിൽ നിന്ന് ബാഷ്പത്തിലേക്ക് കടക്കുന്ന തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണവും, ബാഷ്പത്തിൽ നിന്ന് ദ്രാവകാവസ്ഥയിലേക്ക് തിരികെ വരുന്ന തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണവും തുല്യമായാൽ, സന്തുലനം കൈവരിച്ചതായി നമുക്ക് പറയാം. അത് ഗതികസ്വഭാവവുള്ളതുമായിരിക്കും. ഭൗതിക രാസപ്രക്രിയകൾക്ക് സന്തുലനം പ്രാപിക്കാൻ കഴിയും. ഈ അവസ്ഥയിൽ പുരോ-പശ്ചാത്പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ നിരക്ക് തുല്യമായിരിക്കും. **സന്തുലന സ്ഥിരാങ്കം** K_c പ്രസ്താവിക്കുന്നത് ഉത്പന്നങ്ങളുടെ ഗാഢതയെ അഭികാരകങ്ങളുടെ ഗാഢത കൊണ്ട് ഭാഗിച്ചാണ്. ഇവിടെ ഓരോ പദങ്ങളുടെയും ഘാതങ്ങളായി രാസസമീകരണമിതീയഗുണാങ്കങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

$aA + bB$ _ $cC + dD$ പ്രവർത്തനത്തിന്

$K_c \quad [C]^c[D]^d/[A]^a[B]^b$

ഒരു നിശ്ചിത ഊഷ്മാവിൽ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കത്തിന് സ്ഥിരമൂല്യമാണ്. ഈ അവസ്ഥയിൽ സ്ഥൂലഗുണങ്ങളായ ഗാഢത, മർദം മുതലായവ സ്ഥിരമായിരിക്കും. വാതകങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക്, സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം K_p യായി സൂചിപ്പിക്കുന്നു. അത് എഴുതുന്നതിനായി K_c യുടെ സമവാക്യത്തിലുള്ള ഗാഢതാപദങ്ങളെ ഭാഗിക മർദങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് മാറ്റേണ്ടതാണ്. പ്രവർത്തനത്തിന്റെ ദിശയെ പ്രവചിക്കാൻ **പ്രവർത്തനസിദ്ധിമാനം** Q_c യ്ക്ക് സാധിക്കും . അത് സന്തുലനത്തിൽ K_c യ്ക്ക് തുല്യമാണ്. ഊഷ്മാവ്, മർദം, ഗാഢത മുതലായവയിൽ ഏതെങ്കിലും ഒരു ഘടകത്തിന് മാറ്റമുണ്ടായാൽ സന്തുലനം ആ മാറ്റത്തിന്റെ സ്വാധീനത്തെ കുറയ്ക്കുന്നതിനോ പ്രതിരോധിക്കുന്നതിനോ ആയി ഒരു പ്രത്യേക ദിശയിലേക്ക് തിരിയുന്നു. ഇതിനെ **ലേ ഷാറ്റ്ലിയർ തത്വം** എന്ന് പറയുന്നു. ഘടകങ്ങളായ ഊഷ്മാവ്, മർദം, ഉൽപ്രേരകം, ഉൽകൃഷ്ടവാതകം എന്നിവ സന്തുലനത്തിന്റെ ദിശയെ സ്വാധീനിക്കുന്നത് പഠിക്കുന്നതിനും ഈ ഘടകങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ചുകൊണ്ട് ഉൽപന്നങ്ങളുടെ ലഭ്യത നിയന്ത്രിക്കാനും കഴിയും. **ഉൽപ്രേരകം** ഒരു പ്രവർത്തനമിശ്രിതത്തിലെ സന്തുലനസംഘടനയെ സ്വാധീനിക്കുന്നില്ല. എന്നാൽ രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ നിരക്ക് വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നു. അഭികാരകങ്ങൾ ഉത്പന്നങ്ങൾ ആകുന്നതിനും തിരിച്ചും ഊർജം കുറഞ്ഞ പുതിയ പാത ലഭ്യമാക്കിക്കൊണ്ടാണ് ഇത് സാധ്യമാക്കുന്നത്.

ജലീയലായനിയിൽ വൈദ്യുതി ചാലനം ചെയ്യുന്ന എല്ലാ വസ്തുക്കളെയും **ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകൾ** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. അമ്ലങ്ങൾ, **ബേസുകൾ,** ലവണങ്ങൾ എന്നിവ ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകൾ ആണ്. അവയുടെ ജലീയലായനികൾ, വൈദ്യുത ചാലനം നടത്തുന്നത് ജലീയലായനിയിലെ **ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകളുടെ വിഘടനം അല്ലെങ്കിൽ അയോണീകരണം** മൂലമുണ്ടാകുന്ന ഋണഅയോണുകളുടേയും ധനഅയോണുകളുടേയും ഫലമായാണ്. പ്രബല ഇലക്ട്രോലൈറ്റുകൾ പൂർണമായി വിഘടിക്കുന്നു. ദുർബലഇലക്ട്രോലൈറ്റുകളിൽ അയോണുകളുടേയും അയോണീകരിക്കാത്ത ഇലക്ട്രോലിറ്റിക തന്മാത്രകളുടേയും സന്തുലനം നിലനിൽക്കുന്നു. **അറീനിയസിന്റെ** കാഴ്ചപാടിൽ അവയുടെ ജലീയലായനികളിൽ അമ്ലങ്ങൾ ഹൈഡ്രജൻ അയോണുകളെയും ക്ഷാരങ്ങൾ ഹൈഡ്രോക്സിൽ അയോണുകളെയും ലഭ്യമാക്കുന്നവയാണ്. നേരെമറിച്ച് **ബ്രോൺസ്റ്റഡ്-ലൗറി** അമ്ലത്തെ പ്രോട്ടോൺ ദാതാവായും ബേസിനെ പ്രോട്ടോൺ സ്വീകർത്താവായുമാണ് നിർവചിച്ചത്. ഒരു ബ്രോൺസ്റ്റഡ്ലൗറി ആസിഡ് ഒരു ക്ഷാരവുമായി പ്രവർത്തിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ സംയുഗ്മീക്ഷാരം സംയുഗ്മീആസിഡ് നിർമിക്കുന്നു, അത് ഏത് ക്ഷാരവുമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നുവോ അതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ. അതിനാൽ ഒരു പ്രോട്ടോണിന്റെ വ്യത്യാസം മാത്രമാണ് **അമ്ല-ക്ഷാരത്തിന്റെ സംയുഗ്മീ ജോടികൾ** തമ്മിലുള്ളത്. **ലൂയിസ്** പൊതുവായി അമ്ലത്തെ ഇലക്ട്രോൺ ജോഡി സ്വീകർത്താവെന്നും ക്ഷാരത്തെ ഇലക്ട്രോൺ ജോഡിദാതാവെന്നും നിർവചിച്ചു. അറീനിയസ് നിർവചനപ്രകാരം ദുർബല അമ്ലങ്ങളുടെ അയോണീകരണ സ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെയും (K_a) ക്ഷാരങ്ങളുടെ അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെയും (K_b) സമവാക്യം വികസിപ്പിച്ചു. അയോണീകരണത്തിന്റെ തോതും ഗാഢതയുമായി ഉള്ള അതിന്റെ ബന്ധവും പൊതു അയോൺപ്രഭാവവും ചർച്ച ചെയ്തു. ഹൈഡ്രജൻ അയോൺഗാഢത (പ്രവർത്തനക്ഷമത)യ്ക്കു വേണ്ടി **pH തോത്** ($pH = -\log[H^+]$) കൊണ്ടുവരികയും മറ്റു പരിമാണങ്ങൾക്കുവേണ്ടി വ്യാപിപ്പിക്കുകയും ചെയ്തു ($pOH = -\log[OH^-]$; $pK_a = -\log[K_a]$; $pK_b = -\log[K_b]$; $pK_w = -\log[K_w]$ മുതലായവ). ജലത്തിന്റെ അയോണീകരണം കണക്കാക്കുമ്പോൾ $pH + pOH = pK_w$ എന്ന സമവാക്യം എപ്പോഴും സാർഥകമാകുന്നു. പ്രബലഅമ്ലത്തിന്റേയും ദുർബലക്ഷാരത്തിന്റേയും, ദുർബലഅമ്ലത്തിന്റേയും പ്രബലക്ഷാരത്തിന്റേയും, ദുർബലക്ഷാരത്തിന്റേയും ദുർബലഅമ്ലത്തിന്റേയും ലവണങ്ങൾ ജലീയലായനിയിൽ ജലവിശ്ലേഷണത്തിന് വിധേയമാകുന്നു. **ബഫർലായനിയുടെ** നിർവചനവും അതിന്റെ പ്രാധാന്യവും ചുരുക്കി വിവരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഭാഗികമായി ലയിക്കുന്ന ലവണങ്ങളുടെ ലേയത്വസന്തുലനം ചർച്ച ചെയ്യുകയും സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കത്തെ **ലേയത്വ ഗുണനഫലസ്ഥിരാങ്കമായി** (K_{sp}) യായി അവതരിപ്പിക്കുകയും ചെയ്തു. ലവണത്തിന്റെ ലേയത്വവുമായുള്ള അതിന്റെ ബന്ധം സ്ഥാപിച്ചു. അതിന്റെ ലായനികളിൽ നിന്ന് ലവണം അവക്ഷിപ്തപ്പെടുത്താനുള്ള സാഹചര്യങ്ങളും അല്ലെങ്കിൽ അവയുടെ ജലത്തിലുള്ള ലയന പ്രക്രിയയും പരിശോധിച്ചു. ഭാഗികമായി ലയിക്കുന്ന ലവണങ്ങളുടെ പൊതു അയോൺപ്രഭാവത്തിന്റെയും ലേയത്വത്തിന്റെയും പങ്കും ചർച്ച ചെയ്തു.

ഈ യൂണിറ്റിനെ ആസ്പദമാക്കി കുട്ടികൾക്ക് നിർദേശിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള പ്രവൃത്തികൾ

a) വ്യത്യസ്ത പച്ചക്കറികളുടേയും ഫലങ്ങളുടേയും ചാറുകൾ, ലഘുപാനീയങ്ങളുടേയും ശരീരദ്രവങ്ങളുടേയും, ലഭ്യമായ സാമ്പിളുകളുടെ **pH** കണ്ടെത്താൻ **pH** പേപ്പർ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുക.

b) വ്യത്യസ്ത ലവണലായനികളുടെ **pH** ഉം **pH** പേപ്പറുപയോഗിച്ച് കുട്ടി കണ്ടെത്തുകയും അതിൽ നിന്ന് ഇവയുണ്ടായത് വീര്യം കൂടിയ / വീര്യം കുറഞ്ഞ അമ്ലങ്ങളിൽ നിന്നോ ക്ഷാരങ്ങളിൽ നിന്നോ ആണെന്ന് അവന്/അവൾക്ക് കണ്ടെത്താം.

c) സോഡിയം അസെറ്റേറ്റിന്റേയും അസെറ്റിക് ആസിഡിന്റേയും ലായനികൾ ചേർത്ത് ബഫർലായനികൾ നിർമിക്കുകയും അതിന്റെ **pH** , **pH** പേപ്പറുപയോഗിച്ച് കണ്ടെത്തുകയുമാവാം.

d) വ്യത്യസ്ത **pH** ലുള്ള ലായനികളുടെ നിറം നിരീക്ഷിക്കുന്നതിനായി വ്യത്യസ്ത രാസസൂചകങ്ങൾ അവർക്ക് നൽകാം.

e) രാസസൂചകങ്ങളുപയോഗിച്ച് അവർക്ക് ചില അമ്ല-ക്ഷാര അനുമാപനം **(Titration)** ചെയ്യാം.

f) ഭാഗികമായി ലയിക്കുന്ന ലവണങ്ങളുടെ ലേയത്വത്തിലുള്ള പൊതു അയോൺപ്രഭാവം അവർക്ക് നിരീക്ഷിക്കാം.

g) വിദ്യാലയങ്ങളിൽ **pH** മീറ്റർ ലഭ്യമാണെങ്കിൽ അത് ഉപയോഗിച്ച് **pH** അളക്കാനും **pH** പേപ്പറുപയോഗിച്ച് കിട്ടിയ ഫലവുമായി താരതമ്യം ചെയ്യാനും അവർക്ക് കഴിയും.

പരിശീലന ചോദ്യങ്ങൾ

7.1 ഒരു ദ്രാവകം അതിന്റെ ബാഷ്പവുമായി ഒരു അടച്ച പാത്രത്തിൽ സ്ഥിരഊഷ്മാവിൽ സംതുലനത്തിലാണ്. പാത്രത്തിലെ വ്യാപ്തം വളരെ പെട്ടെന്ന് ഉയർത്തുന്നു.

a) ബാഷ്പമർദത്തിൻമേൽ ഈ മാറ്റത്തിന്റെ ആദ്യപ്രഭാവം എന്ത്?

b) ബാഷ്പീകരണത്തിന്റേയും സാന്ദ്രീകരണത്തിന്റേയും നിരക്ക് തുടക്കത്തിൽ എങ്ങനെ വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു?

c) അവസാനം സംതുലനം പുനഃസ്ഥാപിക്കുമ്പോൾ എന്ത് സംഭവിക്കുന്നു? എന്തായിരിക്കും അവസാന ബാഷ്പമർദം ?

7.2 ഓരോ പദാർത്ഥത്തിന്റേയും സംതുലനാവസ്ഥയിലെ ഗാഢത $[SO_2] = 0.60M$, $[O_2] = 0.82M$, $[SO_3] = 1.90M$ വീതമാണെങ്കിൽ ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന സംതുലനാവസ്ഥയിലെ K_c കണക്കാക്കുക.

$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$$

7.3 10^5Pa ആകെ മർദത്തിൽ ഒരു പ്രത്യേക ഊഷ്മാവിലിരിക്കുന്ന അയൊഡിൻ ബാഷ്പത്തിൽ വ്യാപ്താടിസ്ഥാനത്തിൽ 40% അയൊഡിൻ ആറ്റങ്ങളുണ്ട്.

$I_2(g) \rightleftharpoons 2I(g)$ ഈ സന്തുലനാവസ്ഥയുടെ K_p കണക്കാക്കുക.

7.4 ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ഓരോ രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റേയും സംതുലനസ്ഥിരാങ്കം K_c എഴുതുക.

(i) $2NOCl(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + Cl_2(g)$

(ii) $2Cu(NO_3)_2(s) \rightleftharpoons 2CuO(s) + 4NO_2(g) + O_2(g)$

(iii) $CH_3COOC_2H_5(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COOH(aq) + C_2H_5OH(aq)$

(iv) $Fe^{3+}(aq) + 3OH^-(aq) \rightleftharpoons Fe(OH)_3(s)$

(v) $I_2(s) + 5F_2 \rightleftharpoons 2IF_5$

7.5 ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന സംതുലനങ്ങളുടെ K_c വിലകൾ അവയുടെ K_p വിലയിൽ നിന്ന് കണ്ടുപിടിക്കുക.

(i) $2NOCl(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + Cl_2(g)$; $K_p = 1.8 \times 10^{-2}$ at 500 K

(ii) $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$; $K_p = 167$ at 1073 K

7.6 $NO(g) + O_3(g) \rightleftharpoons NO_2(g) + O_2(g)$ എന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ 1000K ലെ $K_c = 6.3 \times 10^{14}$ ആണ്. സംതുലനത്തിലെ പുരോ പ്രവർത്തനവും പശ്ചാത്പ്രവർത്തനവും ദ്വിതന്മാത്രീയ രാസപ്രവർത്തനങ്ങളാണ്. പശ്ചാത്പ്രവർത്തനത്തിന്റെ K_c എന്ത്?

7.7 സംതുലന സ്ഥിരാങ്കസമവാക്യം എഴുതുമ്പോൾ ശുദ്ധദ്രാവകങ്ങളും ഖരങ്ങളും ഒഴിവാക്കുന്നത് എന്തുകൊണ്ടെന്ന് വിശദീകരിക്കുക.

7.8 നൈട്രജനും ഓക്സിജനും തമ്മിലുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തനം ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

$$2N_2 (g) + O_2 (g) \rightleftharpoons 2N_2O (g)$$

ഒരു 10 L പാത്രത്തിൽ 0.482 മോൾ നൈട്രജനും 0.933 മോൾ ഓക്സിജനും അടങ്ങുന്ന മിശ്രിതത്തെ ഒരു പ്രത്യേക ഊഷ്മാവിൽ പ്രവർത്തിക്കുവാൻ അനുവദിച്ചിരിക്കുന്നു. അതിന്റെ $K_c = 2.0 \times 10^{-37}$ ആണെങ്കിൽ സംതുലനമിശ്രിതത്തിലെ ഘടന കണ്ടെത്തുക.

7.9 ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നതിൻപ്രകാരം നൈട്രിക്ഓക്സൈഡ് ബ്രോമിനുമായി പ്രവർത്തിച്ച് നൈട്രോസൈൽ ബ്രോമൈഡ് ഉണ്ടാകുന്നു.

$$2NO (g) + Br_2 (g) \rightleftharpoons 2NOBr (g)$$

ഒരു സ്ഥിരഊഷ്മാവിൽ 0.087 മോൾ NOഉം 0.0437 മോൾ Br_2 ഉം തമ്മിൽ ഒരു അടഞ്ഞ പാത്രത്തിൽ കലർത്തുമ്പോൾ സംതുലനാവസ്ഥയിൽ 0.0518 മോൾ NOBr ലഭിക്കുന്നു. NO ന്റെയും Br_2 ന്റെയും സംതുലനാവസ്ഥയിലെ അളവ് കണക്കാക്കുക.

7.10 450K ൽ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പ്രവർത്തനത്തിന്റെ സംതുലനാവസ്ഥയിൽ $K_p = 2.0 \times 10^{10}$/ബാർ ആകുന്നു.

$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3 (g)$$

ഈ താപനിലയിലെ K_c എന്തായിരിക്കും?

7.11 ഹൈഡ്രജൻ അയൊഡൈഡിന്റെ (HI(g)) ഒരു സാമ്പിൾ 0.2 atm മർദത്തിൽ ഒരു ഫ്ളാസ്കിൽ സൂക്ഷിച്ചിരിക്കുന്നു. സംതുലനാവസ്ഥയിൽ ഹൈഡ്രജൻ അയൊഡൈഡിന്റെ (HI(g)) ഭാഗികമർദം 0.04 atm ആണ്. തന്നിരിക്കുന്ന സംതുലനാവസ്ഥയുടെ K_p എന്തായിരിക്കും?

$$2HI (g) \rightleftharpoons H_2 (g) + I_2 (g)$$

7.12 1.57 മോൾ N_2 , 1.92 മോൾ H_2 , 8.13 മോൾ NH_3 എന്നിവ അടങ്ങുന്ന ഒരു മിശ്രിതത്തെ 500K ൽ 20L ഉള്ള ഒരു ഫ്ളാസ്കിൽ എടുത്തിരിക്കുന്നു. ഈ താപനിലയിൽ $N_2 (g) + 3H_2 (g) \rightleftharpoons 2NH_3 (g)$ എന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സംതുലനസ്ഥിരാങ്കം K_c 1.7×10^2 ആകുന്നു. രാസപ്രവർത്തന മിശ്രിതം സംതുലനാവസ്ഥയിലാണോ? അല്ലെങ്കിൽ രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ദിശ എന്ത്?

7.13 ഒരു വാതക രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ സംതുലനസ്ഥിരാങ്കത്തിന്റെ സമവാക്യം ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

$$K_c = \frac{[NH_3]^4 [O_2]^5}{[NO]^4 [H_2O]^6}$$

ഈ സമവാക്യത്തിന് അനുയോജ്യമായ സമീകൃതരാസസമവാക്യം എഴുതുക

7.14 10 L പാത്രത്തിലെടുത്തിരിക്കുന്ന ഒരു മോൾ H_2O യും ഒരു മോൾ CO യും 725K ൽ ചൂടാക്കുന്നു. സംതുലനാവസ്ഥയിൽ മാസ് അടിസ്ഥാനത്തിൽ 40% ജലം CO യുമായി ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നതിൻ പ്രകാരം പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

$$H_2O (g) + CO (g) \rightleftharpoons H_2 (g) + CO_2 (g)$$

സംതുലനസ്ഥിരാങ്കം കണ്ടുപിടിക്കുക.

7.15 700K ൽ $H_2 (g) + I_2 (g) \rightleftharpoons 2HI (g)$ എന്ന പ്രവർത്തനത്തിന്റെ സംതുലനസ്ഥിരാങ്കം 54.8 ആകുന്നു. 700K ൽ സംതുലനാവസ്ഥയിൽ 0.5 മോൾ/ലിറ്റർ ഹൈഡ്രജൻ അയൊഡൈഡ് ഉണ്ട്. എങ്കിൽ $H_2(g)$ ന്റെയും $I_2(g)$ ന്റെയും ഗാഢത കണക്കാക്കുക. തുടക്കത്തിൽ HI(g) യുമായി പ്രവർത്തനം ആരംഭിച്ചതായി സങ്കൽപ്പിക്കുക.

7.16 തുടക്കത്തിൽ ICl ന്റെ ഗാഢത 0.78M ആണെങ്കിൽ സംതുലനാവസ്ഥയിലെ ഓരോ പദാർഥത്തിന്റെയും ഗാഢത കണക്കാക്കുക.

$$2ICl (g) \rightleftharpoons I_2 (g) + Cl_2 (g); \quad K_c = 0.14$$

7.17 ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന രാസസംതുലനത്തിന്റെ 899 K ലുള്ള $K_p = 0.04$ atm ആണ്. അതിനെ 4 atm മർദമുള്ള ഒരു ഫ്ളാസ്കിൽ വച്ച് സംതുലനം സംജാതമാകാൻ അനുവദിച്ചാൽ C_2H_6 ന്റെ സംതുലനാവസ്ഥയിലെ ഗാഢത എത്രയായിരിക്കും?

$$C_2H_6\,(g) \rightleftharpoons C_2H_4\,(g) + H_2\,(g)$$

7.18 എഥനോളും അസെറ്റിക്ആസിഡും തമ്മിൽ പ്രവർത്തിപ്പിച്ച് ഈഥൈൽഅസെറ്റേറ്റ് ഉണ്ടാക്കുന്ന രാസ പ്രവർത്തനത്തിന്റെ സംതുലനാവസ്ഥ ചുവടെ ചേർത്തിരിക്കുന്നു.

$$CH_3COOH\,(l) + C_2H_5OH\,(l) \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5\,(l) + H_2O\,(l)$$

(i) ഈ രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ (പ്രവർത്തനസിദ്ധിമാനം) ഗാഢതാനുപാതം Q_c എഴുതുക. (കുറിപ്പ്- ഈ പ്രവർത്തനത്തിൽ ജലം അമിതമല്ല; അതുപോലെ അത് ലായകവുമല്ല.)

(ii) 293 K ൽ 1.00 മോൾ അസെറ്റിക്ആസിഡ് 0.18 മോൾ എഥനോളും ചേർത്ത് ആരംഭിക്കുന്ന പ്രവർത്തനത്തിൽ സംതുലനമിശ്രിതത്തിൽ 0.171 മോൾ ഈഥൈൽഅസെറ്റേറ്റ് ഉണ്ട്. സംതുലനസ്ഥിരാങ്കം കണ്ടുപിടിക്കുക.

(iii) തുടക്കത്തിൽ 0.5 മോൾ എഥനോളും 1.0 മോൾ അസെറ്റിക്ആസിഡും ചേർത്ത് (293K) കുറച്ച് സമയത്തിനുശേഷം 0.214 മോൾ ഈഥൈൽഅസെറ്റേറ്റ് കണ്ടെത്തി. സന്തുലനം എത്തിച്ചേർന്നിട്ടുണ്ടോ?

7.19 ശൂന്യമാക്കപ്പെട്ട പാത്രത്തിലേക്ക് 473K ൽ ശുദ്ധ PCl_5 ന്റെ സാമ്പിൾ കടത്തിവിട്ടു. സന്തുലനം കൈവരിച്ചതിന് ശേഷം PCl_5 ന്റെ ഗാഢത. 0.5×10^{-2} മോൾ/ലിറ്റർ ആയി കണ്ടെത്തി. K_c യുടെ മൂല്യം 8.3×10^{-3} ആയാൽ സന്തുലനത്തിലുള്ള PCl_3 ന്റെയും Cl_2 ന്റെയും ഗാഢതകൾ എന്ത്?

$$PCl_5\,(g) \rightleftharpoons PCl_3\,(g) + Cl_2\,(g)$$

7.20 ഇരുമ്പ് അയിരിൽ നിന്ന് ഉരുക്ക് നിർമിക്കുമ്പോൾ നടക്കുന്ന ഒരു പ്രവർത്തനം അയൺ (II) ഓക്സൈഡിനെ കാർബൺ മോണോക്സൈഡ് ഉപയോഗിച്ച് നിരോക്സീകരണം നടത്തി ഇരുമ്പ് ലോഹവും കാർബൺ ഡയോക്സൈഡും രൂപീകരിക്കുക എന്നുള്ളതാണ്.

$$FeO\,(s) + CO\,(g) \rightleftharpoons Fe\,(s) + CO_2\,(g); \qquad K_p = 0.265 \text{ atm at } 1050K$$

പ്രാരംഭ ഭാഗികമർദങ്ങൾ $p_{CO} = 1.4$ atm , $p_{CO_2} = 0.80$ atm ആണെങ്കിൽ 1050K ൽ ഉള്ള CO യുടെയും CO_2 ന്റെയും സന്തുലന ഭാഗിക മർദങ്ങൾ ഏവ?

7.21 $N_2\,(g) + 3H_2\,(g) \rightleftharpoons 2NH_3\,(g)$

500 K ൽ ഈ പ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം $K_c = 0.061$ ആണ്. ഒരു പ്രത്യേക സമയത്ത് വിശകലനത്തിലൂടെ ലഭ്യമായ പ്രവർത്തനമിശ്രിതത്തിന്റെ ഘടന 3.0 മോൾ L^{-1} N_2, 2.0 മോൾ L^{-1} H_2 , 0.5 മോൾ L^{-1} NH_3 എന്നതാണ്. ഈ പ്രവർത്തനം സന്തുലനത്തിലാണോ? അല്ലെങ്കിൽ ഏത് ദിശയിലൂടെയാണ് ഈ പ്രവർത്തനം സന്തുലനത്തിലെത്തിച്ചേരേണ്ടത്?

7.22 ബ്രോമിൻ മോണോക്ലോറൈഡ്, BrCl വിഘടിച്ച് ബ്രോമിനും ക്ലോറിനുമാകുകയും സന്തുലനത്തിലെത്തുകയും ചെയ്യുന്നു.

$2BrCl\,(g) \rightleftharpoons Br_2\,(g) + Cl_2\,(g)$. ഇവിടെ 500 K ൽ $K_c = 32$ ആണ്. പ്രാരംഭത്തിൽ ശുദ്ധ BrCl 3.3×10^{-3} mol L^{-1} ഗാഢതയിൽ അടങ്ങിയിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ, സന്തുലനത്തിലെ മിശ്രിതത്തിൽ മോളാർ ഗാഢത എന്ത്?

7.23 1127 K ലും ഒരു atm മർദത്തിലും CO യുടെയും CO_2 ന്റെയും വാതക മിശ്രിതം ഖരകാർബണുമായി രൂപീകരിച്ച സന്തുലനത്തിൽ CO യുടെ മാസ് 90.55% ആണ്.

$$C\,(s) + CO_2\,(g) \rightleftharpoons 2CO\,(g)$$

മുകളിലെ താപനിലയിൽ ഈ പ്രവർത്തനത്തിന്റെ K_c കണ്ടെത്തുക.

7.24 298K ൽ NO ൽ നിന്നും O_2 നിന്നും NO_2 രൂപപ്പെടുന്നതിന്റെ a) $\Delta G^\ominus$ b) സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം എന്നിവ കണ്ടെത്തുക.

$$NO\,(g) + \tfrac{1}{2}O_2\,(g) \rightleftharpoons NO_2\,(g)$$

ഇവിടെ

$\Delta_f G^\theta (NO_2) = 52.0$ kJ/mol

$\Delta_f G^\theta (NO) = 87.0$ kJ/mol

$\Delta_f G^\theta (O_2) = 0$ kJ/mol

7.25 വ്യാപ്തം വർധിപ്പിച്ച് കൊണ്ട് മർദം കുറയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ താഴെ പറയുന്ന ഓരോ സന്തുലനങ്ങളിലും പ്രവർത്തന ഉൽപന്നങ്ങളുടെ മോളുകളുടെ എണ്ണം വർദ്ധിക്കുകയാണോ കുറയുകയാണോ അതോ സ്ഥിരമായി നിൽക്കുകയാണോ?

(a) $PCl_5 (g) \rightleftharpoons PCl_3 (g) + Cl_2 (g)$

(b) $CaO (s) + CO_2 (g) \rightleftharpoons CaCO_3 (s)$

(c) $3Fe (s) + 4H_2O (g) \rightleftharpoons Fe_3O_4 (s) + 4H_2 (g)$

7.26 താഴെപ്പറയുന്ന പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ മർദം കൂട്ടുമ്പോൾ ബാധിക്കപ്പെടുന്നതേത്? ഈ മാറ്റം പ്രവർത്തനത്തെ മുന്നോട്ടാണോ പിന്നോട്ടാണോ നയിക്കുന്നതെന്ന് വ്യക്തമാക്കുകയും കൂടി ചെയ്യുക.

(i) $COCl_2 (g) \rightleftharpoons CO (g) + Cl_2 (g)$

(ii) $CH_4 (g) + 2S_2 (g) \rightleftharpoons CS_2 (g) + 2H_2S (g)$

(iii) $CO_2 (g) + C (s) \rightleftharpoons 2CO (g)$

(iv) $2H_2 (g) + CO (g) \rightleftharpoons CH_3OH (g)$

(v) $CaCO_3 (s) \rightleftharpoons CaO (s) + CO_2 (g)$

(vi) $4 NH_3 (g) + 5O_2 (g) \rightleftharpoons 4NO (g) + 6H_2O(g)$

7.27 1024K ൽ താഴെപ്പറയുന്ന പ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം 1.6×10^5 ആണ്.

$H_2(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2HBr(g)$

1024 K ൽ 10.0 ബാർ HBr നെ സീൽ ചെയ്തിട്ടുള്ള പാത്രത്തിലേക്ക് കടത്തിവിട്ടാൽ ഉണ്ടാവുന്ന എല്ലാ വാതകങ്ങളുടേയും സന്തുലനമർദം കണ്ടുപിടിക്കുക.

7.28 ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന താപശോഷണപ്രവർത്തനം വഴി പ്രകൃതിവാതകത്തെ നീരാവി ഉപയോഗിച്ച് ഭാഗിക ഓക്സീകരണം നടത്തിയാൽ ഡൈഹൈഡ്രജൻ ലഭിക്കും.

$CH_4 (g) + H_2O (g) \rightleftharpoons CO (g) + 3H_2 (g)$

(a) മുകളിലുള്ള പ്രവർത്തനത്തിന്റെ K_p യുടെ സമവാക്യം എഴുതുക.

(b) K_p യുടെ വിലയെയും സന്തുലനമിശ്രിതത്തിന്റെ ഘടനയെയും ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവ എങ്ങനെ സ്വാധീനിക്കുന്നു?

(i) മർദം കൂട്ടിയാൽ

(ii) താപനില വർധിപ്പിച്ചാൽ

(iii) ഉൽപ്രേരകം ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ

7.29 $2H_2(g) + CO (g) \rightleftharpoons CH_3OH (g)$ എന്ന പ്രവർത്തനത്തിന്റെ സന്തുലനത്തിൽ താഴെപ്പറയുന്നതിന്റെ സ്വാധീനം വിവരിക്കുക

a) H_2 ചേർക്കുന്നത്.

b) CH_3OH ചേർക്കുന്നത്.

c) CO നീക്കുന്നത്.

d) CH_3OH നീക്കുന്നത്.

7.30 473 K ൽ ഫോസ്ഫറസ് പെന്റാക്ലോറൈഡിന്റെ, PCl_5 , വിഘടനത്തിന്റെ സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം 8.3×10^{-3} ആണ്.

$PCl_5 (g) \rightleftharpoons PCl_3 (g) + Cl_2 (g) \qquad \Delta_r H^\theta = 124.0$ kJ mol^{-1}

a) പ്രവർത്തനത്തിന്റെ K_c യ്ക്കുള്ള സമവാക്യം എഴുതുക

b) ഇതേ താപനിലയിൽ പിന്നോട്ടുള്ള പ്രവർത്തനത്തിന്റെ K_c യുടെ മൂല്യം എന്ത്?

c) താഴെപ്പറയുന്ന സാഹചര്യങ്ങളിൽ K_c യിലുള്ള സ്വാധീനമെന്ത്? (i) കൂടുതൽ PCl_5 ചേർക്കുന്നു. (ii) മർദം വർധിപ്പിക്കുന്നു (iii) താപനില വർധിപ്പിക്കുന്നു.

7.31 ഹേബർപ്രക്രിയയിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഹൈഡ്രജൻ വാതകം നിർമിക്കുന്നത് പ്രകൃതിവാതകത്തിലുള്ള മീഥെയ്ൻ ഉയർന്ന ഊഷ്മാവിലുള്ള നീരാവിയുമായി പ്രവർത്തിപ്പിച്ചാണ്. രണ്ട് ഭാഗമുള്ള ഈ പ്രവർത്തനത്തിലെ ആദ്യഭാഗത്തിൽ CO യുടെയും H_2 ന്റേയും രൂപീകരണം ഉൾപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. രണ്ടാംഭാഗത്തിൽ ആദ്യഭാഗത്തുണ്ടായ CO കൂടുതൽ നീരാവിയുമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. (വാട്ടർ ഗാസ് ഷിഫ്റ്റ് പ്രവർത്തനം)

$CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$

ഒരു പ്രവർത്തനപാത്രത്തിൽ 400° C ൽ CO യുടെയും നീരാവിയുടെയും ഒരു തുല്യ മോളാർ മിശ്രിതം, $p_{CO} = p_{H_2O} = 4.0$ ബാർ, എന്ന രീതിയിൽ നിറയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ സന്തുലനത്തിലുള്ള H_2 ന്റെ ഭാഗികമർദം എന്തായിരിക്കും ? (400° C ൽ $K_p = 10.1$)

7.32 താഴെപ്പറയുന്ന പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ അഭികാരകങ്ങളുടേയും ഉൽപന്നങ്ങളുടേയും മെച്ചപ്പെട്ട ഗാഢത ഏതിലൊക്കെയാണെന്ന് പ്രവചിക്കുക.

a) $Cl_2(g) \rightleftharpoons 2Cl(g)$ $K_c = 5 \times 10^{-39}$

b) $Cl_2(g) + 2NO(g) \rightleftharpoons 2NOCl(g)$ $K_c = 3.7 \times 10^8$

c) $Cl_2(g) + 2NO_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2Cl(g)$ $K_c = 1.8$

7.33 $3O_2(g) \rightleftharpoons 2O_3(g)$ എന്ന പ്രവർത്തനത്തിന്റെ K_c യുടെ മൂല്യം 25°C ൽ 2.0×10^{-50} ആണ്. 25°C ൽ വായുവിലുള്ള O_2 ന്റെ സന്തുലന ഗാഢത 1.6×10^{-2} ആണെങ്കിൽ O_3 യുടെ ഗാഢത എന്താണ്?

7.34 $CO(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons CH_4(g) + H_2O(g)$ എന്ന പ്രവർത്തനം 1300 K ൽ ഒരു ലിറ്റർ ഫ്ളാസ്കിൽ സന്തുലനത്തിലാണ്. ഇതിൽ 0.30 മോൾ CO, 0.10, മോൾ H_2, 0.02 മോൾ H_2O, അറിയാത്ത അളവിലുള്ള CH_4 ഉം ഫ്ളാസ്കിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. മിശ്രിതത്തിലുള്ള CH_4 ന്റെ ഗാഢത കണ്ടെത്തുക. പ്രവർത്തനത്തിന്റെ പ്രസ്തുത താപനിലയിലുള്ള സന്തുലനസ്ഥിരാങ്കം K_c , 3.90 ആണ്.

7.35 സംയുഗ്മീ-അമ്ല-ക്ഷാരജോഡി എന്നാൽ എന്ത്? താഴെപ്പറയുന്ന വസ്തുക്കളുടെ സംയുഗ്മീ ആസിഡ്/ക്ഷാരം കണ്ടെത്തുക?

HNO_2, CN^-, $HClO_4$, F^-, OH^-, CO_3^{2-} and S^{2-}

7.36 ചുവടെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയിൽ ലൂയിസ് അമ്ലങ്ങളേതെല്ലാം ?

H_2O, BF_3, H^+, and NH_4^+

7.37 HF, H_2SO_4 and HCO_3^- തുടങ്ങിയ ബ്രോൺസ്റ്റഡ് അമ്ലങ്ങളുടെ സംയുഗ്മീക്ഷാരങ്ങൾ ഏതൊക്കെയാണ്?

7.38 NH_2^-, NH_3 and $HCOO^-$ തുടങ്ങിയ ബ്രോൺസ്റ്റഡ് ക്ഷാരങ്ങളുടെ സംയുഗ്മീഅമ്ലങ്ങൾ എഴുതുക.

7.39 H_2O, HCO_3^-, HSO_4^-, NH_3 ഇവയ്ക്ക് ബ്രോൺസ്റ്റഡ് അമ്ലങ്ങളായും ക്ഷാരങ്ങളായും പ്രവർത്തിക്കാൻ കഴിയും. ഓരോന്നിന്റെയും തത്തുല്യ സംയുഗ്മീ അമ്ലവും ക്ഷാരവും രേഖപ്പെടുത്തുക.

7.40 താഴെപ്പറയുന്നവയെ ലൂയിസ് അമ്ലങ്ങളായും ലൂയിസ് ക്ഷാരങ്ങളായും വർഗീകരിക്കുകയും എങ്ങനെ ഇവ ലൂയിസ് ആസിഡ്/ക്ഷാരം ആയി പ്രവർത്തിക്കുന്നു എന്ന് കാണിക്കുകയും ചെയ്യുക. (a) OH^- (b) F^- (c) H^+ (d) BCl_3 .

7.41 ലഘു പാനീയത്തിന്റെ ഒരു സാമ്പിളിലുള്ള ഹൈഡ്രജൻ അയോൺഗാഢത 3.8×10^{-3} M ആണ്. ഇതിന്റെ pH എന്താണ്?

7.42 വിനാഗിരിയുടെ ഒരു സാമ്പിളിന്റെ pH 3.76 ആണ്. അതിന്റെ ഹൈഡ്രജൻ അയോൺഗാഢത കണക്കാക്കുക.

7.43 298K ൽ HF, HCOOH, HCN ഇവയുടെ അയോണീകരണ സ്ഥിരാങ്കം യഥാക്രമം 6.8×10^{-4}, 1.8×10^{-4}, 4.8×10^{-9} ഇവയാണ്. ഇവയുടെ സംയുഗ്മി ക്ഷാരത്തിന്റെ അയോണീകരണ സ്ഥിരാങ്കങ്ങൾ കണക്കാക്കുക.

7.44 ഫിനോളിന്റെ അയോണീകരണ സ്ഥിരാങ്കം 1.0×10^{-10} ആണ്. 0.05M ഫിനോൾ ലായനിയിലെ ഫിനോളറ്റ് അയോണിന്റെ ഗാഢത എന്താണ്? ലായനിയിൽ 0.01 മോളാർ സോഡിയം ഫിനോളേറ്റ് ഉണ്ടെങ്കിൽ അതിന്റെ അയോണീകരണ തോത് എത്ര?

7.45 H_2S ന്റെ ഒന്നാം അയോണീകരണ സ്ഥിരാങ്കം 9.1×10^{-8} ആണ്. 0.1 മോളാർ ലായനിയിലെ HS^- അയോണിന്റെ ഗാഢത കണക്കാക്കുക. ലായനിയിൽ 0.1M HCl കൂടി ഉണ്ടെങ്കിൽ HS^- ന്റെ ഗാഢതയെ എങ്ങനെ സ്വാധീനിക്കും? H_2S ന്റെ രണ്ടാം അയോണീകരണ സ്ഥിരാങ്കം 2×10^{-13} ആണെങ്കിൽ S^{2-} ന്റെ ഗാഢത രണ്ട് സാഹചര്യങ്ങളിലും കണ്ടെത്തുക.

7.46 അസെറ്റിക് അസിഡിന്റെ അയോണീകരണ സ്ഥിരാങ്കം 1.74×10^{-5} ആണ്. 0.05M ലായനിയിലുള്ള അസെറ്റിക് ആസിഡിന്റെ വിഘടനത്തോത് കണക്കാക്കുക. ലായനിയിലുള്ള അസെറ്റേറ്റ് അയോണിന്റെ ഗാഢതയും pH ഉം കണക്കാക്കുക.

7.47 ഒരു ഓർഗാനിക് ആസിഡിന്റെ 0.01 മോളാർലായനിയുടെ pH 4.15 ആണെന്ന് കണ്ടെത്തി. ആനയോണിന്റെ ഗാഢത, അമ്ലത്തിന്റെ അയോണികസ്ഥിരാങ്കം, അതിന്റെ pK_a എന്നിവ കണ്ടെത്തുക.

7.48 പൂർണമായ വിഘടനം കണക്കാക്കിയാൽ താഴെപ്പറയുന്ന ലായനികളുടെ pH കണക്കാക്കുക.
(a) 0.003 M HCl (b) 0.005 M NaOH (c) 0.002 M HBr (d) 0.002 M KOH

7.49 താഴെക്കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ലായനികളുടെ pH കണക്കാക്കുക.

a) 2 g TlOH വെള്ളത്തിൽ ലയിപ്പിച്ച 2 ലിറ്റർ ലായനി

b) 0.3 g $Ca(OH)_2$ വെള്ളത്തിൽ ലയിപ്പിച്ച 500mL ലായനി

c) 0.3 g NaOH വെള്ളത്തിൽ ലയിപ്പിച്ച 200mL ലായനി

d) 1mL 13.6 M HCl വെള്ളവുമായി ലയിപ്പിച്ച 1L ലായനി

7.50 0.1M ബ്രോമോ അസെറ്റിക് ആസിഡ് ലായനിയുടെ അയോണീകരണത്തോത് 0.132 ആണ്. ലായനിയുടെ pH ഉം ബ്രോമോ അസെറ്റിക് ആസിഡിന്റെ pK_a യും കണ്ടെത്തുക.

7.51 0.005M കൊഡീൻ ($C_{18}H_{21}NO_3$) ലായനിയുടെ pH 9.95 ആണ്. അതിന്റെ അയോണീകരണ സ്ഥിരാങ്കവും pK_a യും കണക്കാക്കുക?

7.52 0.001M അനിലീൻ ലായനിയുടെ pH എന്താണ്? അനിലീന്റെ അയോണീകരണ സ്ഥിരാങ്കം പട്ടിക 7.7 ൽ നിന്ന് എടുക്കാൻ കഴിയും. ലായനിയിലുള്ള അനിലീന്റെ അയോണീകരണ തോത് കണക്കാക്കുക. അനിലീന്റെ സംയുഗ്മി അമ്ലത്തിന്റെ അയോണീകരണ സ്ഥിരാങ്കം കൂടി കണ്ടെത്തുക.

7.53 0.05M അസെറ്റിക് ആസിഡിന്റെ pK_a മൂല്യം 4.74 ആണെങ്കിൽ അതിന്റെ അയോണീകരണത്തോത് കണ്ടെത്തുക. ലായനിയിൽ (a) 0.01M HCl (b) 0.1M HCl അടങ്ങിയിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ വിഘടനത്തോതിനെ അതെങ്ങനെ സ്വാധീനിക്കും.

7.54 ഡൈമീഥൈൽ അമീന്റെ അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്കം 5.4×10^{-4} ആണ്. 0.02M ലായനിയുടെ അയോണീകരണത്തോത് കണക്കാക്കുക. ലായനിയിൽ 0.01M NaOH ഉണ്ടെങ്കിൽ എത്ര ശതമാനം ഡൈമീഥൈൽ അമീൻ അയോണീകരണം നടത്തിയെന്ന് കണ്ടെത്തുക?

7.55 താഴെപ്പറയുന്ന ജൈവദ്രവങ്ങളിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഹൈഡ്രജൻ അയോൺ ഗാഢത കണ്ടെത്തുക. അവയുടെ pH താഴെ തന്നിരിക്കുന്നു.

(a) മനുഷ്യപേശീദ്രവം, 6.83 (b) മനുഷ്യ ആമാശയരസം, 1.2

(c) മനുഷ്യരക്തം, 7.38 (d) മനുഷ്യ ഉമിനീർ, 6.4

7.56 പാൽ, കട്ടൻകാപ്പി, തക്കാളിനീര്, നാരങ്ങാനീര്, മുട്ടയുടെ വെള്ള ഇവയുടെ pH യഥാക്രമം 6.8, 5.0, 4.2, 2.2, 7.8 ആണ്. ഓരോന്നിന്റെയും തത്തുല്യ ഹൈഡ്രജൻഅയോണിന്റെ ഗാഢത കണക്കാക്കുക.

7.57 298K ൽ 0.561g KOH ജലത്തിൽ ലയിപ്പിച്ച് 200mL ലായനി ഉണ്ടാക്കുന്നു. പൊട്ടാസ്യം, ഹൈഡ്രജൻ, ഹൈഡ്രോക്സിൽഅയോൺ ഇവയുടെ ഗാഢത കണ്ടെത്തുക. ഇതിന്റെ pH എന്താണ്?

7.58 298K ൽ $Sr(OH)_2$ ന്റെ ലേയത്വം ഒരു ലിറ്റർ ലായനിയിൽ 19.23 g/L ആണ്. സ്ട്രോൺഷിയം, ഹൈഡ്രോക്സിൽ എന്നീ അയോണുകളുടെ ഗാഢതയും ലായനിയുടെ pH ഉം കണ്ടെത്തുക.

7.59 പ്രൊപ്പനോയിക് ആസിഡിന്റെ അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്കം 1.32×10^{-5} ആണ്. 0.05M ലായനിയിലുള്ള അമ്ലത്തിന്റെ അയോണീകരണത്തോതും pH ഉം കണക്കാക്കുക. 0.01M HCl അടങ്ങിയ ഈ ലായനിയുടെ അയോണീകരണത്തോത് എന്താണ്?

7.60 0.01M സയനിക്ക് ആസിഡിന്റെ (HCNO) pH 2.34 ആണ്. അമ്ലത്തിന്റെ അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്കവും ലായനിയിലുള്ള അയോണീകരണ തോതും കണ്ടെത്തുക.

7.61 നൈട്രസ് ആസിഡിന്റെ അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്കം 4.5×10^{-4} ആണ്. 0.04M സോഡിയം നൈട്രേറ്റ് ലായനിയുടെ pH ഉം ജലവിശ്ലേഷണത്തോതും കണക്കാക്കുക.

7.62 0.02M പിരിഡീനിയം ഹൈഡ്രോക്ലോറൈഡിന്റെ pH=3.44 പിരീഡിന്റെ അയോണീകരണ സ്ഥിരാങ്കം കണക്കാക്കുക.

7.63 താഴെ പറയുന്ന ലവണങ്ങളുടെ ലായനികൾ ന്യൂട്രൽ, ആസിഡ് അല്ലെങ്കിൽ ക്ഷാരം, ഇവയിലേതാണ് എന്ന് പ്രവചിക്കുക

NaCl, KBr, NaCN, NH_4NO_3, $NaNO_2$, KF

7.64 ക്ലോറോ അസെറ്റിക് ആസിഡിന്റെ അയോണീകരണസ്ഥിരാങ്കം 1.35×10^{-3} ആണ്. 0.1M ആസിഡിന്റെയും അതിന്റെ 0.01M സോഡിയം ലവണലായനിയുടെയും pH എന്തായിരിക്കും.

7.65 310K ൽ ജലത്തിന്റെ അയോണികഗുണനഫലം 2.7×10^{-14} ആണ്. ഈ താപനിലയിൽ ന്യൂട്രൽ ജലത്തിന്റെ pH എത്രയാണ്.

7.66 താഴെ തന്നിരിക്കുന്ന മിശ്രിതങ്ങളുടെ pH കണക്കാക്കുക

a) 10 mL 0.2M $Ca(OH)_2$ + 25 mL 0.1M HCl

b) 10 mL 0.01M H_2SO_4 + 10 mL 0.01M $Ca(OH)_2$

c) 10 mL 0.1M H_2SO_4 + 10 mL 0.1M KOH

7.67 പട്ടിക 7.9 ൽ തന്നിട്ടുള്ള ലേയത്വ ഗുണനഫല സ്ഥിരാങ്കങ്ങളിൽ നിന്ന് സിൽവർ ക്രോമേറ്റ്, ബേരിയം ക്രോമേറ്റ്, ഫെറിക് ഹൈഡ്രോക്സൈഡ്, ലെഡ് ക്ലോറൈഡ്, മെർക്കുറസ്സ് അയോഡൈഡ് എന്നിവയുടെ 298K ലുള്ള ലേയത്വങ്ങൾ കണ്ടെത്തുക. ഓരോ പ്രത്യേക അയോണുകളുടേയും മൊളാരിറ്റികൾ കുടി കണ്ടെത്തുക.

7.68 Ag_2CrO_4 , AgBr ഇവയുടെ ലേയത്വഗുണനഫല സ്ഥിരാങ്കങ്ങൾ യഥാക്രമം 1.1×10^{-12} , 5.0×10^{-13} എന്നിവ ആണ്. ഇവയുടെ പൂരിത ലായനികളുടെ മൊളാരിറ്റികളുടെ അനുപാതം കണ്ടെത്തുക.

7.69 തുല്യ വ്യാപ്തം 0.002M സോഡിയം അയൊഡേറ്റ്, കുപ്രിക് ക്ലോറേറ്റ് ലായനികൾ തമ്മിൽ ചേർത്തു. ഇത് കോപ്പർ അയൊഡേറ്റിന്റെ അവക്ഷിപ്തപ്പെടലിലേക്ക് നയിക്കുമോ? (കുപ്രിക് അയൊഡേറ്റിന്റെ $K_{sp} = 7.4 \times 10^{-8}$)

7.70 ബെൻസോയിക് ആസിഡിന്റെ അയോണീകരണ സ്ഥിരാങ്കം 6.46×10^{-5}, സിൽവർ ബെൻസോയേറ്റിന്റേത് $K_{sp} = 2.5 \times 10^{-13}$ ആണ്. ശുദ്ധജലത്തിലുള്ള ലേയത്വവുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ pH 3.9 ഉള്ള ഒരു ബഫറിൽ സിൽവർ ബെൻസോയേറ്റ് എത്ര മടങ്ങ് അധികം ലയിക്കുന്നതാണ്?

7.71 തുല്യവ്യാപ്തത്തിൽ ചേർക്കുമ്പോൾ അയൺ സൾഫൈഡിന്റെ അവക്ഷിപ്തപ്പെടൽ നടക്കാതിരിക്കണമെങ്കിൽ പരമാവധി എത്ര ഗാഢതയിലുള്ള തുല്യ മോളാർ ഫെറസ്സ് സൾഫേറ്റ്, സോഡിയം സൾഫൈഡ് ലായനികൾ എടുക്കേണ്ടതാണ്. (അയൺ സൾഫൈഡിന്റെ $K_{sp} = 6.3 \times 10^{-18}$)

7.72 298K ൽ ഒരു ഗ്രാം കാൽസ്യം സൾഫേറ്റ് ലയിപ്പിക്കുവാൻ ഏറ്റവും കുറഞ്ഞത് എത്ര വ്യാപ്തം ജലം എടുക്കണം? (കാൽസ്യം സൾഫേറ്റിന്റെ K_{sp} = 9.1×10^{-6})

7.73 ഹൈഡ്രജൻ സൾഫൈഡ് കൊണ്ട് പൂരിതമായ 0.1M HCl ലായനിയിലെ സൾഫൈഡ് അയോൺ ഗാഢത 1.0×10^{-19} M ആണ്. ഇതിൽ നിന്ന് 10mL വീതം $FeSO_4$, $MnCl_2$, $ZnCl_2$, $CdCl_2$ എന്നിവയുടെ 5mL 0.04M ലായനിയിൽ ചേർത്താൽ ഇവയിൽ ഏതിലായിരിക്കും അവക്ഷിപ്തപ്പെടൽ നടക്കുക?