യൂണിറ്റ് 1

Y1B7S9

രസതന്ത്രത്തിലെ ചില അടിസ്ഥാന ആശയങ്ങൾ

ലക്ഷ്യങ്ങൾ

ഈ യൂണിറ്റ് പഠിക്കുന്നതിലൂടെ

- ജീവിതത്തിന്റെ വ്യത്യസ്ത മേഖലകളിൽ രസതന്ത്രത്തിനുള്ള പ്രാധാന്യം മനസിലാക്കുകയും രസതന്ത്രത്തിന്റെ വളർച്ചക്ക് ഭാരതത്തിന്റെ സംഭാവന വിലമതിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.
- പദാർഥത്തിന്റെ മൂന്ന് അവസ്ഥകളുടെ സവിശേഷതകൾ വിശദീകരിക്കുന്നു.
- പദാർത്ഥങ്ങളെ മൂലകങ്ങൾ , സംയുക്തങ്ങൾ, മിശ്രിതങ്ങൾ എന്നിങ്ങനെ വർഗീകരിക്കുന്നു.
- അടിസ്ഥാന SI യൂണിറ്റുകളെ നിർവചിക്കുകയും സാധാരണ ഉപയോഗിക്കുന്ന ചില ഉപസർഗങ്ങളെ (Prefixes) എഴുതുകയും പട്ടികപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യുന്നു.
- ശാസ്ത്രീയ സമ്പ്രദായം ഉപയോഗിക്കുകയും സംഖ്യകൾ ഉപയോഗിച്ച് ലളിതമായ ഗണിത ക്രിയകൾ നിർവഹിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.
- സൂക്ഷ്മതയും കൃത്യതയും വിവേചിക്കുന്നു.
- സാർഥക അക്കങ്ങൾ കണ്ടുപിടിക്കുന്നു.
- ഒരു സമ്പ്രദായത്തിലെ ഭൗതിക പരിമാണ യൂണിറ്റുകളെ മറ്റൊരു സമ്പ്രദായത്തിലേക്ക് മാറ്റുന്നു.
- വിവിധ രാസസംയോജക നിയമങ്ങളെ വിശദീകരിക്കുന്നു.
- അറ്റോമിക മാസ്, ശരാശരി അറ്റോമിക മാസ് , തന്മാത്രാ മാസ്, രാസസൂത്ര (formula) മാസ് എന്നിവയുടെ പ്രാധാന്യം മനസിലാക്കുന്നു.
- മോൾ, മോളാർ മാസ് എന്നീ പദങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുന്നു.
- ഒരു സംയുക്തത്തിലെ വിവിധ മൂലകങ്ങളുടെ പിണ്ഡശതമാനം (Mass percent) കണ്ടുപിടിക്കുന്നു.
- ലഭ്യമായ പരീക്ഷണ ദത്തങ്ങളിൽ നിന്ന് ഒരു സംയുക്തത്തിന്റെ പ്രയോഗാധിഷ്ഠിത സൂത്രവാക്യവും തന്മാത്രാസൂത്രവാക്യവും കണ്ടുപിടിക്കുന്നു.
- രാസസമീകരണമിതീയ (Stochiomteric) കണക്കുകൂട്ടലുകൾ നടത്തുന്നു.

> *"രസതന്ത്രം എന്നത് തന്മാത്രകളുടെയും അവയുടെ പരിവർത്തനങ്ങളുടെയും ശാസ്ത്രമാണ്. അത് കേവലം നൂറ് മൂലകങ്ങളുടെ ശാസ്ത്രം അല്ല മറിച്ച് അതിൽ നിന്ന് സൃഷ്ടിക്കപ്പെടാവുന്ന എണ്ണമറ്റ വൈവിധ്യമാർന്ന തന്മാത്രകളുടെ ശാസ്ത്രമാണ്...."*
>
> *റോൾഡ് ഹോഫ്മാൻ*

പ്രകൃതിയെ മനസ്സിലാക്കുന്നതിനും വിവരിക്കുന്നതിനും ആവശ്യമായ അറിവുകളെ ക്രമപ്പെടുത്താനുള്ള മനുഷ്യന്റെ നിരന്തരമായ പ്രയത്നമെന്ന നിലയിൽ ശാസ്ത്രത്തെ നോക്കിക്കാണാൻ കഴിയും. പ്രകൃതിയിലെ വൈവിധ്യമാർന്ന പദാർത്ഥങ്ങളും അവയ്ക്കുണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങളും ദൈനംദിന ജീവിതത്തിൽ നമുക്ക് അനുഭവവേദ്യമാകുന്നു. പാല് തൈരാകുന്നത്, കരിമ്പിന്റെ നീര് കുറച്ചുനാൾ സൂക്ഷിക്കുമ്പോൾ വിനാഗിരിയാകുന്നത്, ഇരുമ്പ് തുരുമ്പിക്കുന്നത് എന്നിവ സാധാരണ നമുക്കുകാണാൻ കഴിയുന്ന മാറ്റങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. സൗകര്യാർത്ഥം ശാസ്ത്രത്തെ വിവിധ ശാഖകളായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. രസതന്ത്രം, ഭൗതികശാസ്ത്രം, ജീവശാസ്ത്രം, ഭൂഗർഭശാസ്ത്രം, മുതലായവ ചില ശാസ്ത്ര ശാഖകളാണ്. പദാർത്ഥങ്ങളുടെ നിർമാണം, ഗുണധർമ്മങ്ങൾ, ഘടന, പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങൾ തുടങ്ങിയവ പഠനവിധേയമാക്കുന്ന ശാസ്ത്രശാഖയാണ് രസതന്ത്രം.

രസതന്ത്രത്തിന്റെ വികാസം

ഇന്നത്തെ നിലയിൽ നാം മനസ്സിലാക്കുന്ന രസതന്ത്രം വളരെ പുരാതനമായ ഒരു വൈജ്ഞാനികശാഖയല്ല. രസതന്ത്രപഠനം ശരിക്കും രസതന്ത്രത്തിനുവേണ്ടിയല്ല നടന്നിട്ടുള്ളത് മറിച്ച് ചുവടെ ചേർക്കുന്ന താല്പര്യജനകമായ രണ്ട് കാര്യങ്ങളുടെ അന്വേഷണഫലമായാണ് അത് രൂപപ്പെട്ടു വന്നിട്ടുള്ളത്.

(i) ഇരുമ്പ്, ചെമ്പ് തുടങ്ങിയ സാധാരണ ലോഹങ്ങളെ സ്വർണ്ണമാക്കി മാറ്റാൻ കഴിയുന്ന 'ദാർശനികന്റെ കല്ല് (Philosopher's Stone)' എന്നതിന്.

(ii) അമരത്വം പ്രദാനം ചെയ്യാൻ കഴിയുന്ന 'അമൃത് (Elexir of life)'.

ആധുനിക ശാസ്ത്രം ഉടലെടുക്കുന്നതിനു വളരെ മുമ്പുതന്നെ, ധാരാളം ശാസ്ത്രീയ പ്രതിഭാസങ്ങളെ സംബന്ധിച്ച അറിവ് പ്രാചീന ഇന്ത്യക്കാർക്കുണ്ടായിരുന്നു. അവർ ജീവിതത്തിന്റെ വിവിധ തുറകളിൽ അത്തരം അറിവുകൾ പ്രയോഗിച്ചു. 1300-1600 CE കളിൽ, പ്രധാനമായും ആൽക്കെമിയുടെയും ഔഷധ രസതന്ത്രത്തിന്റെയും (Iatrochemistry)

രൂപത്തിലാണ് രസതന്ത്രം വികാസം പ്രാപിച്ചത്. അറബികൾ യൂറോപ്പിലെത്തിച്ച ആൽക്കെമി സമ്പ്രദായങ്ങൾക്കുശേഷം, നൂറ്റാണ്ടുകൾ കഴിഞ്ഞ്, 18–ാം നൂറ്റാണ്ടിലാണ് യൂറോപ്പിൽ ആധുനിക രസതന്ത്രം രൂപമെടുത്തത്.

മറ്റു സംസ്കാരങ്ങൾക്കു–പ്രത്യേകിച്ച് ചൈനക്കാർക്കും ഇന്ത്യക്കാർക്കും – അവരുടേതായ ആൽക്കെമി സമ്പ്രദായങ്ങൾ ഉണ്ടായിരുന്നു. രാസപ്രക്രിയകളും സങ്കേതങ്ങളും സംബന്ധിച്ച ധാരാളം അറിവുകൾ അവയിൽ ഉൾപ്പെട്ടിരുന്നു.

രസായന ശാസ്ത്രം, രസതന്ത്രം, രാസക്രിയ അഥവാ രാസവിദ്യ എന്നിങ്ങനെയായിരുന്നു പുരാതന ഇന്ത്യയിൽ രസതന്ത്രത്തെ വിളിച്ചിരുന്നത്. ഇതിൽ ലോഹനിഷ്കർഷണം, ഔഷധം, സൗന്ദര്യലേപനങ്ങളുടെ നിർമാണം, ഗ്ലാസ്സ്, ചായങ്ങൾ മുതലായവ ഉൾപ്പെടുന്നു. സിന്ധിലെ മോഹൻജദാരോ, പഞ്ചാബിലെ ഹാരപ്പ എന്നിവിടങ്ങളിൽ നടത്തിയിട്ടുള്ള വ്യവസ്ഥിതമായ ഉൽഖനനങ്ങൾ തെളിയിക്കുന്നത്, ഇന്ത്യയിലെ രസതന്ത്രത്തിന്റെ ആവിർഭാവത്തിന് വളരെയധികം പഴക്കമുണ്ടെന്നാണ്. ഇന്ത്യയിൽ ചുടുകട്ട നിർമാണസാമഗ്രിയായി ഉപയോഗിച്ചിരുന്നുവെന്ന് പുരാവസ്തു ഗവേഷണഫലങ്ങൾ ചൂണ്ടിക്കാട്ടുന്നു. കൂടാതെ, ഇതു തെളിയിക്കുന്ന മറ്റൊരു കാര്യമാണ്, വസ്തുക്കൾ മിശ്രണം ചെയ്യുക, അച്ചിൽ വാർത്തെടുക്കുക, തീയിൽ ചുട്ടെടുത്ത് അനുയോജ്യമായ ഗുണനിലവാരം ഉണ്ടാക്കുക തുടങ്ങിയവ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ആദ്യകാല രാസപ്രക്രിയയായി കരുതുന്ന മൺപാത്ര നിർമാണം വളരെ വ്യാപകമായി ഇന്ത്യയിൽ നടന്നിട്ടുണ്ടെന്നുള്ളത്. മിനുസപ്പെടുത്തിയ മൺപാത്രാവശിഷ്ടങ്ങൾ മോഹൻജദാരോയിൽ നിന്ന് ലഭിച്ചിട്ടുണ്ട്. നിർമാണ പ്രവൃത്തികളിൽ ജിപ്സം സിമന്റ് ഉപയോഗിച്ചിരുന്നു. ഇതിൽ ചുണ്ണാമ്പ്, മണൽ, $CaCO_3$-യുടെ അംശം എന്നിവ ചേർന്നിരുന്നു. ഹാരപ്പയിലെ ജനങ്ങൾ, ഫൈയൻസ് (faience) എന്ന തിളക്കമുള്ള ഒരു തരം ഗ്ലാസ്, ആഭരണങ്ങളിൽ ഉപയോഗിച്ചിരുന്നു. അവർ ലെഡ്, സിൽവർ, ഗോൾഡ്, കോപ്പർ തുടങ്ങിയ ലോഹങ്ങൾ ഉരുക്കി വിവിധങ്ങളായ വസ്തുക്കൾ നിർമിച്ചിരുന്നു. അവർ ശില്പങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കാനുള്ള കോപ്പറിന്റെ കാഠിന്യം വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നതിനായി ടിൻ, ആർസനിക് എന്നിവ കലർത്തിയിരുന്നു. ദക്ഷിണേന്ത്യയിലെ 'മാസ്കി' (Maski) യിലും (1000-900 BCE) ഉത്തരേന്ത്യയിൽ ഹസ്തിനപുരി, തക്ഷശില (1000-200 BCE) എന്നിവിടങ്ങളിലും ധാരാളം ഗ്ലാസ്സ് ഉപകരണങ്ങൾ കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഗ്ലാസ്സും മറ്റ് തിളക്കമുള്ള വസ്തുക്കളും ലോഹ ഓക്സൈഡുകൾ ചേർത്ത് നിറം നൽകിയിരുന്നു.

ഉപഭൂഖണ്ഡത്തിലെ 'ചാൽകോലിതിക്' (Chalcolithic) സംസ്കാരത്തോളം പഴക്കമുള്ളതാണ് ഇന്ത്യയിലെ കോപ്പർ നിഷ്കർഷണത്തിന്റെ ചരിത്രം. തദ്ദേശീയമായി, അയൺ, കോപ്പർ എന്നിവയുടെ നിഷ്കർഷണത്തിനുള്ള സാങ്കേതികവിദ്യകൾ വികസിപ്പിച്ചുവെന്നതിന് ധാരാളം പുരാവസ്തുശാസ്ത്ര തെളിവുകൾ ലഭ്യമാണ്.

ഇന്ത്യയിൽ, BCE 1000-400 കാലഘട്ടങ്ങളിൽ തുകൽ ഊറയ്ക്കിടൽ (tanning of leather), പരുത്തിക്ക് ചായം നൽകൽ എന്നിവ പ്രചാരത്തിലുണ്ടായിരുന്നതായി ഋഗ്വേദം സൂചിപ്പിക്കുന്നു. വടക്കേ ഇന്ത്യയിൽ കാണപ്പെട്ടിരുന്ന മിനുസപ്പെടുത്തിയ കറുത്ത വസ്തുക്കളുടെ സ്വർണ്ണത്തിളക്കം, ഇന്നും അനുകരിക്കാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടില്ലാത്ത രസതന്ത്ര സമസ്യയായി നിലകൊള്ളുന്നു. ചൂളയുടെ താപനില ക്രമീകരണത്തിനുണ്ടായിരുന്ന പ്രാവീണ്യമാണ് ഇത് വെളിവാക്കുന്നത്. കടൽ ജലത്തിൽ നിന്ന് ഉപ്പുണ്ടാക്കുന്നതെങ്ങനെയെന്ന് കൗടില്യന്റെ അർത്ഥശാസ്ത്രം വിവരിക്കുന്നു.

പുരാതന വേദ സാഹിത്യങ്ങളിൽ വിവരിച്ചിട്ടുള്ള ചില പരാമർശങ്ങൾ ആധുനിക ശാസ്ത്ര കണ്ടെത്തലുകളുമായി ചേർന്നു പോകുന്നതായി കാണാം. കോപ്പർ ഉപകരണങ്ങൾ, അയൺ, ഗോൾഡ്, സിൽവർ ആഭരണങ്ങൾ, ടെറാക്കോട്ട തളികകൾ, ചാരനിറ മൺപാത്രങ്ങൾ എന്നിവ വടക്കേഇന്ത്യയിലെ ധാരാളം പുരാവസ്തു പര്യവേഷണ സ്ഥലങ്ങളിൽ നിന്ന് കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. ആൽക്കലികളുടെ പ്രാധാന്യത്തെ സംബന്ധിച്ച് 'സുശ്രുത സംഹിത' വിവരിക്കുന്നു. സൾഫ്യൂരിക് ആസിഡ്, നൈട്രിക് ആസിഡ്, കോപ്പർ ടിൻ, സിങ്ക് എന്നിവയുടെ ഓക്സൈഡുകൾ, കോപ്പർ, സിങ്ക്, അയൺ എന്നിവയുടെ സൾഫേറ്റുകൾ, ലെഡ്, അയൺ എന്നിവയുടെ കാർബണേറ്റുകൾ തുടങ്ങിയവ നിർമിക്കുന്നതെങ്ങനെയെന്ന് പുരാതന ഇന്ത്യാക്കാർക്ക് അറിവുണ്ടായിരുന്നതായി 'ചരക സംഹിത' യിൽ സൂചിപ്പിട്ടുണ്ട്.

'ഗൺപൗഡർ' മിശ്രിതം നിർമിക്കുന്നതെങ്ങനെയെന്ന് രസോപനിഷത്തിൽ വിവരിച്ചിട്ടുണ്ട്. സൾഫർ, ചാർക്കോൾ, സാൾട്ട് പീറ്റർ (പൊട്ടാസ്യം നൈട്രേറ്റ്), മെർക്കുറി, കർപ്പൂരം മുതലായവ ഉപയോഗിച്ച് കരിമരുന്ന് പ്രയോഗം എപ്രകാരമാണെന്ന് ചില തമിഴ് പുസ്തകങ്ങളിൽ വിവരിച്ചിട്ടുണ്ട്.

മഹാനായ ഒരു ഇന്ത്യൻ ശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്നു, നാഗാർജ്ജുന. അദ്ദേഹം ആദരണീയനായ ഒരു രസതന്ത്രജ്ഞനും, ആൽകെമിസ്റ്റും, ലോക നിഷ്കർഷണ വിദഗ്ധനും ആയിരുന്നു. അദ്ദേഹത്തിന്റെ കൃതിയായ '*രസരത്നാകർ*' (Rasratnakar) മെർക്കുറി സംയുക്തങ്ങളുടെ രൂപവൽക്കരണത്തെ സംബന്ധിച്ച് പ്രതിപാദിക്കുന്നു. ഗോൾഡ്, സിൽവർ, ടിൻ, കോപ്പർ എന്നീ ലോഹങ്ങളുടെ നിഷ്കർഷണം സംബന്ധിച്ചും അദ്ദേഹം പ്രതിപാദിച്ചിട്ടുണ്ട്. 800 CE –ൽ നിലവിലുണ്ടായിരുന്ന 'രസാർണവം' (Rasarnavam) എന്ന കൃതിയിൽ, വിവിധതരം ആവശ്യങ്ങൾക്കായുള്ള ഫർണസുകൾ, അടുപ്പുകൾ (Ovens), ക്രൂസിബിളുകൾ എന്നിവയെ സംബ

ന്ധിച്ച് വിവരിക്കുന്നു. ലോഹങ്ങളെ ജ്വാലയുടെ നിറത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ തിരിച്ചറിയുന്നതിനുള്ള വിവിധരീതികളും ഈ കൃതിയിൽ വിവരിക്കുന്നു.

ചക്രപാണി മെർക്കുറി സൾഫൈഡ് കണ്ടെത്തി. സോപ്പിന്റെ കണ്ടുപിടിത്തവും അദ്ദേഹത്തിന്റെ നേട്ടമായി രേഖപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്. കടുക് എണ്ണയും ചില ആൽക്കലികളുമാണ് സോപ്പു നിർമാണത്തിനായി അദ്ദേഹം ഉപയോഗിച്ചത്. CE 18-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽതന്നെ ഇന്ത്യാക്കാർ സോപ്പ് നിർമിച്ചിരുന്നു. ആവണക്ക് എണ്ണയും ഇലിപ്പ ചെടിയുടെ വിത്തുകളും, കാത്സ്യം കാർബണേറ്റും സോപ്പുനിർമാണത്തിനുപയോഗിച്ചിരുന്നു.

കാലഘട്ടങ്ങൾ പലതു കഴിഞ്ഞിട്ടും മങ്ങാതെ നിലകൊള്ളുന്ന അജന്ത-എല്ലോറ ഗുഹാഭിത്തികളിൽ ആലേഖനം ചെയ്തിട്ടുള്ള ചിത്രങ്ങൾ, പുരാതന ഇന്ത്യാക്കാർ കരസ്ഥമാക്കിയിരുന്ന ഉയർന്ന നിലവാരമുള്ള ശാസ്ത്രജ്ഞാനത്തിനു സാക്ഷ്യം വഹിക്കുന്നു. വരാഹമിഹിരന്റെ 'ബൃഹത് സംഹിത' ഒരു തരത്തിൽ സർവ്വവിജ്ഞാനകോശമാണ്. CE ആറാം നൂറ്റാണ്ടിലാണ് ഇത് രചിക്കപ്പെട്ടത്. വീടുകളുടെയും ക്ഷേത്രങ്ങളുടെയും മേൽക്കൂരകളിലും ഭിത്തികളിലും പൂശാനുള്ള പശിമയുള്ള വസ്തുവിന്റെ നിർമാണം എങ്ങനെയെന്ന് ഇതിൽ വിവരിക്കുന്നു. വിവിധതരം സസ്യങ്ങൾ, ഫലങ്ങൾ, വിത്തുകൾ, മരവുരികൾ എന്നിവയുടെ സത്തുകൾ തിളപ്പിച്ച് ഗാഢത കൂട്ടിയശേഷം പലതരം റസിനുകളുമായി ചേർത്താണ് ഈ പശയുള്ള വസ്തുനിർമിക്കുന്നതെന്ന അറിവ് ഈ കൃതി നൽകുന്നു. ഇത്തരം വസ്തുക്കൾ ശാസ്ത്രീയമായി പരിശോധിക്കുന്നതും അവയുടെ പ്രായോഗികത വിലയിരുത്തുന്നതും നന്നായിരിക്കും.

ധാരാളം പ്രാചീന ലിഖിതങ്ങളിൽ (1000 BCE) മഞ്ഞൾ, മഞ്ചെട്ടി, സൂര്യകാന്തിപ്പൂവ്, ഓർപിമെന്റ് (orpiment), കൊച്ചിനീൽ (ചെറുപ്രാണി), കോലരക്ക് എന്നിവ ഉപയോഗിച്ചുള്ള ചില ചായങ്ങളെ സംബന്ധിച്ച് സൂചിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്. നിറം നൽകാൻ കഴിവുള്ളതായി പറയുന്ന മറ്റു ചില പദാർത്ഥങ്ങളാണ് കാമ്പിലാക്ക (kampillaka), പതിമുഖം (pattanga), ജാതുക (jatuka) തുടങ്ങിയവ.

വരാഹമിഹിരന്റെ '*ബൃഹത് സംഹിത*'യിൽ സുഗന്ധലേപനങ്ങളെയും സൗന്ദര്യവർദ്ധകങ്ങളെയും സംബന്ധിച്ച് വിവരിക്കുന്നു. ഇൻഡിഗോ പോലെയുള്ള സസ്യങ്ങൾ, അയൺ പൗഡർ, ബ്ലാക്ക് അയൺ (സ്റ്റീൽ) തുടങ്ങിയ മിനറലുകൾ, പുളിച്ച അരിക്കാടിയിൽ നിന്നുള്ള അമ്ലാംശങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയിൽ നിന്ന്, തലമുടിക്ക് ചായം നൽകുന്ന കൂട്ടുകളെപ്പറ്റിയും ഇതിൽ വിവരിക്കുന്നു. *ഗന്ധയുക്തിയിൽ* വാസനലേപനങ്ങൾ, വായിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന സുഗന്ധങ്ങൾ, ബാത് പൗഡറുകൾ, സാമ്പ്രാണി, ടാൽക്കം പൗഡർ എന്നിവയുടെ നിർമാണക്കൂട്ടുകൾ പ്രതിപാദിക്കുന്നു.

ചൈനീസ് സഞ്ചാരിയായ ഇ-ത്സിങ്-ന്റെ വിവരണപ്രകാരം 17-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ തന്നെ ഇന്ത്യാക്കാർക്ക് കടലാസിനെപ്പറ്റി അറിവുണ്ടായിരുന്നു എന്നത് വ്യക്തമാണ്. തക്ഷശിലയിലെ ഉൽഖനനങ്ങൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നത് നാലാം നൂറ്റാണ്ടു മുതൽ ഇന്ത്യയിൽ മഷി ഉപയോഗിച്ചിരുന്നുവെന്നാണ്. ചോക്ക് (chalk), റെഡ് ലഡ്, 'മിനിയം' എന്നിവയിൽ നിന്നാണ് മഷിക്കുള്ള നിറങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കിയിരുന്നത്.

കിണ്വനം (പുളിപ്പിക്കൽ (fermentation) എന്ന പ്രക്രിയ സംബന്ധിച്ച വ്യക്തമായ അറിവ് ഇന്ത്യാക്കാർക്കുണ്ടായിരുന്നു. വിവിധതരം മദ്യങ്ങളെ സംബന്ധിച്ച് കൗടില്യന്റെ അർത്ഥശാസ്ത്രത്തിലും മറ്റു പ്രാചീനലിഖിതങ്ങളിലും സൂചിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ട്. ആസവങ്ങൾ നിർമിക്കുന്നതിന് മരവുരികൾ, തണ്ട്, പൂക്കൾ, ഇലകൾ, തടികൾ, ധാന്യങ്ങൾ, ഫലങ്ങൾ, കരിമ്പ് എന്നിവ ചേർത്തിരുന്നതായി ചരകസംഹിതയും സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

ദ്രവ്യം ആത്യന്തികമായി നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് അവിഭാജ്യങ്ങളായ നിർമാണ ഘടകങ്ങളാലാണെന്ന സങ്കല്പനം ഇന്ത്യയിൽ ഉടലെടുത്തത് BCE ആദ്യ നൂറ്റാണ്ടുകളിലാണ്. ദാർശനിക കാഴ്ചപ്പാടുകളുടെ ഭാഗമായുള്ളതാണ് ഈ സങ്കല്പനം. 'അറ്റോമിക തിയറി (കണികാസിദ്ധാന്തം)' ആദ്യം ആവിഷ്കരിച്ചത്, BCE 600-ൽ ജനിച്ച, കശ്യപ് എന്ന് യഥാർത്ഥത്തിൽ അറിയപ്പെട്ടിരുന്ന ആചാര്യ കണാദൻ ആണ്. 'പരമാണു' എന്ന അതി സൂക്ഷ്മങ്ങളായ അവിഭാജ്യ കണങ്ങളുടെ സിദ്ധാന്തം, അദ്ദേഹം മുന്നോട്ടുവച്ചു. അദ്ദേഹം രചിച്ച പുസ്തകമാണ് '*വൈശേഷിക സൂത്രങ്ങൾ*'. അദ്ദേഹത്തിന്റെ അഭിപ്രായപ്രകാരം എല്ലാ പദാർത്ഥങ്ങളും അതി സൂക്ഷ്മങ്ങളായ പരമാണുക്കളാൽ (atoms) നിർമിതമാണ്. പരമാണുക്കൾ യഥാർത്ഥ അവസ്ഥയിൽ ശാശ്വതവും, അനശ്വരവും ഗോളീയവും, സംവേദനക്ഷമമല്ലാത്തതും, ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നവയുമാണ്. ഏതെങ്കിലുമൊരു മാനുഷികാവയവത്താൽ സംവേദിച്ചറിയാൻ കഴിയാത്തവയാണ് പരമാണു എന്ന കണം എന്നദ്ദേഹം വിവരിച്ചു. വിവിധ വിഭാഗത്തിലുള്ള പദാർത്ഥങ്ങളെപ്പോലെ വിവിധതരം ആറ്റങ്ങളുമുണ്ടെന്ന് കണാദൻ കൂട്ടിച്ചേർത്തിട്ടുണ്ട്. പരമാണുക്കൾ ജോടികളായോ ത്രയങ്ങളായോ, മറ്റുതരത്തിലുള്ള സംയോജിത രൂപത്തിലോ കാണപ്പെടുമെന്നും, അവ തമ്മിലുള്ള പാരസ്പര്യത്തിനാധാരം അദൃശ്യബലങ്ങളാണെന്നും അദ്ദേഹം പറഞ്ഞു. ജോൺ ഡാൽട്ടൺ (1766-1854) അറ്റോമിക സിദ്ധാന്തം ആവിഷ്കരിക്കുന്നതിന് 2500 വർഷം മുമ്പ് തന്നെ കണാദൻ അത് സങ്കല്പനം ചെയ്തു.

ഇന്ത്യയിലെ ഏറ്റവും പുരാതനമായ ആയുർവേദ ഇതിഹാസമാണ് *ചരക സംഹിത*. രോഗങ്ങളുടെ ചികിത്സ ഇതിൽ വിവരിക്കുന്നു. ലോഹ കണങ്ങളുടെ വലിപ്പം കുറയ്ക്കുന്ന ആശയം വ്യക്തമായി ഇതിൽ വിവരിക്കുന്നു. കണങ്ങളുടെ വലിപ്പം ഏറ്റവും കുറച്ചുകൊണ്ടു

വരുന്നതാണ് 'നാനോസാങ്കേതികവിദ്യ' എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. രോഗങ്ങളുടെ ചികിത്സാവിധിയായി ലോഹഭസ്മങ്ങൾ (ചൂർണ്ണങ്ങൾ) ഉപയോഗിക്കുന്നത് ചരകസംഹിതയിൽ വിവരിക്കുന്നു. ഭസ്മങ്ങളിൽ ലോഹ നാനോകണങ്ങൾ അടങ്ങിയിട്ടുണ്ടെന്ന് ഇന്ന് തെളിയിച്ചിട്ടുണ്ട്.

ആൽക്കെമിയുടെ തളർച്ചയെത്തുടർന്ന് ഔഷധരസതന്ത്രം സ്ഥിരമായ ഭാവം കൈവരിക്കുകയും പിന്നീട്, 20-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ പാശ്ചാത്യ വൈദ്യസമ്പ്രദായങ്ങളുടെ പ്രചാരത്തോടെ അതിന് തകർച്ചയുണ്ടാവുകയും ചെയ്തു. ഈയൊരു മുരടിപ്പിന്റെ കാലഘട്ടത്തിൽ ആയുർവേദത്തിലധിഷ്ഠിതമായ മരുന്നു വ്യവസായം തുടർന്നും നിലനിൽക്കുകയും പിന്നീട് സാവധാനം ശോഷിക്കുകയും ചെയ്തു. പുതിയ സങ്കേതങ്ങളുമായി പൊരുത്തപ്പെടാനും പ്രയോഗിക്കാനും ഇന്ത്യാക്കാർക്ക് 100–150 വർഷങ്ങളോളം വേണ്ടിവന്നു. ഈ കാലയളവിൽ വിദേശ ഉല്പന്നങ്ങൾ ഇവിടേക്ക് ഒഴുകി. തല്ഫലമായി സ്വതസിദ്ധമായ സങ്കേതങ്ങൾ ശോഷിച്ചു. 19-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ അവസാനത്തിലാണ് ഇന്ത്യയിൽ ആധുനികശാസ്ത്രം ഉടലെടുക്കുന്നത്. 19-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ മധ്യത്തിൽ യൂറോപ്യൻ ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർ ഇന്ത്യയിലെത്തുകയും ആധുനിക രസതന്ത്രത്തിന്റെ വളർച്ച തുടങ്ങുകയും ചെയ്തു.

ഇതുവരെയുള്ള ചർച്ചയിൽ നിന്ന് മനസ്സിലാക്കാൻ കഴിയുന്നത്, രസതന്ത്രം ദ്രവ്യത്തിന്റെ സംഘടനം, ഘടന, ഗുണധർമ്മങ്ങൾ, പാരസ്പര്യം എന്നിവ കൈകാര്യം ചെയ്യുന്ന ശാസ്ത്രശാഖയാണെന്നും അത് മനുഷ്യനെ സംബന്ധിച്ച് ദൈനംദിന ജീവിതത്തിൽ ഉപയോഗമുള്ളതാണെന്നുമാണ്. ഇത്തരം വിശദാംശങ്ങൾ, ദ്രവ്യത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന നിർമാണഘടകങ്ങളായ ആറ്റങ്ങൾ, തന്മാത്രകൾ എന്നിവയിലൂടെ വിശദീകരിക്കുവാനും മനസ്സിലാക്കാനും കഴിയും. അതുകൊണ്ടാണ് രസതന്ത്രത്തെ ആറ്റങ്ങളുടെയും തന്മാത്രകളുടെയും ശാസ്ത്രം എന്നു വിളിക്കുന്നത്. ഈ ഘടകങ്ങളെ (ആറ്റങ്ങൾ, തന്മാത്രകൾ) കാണാനും അളക്കാനും ഗ്രഹിക്കാനും നമുക്ക് സാധിക്കുമോ? ഒരു നിശ്ചിത മാസ് പദാർഥത്തിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ആറ്റങ്ങളുടെയും തന്മാത്രകളുടെയും എണ്ണം കണക്കാക്കുവാനും പദാർഥത്തിന്റെ മാസും കണങ്ങളുടെ എണ്ണവും തമ്മിലുള്ള ഒരു ബന്ധം രൂപീകരിക്കാനും നമുക്കു കഴിയുമോ? ഇത്തരം ചില ചോദ്യങ്ങളുടെ ഉത്തരം നമുക്ക് ഈ യൂണിറ്റിൽ നിന്നു ലഭിക്കും. പദാർഥങ്ങളുടെ ഭൗതിക ഗുണങ്ങളെ അനുയോജ്യമായ യൂണിറ്റോടുകൂടിയ മൂല്യങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് സൂചിപ്പിക്കുന്നതെങ്ങനെയെന്നും ഈ അധ്യായത്തിൽ വിവരിക്കുന്നു.

1.1 രസതന്ത്രത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം

രസതന്ത്രത്തിന് ശാസ്ത്രത്തിൽ സർവ്വപ്രധാനമായ പങ്കാണുള്ളത്. പലപ്പോഴും മറ്റു ശാസ്ത്രശാഖകളുമായി ഇത് ഇഴചേർന്നിരിക്കുന്നു. കാലാവസ്ഥാ മാതൃകകൾ, തലച്ചോറിന്റെ പ്രവർത്തനം, കമ്പ്യൂട്ടറിന്റെ പ്രവർത്തനം, രാസവ്യവസായശാഖകളിലെ ഉൽപാദനം, രാസവളങ്ങൾ, ക്ഷാരങ്ങൾ, ലവണങ്ങൾ, ആസിഡുകൾ, ചായങ്ങൾ, ബഹുലകങ്ങൾ, മരുന്നുകൾ, സോപ്പുകൾ, ഡിറ്റർജന്റുകൾ, ലോഹങ്ങൾ, ലോഹ സങ്കരങ്ങൾ മുതലായവയുടെയും പുതിയ വസ്തുക്കളുടെയും വ്യാവസായികോൽപാദനം എന്നിവയിൽ രസതന്ത്ര തത്വങ്ങൾ പ്രയോഗിക്കുന്നു.

രാജ്യത്തിന്റെ സമ്പദ് വ്യവസ്ഥയ്ക്ക് വൻതോതിലുള്ള സംഭാവനയാണ് രസതന്ത്രം നൽകുന്നത്. ആഹാരപദാർഥങ്ങൾ, ആരോഗ്യ സംരക്ഷണ ഉൽപ്പന്നങ്ങൾ, മനുഷ്യജീവിതത്തിന്റെ ഗുണമേന്മ വർദ്ധിപ്പിക്കുന്നതിനാവശ്യമായ മറ്റു പദാർഥങ്ങൾ എന്നിവ നിർമിക്കുന്നതിൽ രസതന്ത്രം പ്രധാന പങ്കുവഹിക്കുന്നു. വൈവിധ്യമാർന്ന വളങ്ങളുടെയും കീടനാശിനികളുടെയും വൻതോതിലുള്ള നിർമാണം ഇതിനൊരുദാഹരണമാണ്. പ്രകൃത്യാ ഉള്ള ഉറവിടങ്ങളിൽ നിന്ന് ജീവൻരക്ഷാ ഔഷധങ്ങൾ വേർതിരിച്ചെടുക്കുന്നതിനും അവ കൃത്രിമമായി നിർമിക്കുന്നതിനുമുള്ള മാർഗങ്ങൾ രസതന്ത്രം നൽകുന്നു. ക്യാൻസർ ചികിത്സയിലുപയോഗിക്കുന്ന സിസ്പ്ലാറ്റിൻ, ടാക്സോൾ തുടങ്ങിയവ ഇത്തരം ഔഷധങ്ങളാണ്. AZT (അസിഡോതൈമിഡിൻ) എന്നമരുന്ന് AIDS രോഗികളുടെ ചികിത്സയ്ക്ക് ഉപകരിക്കുന്നു.

ഒരു രാജ്യത്തിന്റെ പുരോഗതിയിലും വളർച്ചയിലും രസതന്ത്രത്തിന്റെ സംഭാവന വളരെ വലുതാണ്. രസതന്ത്ര തത്വങ്ങൾ നന്നായി മനസ്സിലാക്കുകയും പ്രയോഗിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതിലൂടെ സവിശേഷമായി വൈദ്യുത, കാന്തിക, പ്രകാശിക ഗുണങ്ങളുള്ള വസ്തുക്കളുടെ രൂപകൽപനയും നിർമാണവും സാധ്യമാണ്. ഇത്തരം അറിവിൽ നിന്ന് അതിചാലകതയുള്ള സിറാമിക് പദാർഥങ്ങൾ, ചാലകതയുള്ള ബഹുലകങ്ങൾ, പ്രകാശികനാരുകൾ, സൂക്ഷ്മ ഖര ഇലക്ട്രോണിക ഉപകരണങ്ങൾ തുടങ്ങിയവ നിർമിക്കപ്പെടുന്നു. ആസിഡുകൾ, ക്ഷാരങ്ങൾ, ചായങ്ങൾ, ബഹുലകങ്ങൾ, ലോഹങ്ങൾ മുതലായ ഉപയോഗയോഗ്യമായ സാധനങ്ങളുടെ വൻതോതിലുള്ള ഉൽപാദനം സാധ്യമാക്കുന്ന രാസവ്യവസായശാലകൾ സ്ഥാപിക്കുന്നതിന് രസതന്ത്രം സഹായിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഇത്തരം വ്യവസായങ്ങൾ രാജ്യത്തിന്റെ സമ്പദ്ഘടന മെച്ചപ്പെടുത്തുന്നതിനും തൊഴിലവസരങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നതിനും സംഭാവന നൽകുന്നു.

സമീപകാലങ്ങളിൽ, നമ്മെ അലട്ടിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന പാരിസ്ഥിതിക പ്രശ്നങ്ങൾ പ്രതിരോധിക്കുന്നതിൽ രസതന്ത്രം ഒട്ടൊക്കെ വിജയം കൈവരിച്ചിട്ടുണ്ട്. സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയറിലെ ഓസോൺ നാശനത്തിനു കാരണമാകുന്ന ക്ലോറോഫ്ളൂറോ കാർബണുകൾക്ക് (CFC) പകരമായി സുരക്ഷിതമായ ശീതീകാരികൾ വിജയകരമായി നിർമി

ച്ചിട്ടുണ്ട്. എന്നിരുന്നാലും വലിയ പാരിസ്ഥിതിക പ്രശ്നങ്ങൾ രസതന്ത്രജ്ഞർക്കു മുന്നിൽ ഗുരുതര ആശങ്കയായി തുടരുന്നു. അത്തരത്തിലൊരു പ്രശ്നമാണ് ഹരിതഗൃഹ വാതകങ്ങളായ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ്, മീഥേൻ തുടങ്ങിയവയുടെ നിയന്ത്രണം. ജൈവരാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ മനസിലാക്കുക, എൻസൈമുകൾ ഉപയോഗിച്ച് രാസവസ്തുക്കളുടെ വലിയതോതിലുള്ള നിർമാണം, പുതിയ അസാധാരണ പദാർഥങ്ങളുടെ സംശ്ലേഷണം എന്നിവ ഭാവി തലമുറയിൽപ്പെട്ട രസതന്ത്രജ്ഞരുടെ മുന്നിലുള്ള ചില വെല്ലുവിളികളാണ്. ഒരു വികസ്വര രാജ്യമായ ഇന്ത്യക്ക് ഇത്തരം വെല്ലുവിളികൾ ഏറ്റെടുക്കാൻ ബുദ്ധിവൈഭവവും സർഗശേഷിയുമുള്ള രസതന്ത്രജ്ഞരെ ആവശ്യമുണ്ട്. ഒരു നല്ല രസതന്ത്രജ്ഞനാകുന്നതിനും ഇത്തരം വെല്ലുവിളികൾ ഏറ്റെടുക്കുന്നതിനും, ദ്രവ്യം എന്ന ആശയത്തിൽ തുടങ്ങുന്ന രസതന്ത്രത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനതത്വങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കേണ്ടതുണ്ട്. ദ്രവ്യത്തിന്റെ സ്വഭാവത്തിൽ നിന്ന് നമുക്ക് ആരംഭിക്കാം.

1.2 ദ്രവ്യത്തിന്റെ സ്വഭാവം

മുൻ ക്ലാസുകളിലെ പഠനത്തിൽ നിന്ന് **ദ്രവ്യം** എന്ന പദം നിങ്ങൾക്ക് പരിചിതമാണ്. സ്ഥിതി ചെയ്യാൻ സ്ഥലം ആവശ്യമുള്ളതും മാസുള്ളതുമായ ഏതൊന്നിനെയും നമുക്ക് **ദ്രവ്യം** എന്ന് വിളിക്കാം. നമുക്കുചുറ്റുമുള്ള എല്ലാം, ഉദാഹരണത്തിന് പുസ്തകം, പേന, പെൻസിൽ, ജലം, വായു, ജീവജാലങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയെല്ലാം ദ്രവ്യത്താൽ നിർമിതമാണ്. ഇവയെല്ലാം മാസ് ഉള്ളവയും സ്ഥിതിചെയ്യാൻ സ്ഥലം ആവശ്യമുള്ളവയുമാണെന്ന് നമുക്കറിയാം.

1.2.1 ദ്രവ്യത്തിന്റെ അവസ്ഥകൾ

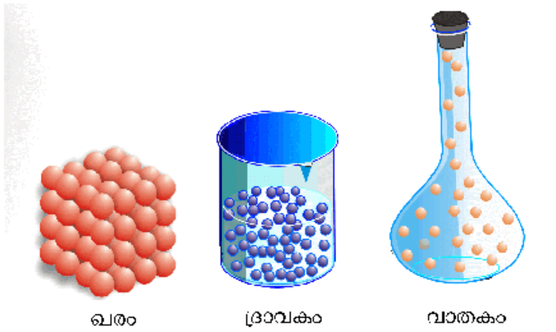
ദ്രവ്യത്തിന് **ഖരം, ദ്രാവകം, വാതകം** എന്നീ മൂന്ന് ഭൗതികാവസ്ഥകളിൽ നിലനിൽക്കാൻ കഴിയും. ഈ മൂന്ന് അവസ്ഥകളിലെയും ഘടകകണങ്ങളെ ചിത്രം 1.1 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യാൻ കഴിയും.

ഖര വസ്തുക്കളിൽ ഈ കണങ്ങൾക്ക് ചലന സ്വാതന്ത്ര്യം കുറവായിരിക്കും. അവ പരസ്പരം വളരെ അടുത്ത് ക്രമമായി നിലനിൽക്കുന്നു. **ദ്രാവകാ**വസ്ഥയിൽ കണങ്ങൾ പരസ്പരം അടുത്തു നിൽക്കുമെങ്കിലും അവയ്ക്ക് സ്വതന്ത്രമായി സഞ്ചരിക്കാൻ കഴിയുന്നു. ഖരങ്ങളെയും ദ്രാവകങ്ങളെയും അപേക്ഷിച്ചു **വാതകങ്ങളിൽ** ഘടക കണങ്ങൾ വളരെ അകലത്തിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. കൂടാതെ അവയുടെ ചലനം സുഗമവും വേഗത്തിലുള്ളതുമാണ്.

കണങ്ങളുടെ ഇത്തരത്തിലുള്ള ക്രമീകരണങ്ങൾ കൊണ്ട് വ്യത്യസ്ത അവസ്ഥയിലുള്ള ദ്രവ്യങ്ങൾ താഴെപ്പറയുന്ന സവിശേഷതകൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നു.

(i) ഖരവസ്തുക്കൾക്ക് *നിശ്ചിത വ്യാപ്തവും ആകൃതിയുമുണ്ട്.*

(ii) ദ്രാവകങ്ങൾക്ക് *നിശ്ചിത വ്യാപ്തമുണ്ടെങ്കിലും നിശ്ചിത ആകൃതിയില്ല.* അവയ്ക്ക്, അവ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന പാത്രത്തിന്റെ ആകൃതി ലഭിക്കുന്നു.



ചിത്രം 1.1 *ഖര, ദ്രാവക, വാതകാവസ്ഥകളിൽ കണികകളുടെ ക്രമീകരണം.*

(iii) വാതകങ്ങൾക്കു *നിശ്ചിത വ്യാപ്തമോ ആകൃതിയോ* ഇല്ല. അവ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന പാത്രത്തിൽ പൂർണമായി നിറഞ്ഞിരിക്കുന്നു.

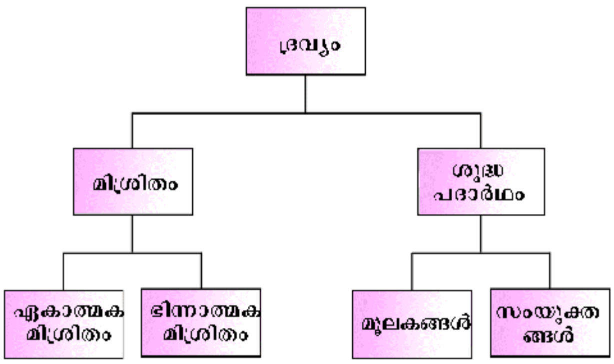
ദ്രവ്യത്തിന്റെ ഈ മൂന്നവസ്ഥകളും താപനിലയുടെയും മർദത്തിന്റെയും വ്യതിയാനങ്ങൾക്കനുസരിച്ചു പരസ്പരം രൂപാന്തരണത്തിന് വിധേയമാണ്.

ഖരം ⇌ (തണുപ്പിക്കുക) ദ്രാവകം ⇌ (തണുപ്പിക്കുക) വാതകം

സാധാരണഗതിയിൽ ഖരവസ്തുക്കളെ ചൂടാക്കിയാൽ ദ്രാവകമായും തുടർന്ന് വാതകമായും മാറുന്നു. മറിച്ചുള്ള പ്രക്രിയയിൽ ഒരു വാതകം തണുപ്പിക്കുമ്പോൾ ദ്രാവകമായും, ദ്രാവകം തുടർന്ന് തണുക്കുമ്പോൾ ഖരമായും മാറുന്നു.

1.2.2 ദ്രവ്യത്തിന്റെ വർഗീകരണം

സ്ഥൂലമാനതലത്തിൽ (Macroscopic Level) ദ്രവ്യത്തെ നമുക്ക് **മിശ്രിതങ്ങൾ** എന്നും **പദാർഥങ്ങൾ** എന്നും വർഗീകരിക്കാം. ഇവയെ ചിത്രം 1.2 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ വീണ്ടും വിഭജിക്കാം.



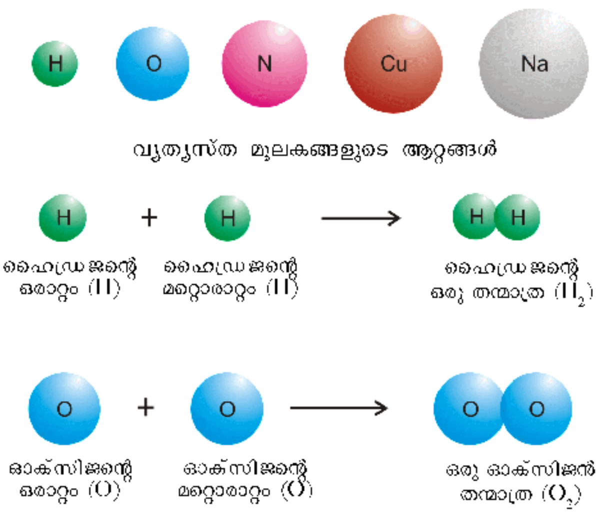
ചിത്രം 1.2 *ദ്രവ്യത്തിന്റെ വർഗീകരണം*

നമുക്ക് ചുറ്റും കാണുന്ന മിക്ക വസ്തുക്കളും മിശ്രിതങ്ങൾ ആണ്. ഉദാഹരണത്തിന് പഞ്ചസാര ലായനി, ചായ, വായു തുടങ്ങിയവയെല്ലാം **മിശ്രിതങ്ങളാണ്.**

അതിനാൽ അവയുടെ സംയോഗം വ്യത്യാസപ്പെടുത്താൻ കഴിയും. മിശ്രിത രൂപീകരണത്തിൽ ഉൾപ്പെട്ടിട്ടുള്ള പദാർഥങ്ങളെ അതിന്റെ ഘടകങ്ങൾ എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഒരു ദ്രവ്യരൂപത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന നിർമാണ കണങ്ങളെല്ലാം ഒരേ രാസസ്വഭാവമുള്ളവയാണെങ്കിൽ അതിനെ ഒരു ശുദ്ധപദാർഥമെന്നു പറയാം. ഒരു മിശ്രിതത്തിൽ വിവിധതരം കണങ്ങൾ ഉൾക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. രണ്ടോ അതിലധികമോ പദാർഥങ്ങൾ ഏതെങ്കിലും അനുപാതത്തിൽ ഒരു മിശ്രിതത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കും. ഒരു മിശ്രിതം **ഏകാത്മകമോ ഭിന്നാത്മകമോ** ആയിരിക്കും. ഒരു ഏകാത്മക മിശ്രിതത്തിലെ ഘടകങ്ങൾ പൂർണമായും കൂടിക്കലർന്നതും അതിലെ ഘടക അനുപാതം എല്ലാഭാഗത്തും ഒരുപോലെയുമാണ്. പഞ്ചസാരലായനിയും വായുവും **ഏകാത്മക മിശ്രിതത്തിന്** ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ഇതിന് വിരുദ്ധമായി ഭിന്നാത്മകമിശ്രിതങ്ങളിൽ ഘടകാനുപാതം എല്ലാ ഭാഗങ്ങളിലും ഒരുപോലെ ആയിരിക്കില്ല. ഘടകങ്ങളെ വേർതിരിച്ച് കാണാൻ സാധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന് പഞ്ചസാരയുടെയും ഉപ്പിന്റെയും മിശ്രിതം, കല്ലുകളും കരടുകളും അടങ്ങിയ ധാന്യങ്ങൾ എന്നിവ **ഭിന്നാത്മക മിശ്രിതങ്ങൾ** ആണ്. ഇത്തരത്തിലുള്ള ധാരാളം മിശ്രിതങ്ങളെ നിത്യജീവിതത്തിൽ നിങ്ങൾക്ക് കണ്ടെത്താവുന്നതാണ്. ഒരു മിശ്രിതത്തിലെ ഘടകങ്ങളെ വേർതിരിക്കാൻ ഭൗതിക രീതികളായ, കൈ കൊണ്ടു വേർതിരിക്കൽ, അരിക്കൽ, ക്രിസ്റ്റലീകരണം, സ്വേദനം തുടങ്ങിയ മാർഗങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കാൻ കഴിയും.

മിശ്രിതങ്ങളിൽ നിന്ന് വ്യത്യസ്തമായ സവിശേഷതകളോട് കൂടിയതാണ് **ശുദ്ധപദാർഥങ്ങൾ.** അവയ്ക്ക് നിശ്ചിത ഘടകസംയോഗം ഉണ്ടായിരിക്കും. എന്നാൽ മിശ്രിതങ്ങളിലെ ഘടകങ്ങൾ ഏതെങ്കിലും ഒരനുപാതത്തിൽ ആയിരിക്കുകയും, ഈ അനുപാതം വ്യത്യാസപ്പെടുത്താവുന്നതരത്തിലും ആയിരിക്കും. കോപ്പർ, ഗോൾഡ്, സിൽവർ, ജലം, ഗ്ലൂക്കോസ് എന്നിവ ശുദ്ധപദാർഥങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ഗ്ലൂക്കോസിൽ കാർബൺ, ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ എന്നിവ ഒരു നിശ്ചിത അനുപാതത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. അതിനാൽ അത് ശുദ്ധപദാർഥമാണ്. ശുദ്ധപദാർഥത്തിലെ ഘടകങ്ങളെ സാധാരണ ഭൗതിക മാർഗങ്ങളിലൂടെ വേർതിരിക്കാൻ കഴിയില്ല.

ശുദ്ധപദാർഥങ്ങളെ, **മൂലകങ്ങൾ** എന്നും **സംയുക്തങ്ങൾ** എന്നും വീണ്ടും വർഗീകരിക്കാം . മൂലകങ്ങളിൽ ഒരേ തരം കണങ്ങളാണ് അടങ്ങിയിട്ടുള്ളത്. ഈ കണങ്ങൾ **ആറ്റങ്ങളോ തന്മാത്രകളോ** ആയിരിക്കും. ആറ്റങ്ങൾ, തന്മാത്രകൾ എന്നിവ മുൻ ക്ലാസുകളിലെ പഠനത്തിൽ നിന്ന് നിങ്ങൾക്ക് പരിചിതമായിരിക്കും. എന്നിരുന്നാലും രണ്ടാം അധ്യായത്തിൽ ഇവയെക്കുറിച്ചു വിശദമായി നിങ്ങൾ പഠിക്കും. സോഡിയം, കോപ്പർ, സിൽവർ, ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ എന്നിവ മൂലകങ്ങൾക്ക് ചില ഉദാഹരണങ്ങൾ ആണ്. അവയിലോരോന്നിലും ഒരേ തരത്തിലുള്ള ആറ്റങ്ങൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. എന്നാൽ വ്യത്യസ്ത മൂലകങ്ങളുടെ ആറ്റങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത സ്വഭാവമുള്ളവയായിരിക്കും. സോഡിയം, കോപ്പർ തുടങ്ങിയ മൂലകങ്ങളിൽ അടിസ്ഥാനഘടകകണമായി ആറ്റം കാണപ്പെടുമ്പോൾ, മറ്റുചിലവയിൽ രണ്ടോ അതിലധികമോ ആറ്റങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്ന തന്മാത്രയാണ് അടിസ്ഥാന കണം. ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ, നൈട്രജൻ തുടങ്ങിയ മൂലകങ്ങളിൽ അവയുടെ രണ്ടു വീതം ആറ്റങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്ന് തന്മാത്രകളായി കാണപ്പെടുന്നു. ചിത്രം 1.3 ൽ ഇത് വിശദമാക്കിയിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 1.3 *ആറ്റങ്ങളുടെയും തന്മാത്രയുടെയും പ്രാതിനിധ്യം*

വ്യത്യസ്ത മൂലകങ്ങളുടെ രണ്ടോ അതിലധികമോ ആറ്റങ്ങൾ കൂടിച്ചേരുമ്പോൾ ഒരു **സംയുക്തത്തിന്റെ** തന്മാത്ര ലഭിക്കുന്നു. കൂടാതെ ഭൗതികമാർഗങ്ങളുപയോഗിച്ചു (physical methods) ഒരു സംയുക്തത്തിലെ ഘടക കണങ്ങളെ വേർതിരിക്കാൻ സാധ്യമല്ല. രാസരീതികൾ (chemical methods) വഴി മാത്രമേ അവയെ വേർതിരിക്കാൻ സാധിക്കൂ. ചില സംയുക്തങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ് ജലം, അമോണിയ, കാർബൺഡൈഓക്സൈഡ്, പഞ്ചസാര മുതലായവ. ജലത്തിന്റെയും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെയും തന്മാത്രകൾ ചിത്രം 1 .4 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

ജലതന്മാത്ര (H_2O)

കാർബൺഡൈഓക്സൈഡ് തന്മാത്ര (CO_2)

ചിത്രം 1.4 ജലതന്മാത്രയുടെയും കാർബൺഡൈഓക്സൈഡ് തന്മാത്രയുടെയും ചിത്രീകരണം.

ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു ജലതന്മാത്രയിൽ രണ്ടു ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റങ്ങളും ഒരു ഓക്സിജൻ ആറ്റവും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. അതുപോലെ ഒരു കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് തന്മാത്രയിൽ രണ്ട് ഓക്സിജൻ ആറ്റങ്ങൾ ഒരു കാർബൺ ആറ്റത്തോട് ചേർന്നിരിക്കുന്നു. അതായത് ഒരു സംയുക്തത്തിന്റെ ഘടക മൂലകങ്ങൾ നിശ്ചിത അനുപാതത്തിൽ ചേർന്നിരിക്കും. ഈ അനുപാതം ഒരു സംയുക്തത്തിന് സവിശേഷമായ ഒന്നായിരിക്കും. അതുപോലെ ഒരു സംയുക്തത്തിന്റെ ഗുണങ്ങൾ അതിന്റെ ഘടക മൂലകങ്ങളുടെ ഗുണങ്ങളിൽ നിന്ന് വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. ഉദാഹരണത്തിന്, ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും വാതകങ്ങൾ ആണ്. എന്നാൽ അവ ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന ജലം ഒരു ദ്രാവകം ആണ്. ഹൈഡ്രജൻ ചെറിയ ഒരു സ്ഫോടന ശബ്ദത്തോടെ കത്തുമ്പോൾ ഓക്സിജൻ ജ്വലന സഹായിയായി പ്രവർത്തിക്കുകയും തുടർന്നുണ്ടാകുന്ന ജലം തീ കെടുത്താൻ ഉപയോഗിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു എന്നുള്ളത് കൗതുകകരമായ വസ്തുതയാണ്.

1.3 ദ്രവ്യത്തിന്റെ ഗുണധർമങ്ങളും അവയുടെ അളക്കലും

1.3.1 ഭൗതിക-രാസ ഗുണധർമങ്ങൾ

ഓരോ പദാർഥത്തിനും അതിന്റേതായ സവിശേഷ ഗുണങ്ങൾ ഉണ്ട്. ഈ സവിശേഷതകളെ രണ്ടായി തിരിക്കാം – **ഭൗതിക ഗുണങ്ങൾ** (അതായത് നിറം, ഗന്ധം, ദ്രവനില, തിളനില, സാന്ദ്രത മുതലായവ) എന്നും **രാസഗുണങ്ങൾ** (അതായത് രാസസംയോഗം, ജ്വലനശേഷി, ആസിഡുകളും ബേസുകളുമായുള്ള ക്രിയാശീലം തുടങ്ങിയവ) എന്നും.

ഒരു വസ്തുവിന്റെ അനന്യതയ്ക്കോ (Identity) രാസസംയോഗത്തിനോ (Composition) വ്യത്യാസം വരുത്താതെ അളക്കുവാൻ സാധിക്കുന്ന ഗുണങ്ങളാണ് **ഭൗതിക ഗുണങ്ങൾ**. **രാസഗുണങ്ങൾ** അളക്കാനോ നിരീക്ഷിക്കാനോ ഒരു രാസമാറ്റം അനിവാര്യമാണ്. വ്യത്യസ്ത വസ്തുക്കളുടെ സവിശേഷ രാസപ്രവർത്തനങ്ങളാണ് രാസഗുണങ്ങളുടെ ഉദാഹരണങ്ങൾ. അമ്ലത, ക്ഷാരത, ജ്വലനം എന്നിവ ഇതിലുൾപ്പെടുന്നു.

1.3.2 ഭൗതിക ഗുണങ്ങളുടെ അളക്കൽ

ശാസ്ത്രീയ അന്വേഷണങ്ങളിൽ ഗുണധർമങ്ങളുടെ പാരിമാണിക അളക്കൽ ആവശ്യമാണ്. ദ്രവ്യത്തിന്റെ മിക്ക ഗുണങ്ങളും പാരിമാണികമാണ്. ഉദാഹരണത്തിന് നീളം, വ്യാപ്തം, വിസ്തീർണം എന്നിവ. ഇത്തരത്തിലുള്ള ഏത് അളവും പ്രതിനിധാനം ചെയ്യപ്പെടുന്നത് ഒരു സംഖ്യയാലും അതിനെത്തുടർന്ന് അത് അളക്കപ്പെടുന്ന ഒരു യൂണിറ്റിനാലും ആണ്. ഉദാഹരണത്തിന്, ഒരു മുറിയുടെ നീളം 6 m എന്ന് എഴുതിയാൽ 6 എന്നത് സംഖ്യയും m എന്നത് നീളത്തിന്റെ യൂണിറ്റായ മീറ്ററും (metre) ആണ്.

ലോകത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ രണ്ടു തരത്തിലുള്ള അളവ് രീതികൾ പിന്തുടരുന്നു, **ഇംഗ്ലീഷ് സമ്പ്രദായവും മെട്രിക് സമ്പ്രദായവും**. പതിനെട്ടാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ അവസാനത്തിൽ ഫ്രാൻസിൽ ആവിർഭവിച്ച മെട്രിക് സമ്പ്രദായം ദശാംശത്തെ അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തിയുള്ളതാകയാൽ കൂടുതൽ സൗകര്യപ്രദമാണ്. അളവിനെ സംബന്ധിച്ച ഒരു പൊതുമാനദണ്ഡത്തിന്റെ ആവശ്യകത ശാസ്ത്രലോകം മനസിലാക്കുകയും അത്തരത്തിലുള്ളൊരു സമ്പ്രദായം 1960 ൽ അംഗീകരിക്കുകയും ചെയ്തു. അവ വിശദമായി ചുവടെ ചർച്ച ചെയ്യുന്നു.

1.3.3 യൂണിറ്റുകളെ സംബന്ധിച്ച അന്താരാഷ്ട്ര സമ്പ്രദായം (The International System of Units (SI))

യൂണിറ്റുകളെ സംബന്ധിച്ച അന്താരാഷ്ട്ര സമ്പ്രദായം (ഫ്രഞ്ച് ഭാഷയിൽ Le Systeme International d'unite's - ചുരുക്കത്തിൽ SI) രൂപീകൃതമായത് പതിനൊന്നാമത് അളവു തൂക്കപൊതു കൂടിയാലോചനാ സമിതിയിലാണ്. (CGPM from Conference Generale des Poids at Measures). CGPM എന്നത് ഒരു അന്താരാഷ്ട്ര ഉടമ്പടി സഖ്യം ആണ്. 1875 ൽ പാരീസിൽ ഒപ്പുവച്ച മീറ്റർ കൺവെൻഷൻ എന്ന ഒരു നയതന്ത്ര ഉടമ്പടി പ്രകാരമാണ് ഇത് രൂപീകൃതമായത്.

പട്ടിക 1.1 അടിസ്ഥാന ഭൗതിക അളവുകളും അവയുടെ യൂണിറ്റുകളും

അടിസ്ഥാന ഭൗതിക അളവ്	അളവിന്റെ പ്രതീകം	SI യൂണിറ്റിന്റെ പേര്	SI യൂണിറ്റിന്റെ പ്രതീകം
നീളം	l	മീറ്റർ	m
മാസ്	m	കിലോഗ്രാം	kg
സമയം	t	സെക്കന്റ്	s
വൈദ്യുത പ്രവാഹം	I	ആംപിയർ	A
താപനില	T	കെൽവിൻ	K
പദാർഥത്തിന്റെ അളവ്	n	മോൾ	mol
പ്രകാശ തീവ്രത	I_v	കാൻഡെല	cd

പട്ടിക 1.2 അടിസ്ഥാന SI യൂണിറ്റുകളുടെ നിർവചനം

നീളത്തിന്റെ യൂണിറ്റ്	മീറ്റർ	1/ 299 792 458 സെക്കൻഡ് സമയത്തിൽ പ്രകാശം ശൂന്യതയിൽ കൂടി സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരത്തെ ഒരു മീറ്റർ എന്ന് പറയുന്നു.
മാസിന്റെ യൂണിറ്റ്	കിലോഗ്രാം	മാസിന്റെ യൂണിറ്റാണ് കിലോഗ്രാം. കിലോഗ്രാമിന്റെ അന്താരാഷ്ട്ര മൂലരൂപത്തിന്റെ മാസിന് തുല്യം
സമയത്തിന്റെ യൂണിറ്റ്	സെക്കൻഡ്	സീസിയം-133 ആറ്റത്തിന്റെ നിമ്നോർജനിലയിലെ രണ്ട് ഹൈപ്പർ ഫൈൻ നിലകൾക്കിടയിലുള്ള ഇലക്ട്രോൺ സ്ഥാനാന്തരം മൂലമുണ്ടാകുന്ന വികിരണത്തിന്റെ 9192631770 ദോലനങ്ങൾക്കാവശ്യമായ സമയദൈർഘ്യമാണ് ഒരു സെക്കന്റ്.
വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ യൂണിറ്റ്	ആമ്പിയർ	അനന്തമായ നീളമുള്ളതും അവഗണിക്കാവുന്ന വൃത്താകൃതിയിലുള്ള പരിച്ഛേദപരപ്പളവുള്ളതുമായ രണ്ടു സമാന്തര ചാലകങ്ങൾ ഒരു മീറ്റർ ദൂരത്തിൽ ശൂന്യതയിൽ വയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ അവയിൽ 2×10^{-7} ന്യൂട്ടൻ / മീറ്റർ ബലം നിലനിർത്താനാവശ്യമായ സ്ഥിരവൈദ്യുതപ്രവാഹത്തെ ഒരു ആമ്പിയർ എന്ന് പറയുന്നു.
താപഗതിക താപനിലയുടെ യൂണിറ്റ്	കെൽവിൻ	*ജലത്തിന്റെ ട്രിപ്പിൾ പോയിന്റിലെ താപഗതിക താപനിലയുടെ 1/273.16 ഭാഗത്തെ ഒരു കെൽവിൻ എന്ന് പറയുന്നു.
പദാർഥത്തിന്റെ അളവിന്റെ യൂണിറ്റ്	മോൾ	1. മോൾ എന്നത് 0.012 kg Carbon - 12 ഐസോടോപ്പിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണത്തിനു തുല്യമായ പദാർത്ഥത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന കണങ്ങളുടെ അളവാണ്. ഇതിന്റെ ചിഹ്നം mol ആണ്. 2. മോൾ ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ മൗലികകണങ്ങൾ ആറ്റങ്ങളാണോ, തന്മാത്രകളാണോ, അയോണുകളാണോ, ഇലക്ട്രോണുകളാണോ, മറ്റു കണികകളാണോ, നിശ്ചിത ഗ്രൂപ്പുകളാണോ എന്നുള്ളത് വ്യക്തമാക്കേണ്ടതുണ്ട്.
പ്രകാശതീവ്രതയുടെ യൂണിറ്റ്	കാൻഡെല	ഒരു സ്രോതസിൽ നിന്ന് ഉത്സർജിക്കുന്ന 540×10^{12} ആവൃത്തിയിലുള്ള ഏകവർണവികിരണത്തിന്റെ പ്രസരണ തീവ്രത ഒരു പ്രത്യേക ദിശയിൽ $\frac{1}{683}$ വാട്ട്/സ്റ്റിറേഡിയൻ ആണെങ്കിൽ ആ ദിശയിലെ പ്രകാശ തീവ്രതയെ കാൻഡെല എന്ന് പറയുന്നു.

*ജലത്തിന്റെ ട്രിപ്പിൾ പോയിന്റ് 0.01°C അല്ലെങ്കിൽ 279.16K (32.01°F)

പട്ടിക 1.1 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നതുപോലെ SI സമ്പ്രദായത്തിൽ ഏഴ് അടിസ്ഥാന യൂണിറ്റുകൾ ആണ് ഉള്ളത്. ഈ യൂണിറ്റുകൾ ഏഴ് അടിസ്ഥാന ശാസ്ത്രീയ അളവുകളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. മറ്റു ഭൗതിക അളവുകളായ വേഗത, വ്യാപ്തം, സാന്ദ്രത എന്നിവ മേല്പറഞ്ഞ അടിസ്ഥാന യൂണിറ്റുകളിൽ നിന്ന് വ്യുല്പാദിപ്പിച്ചെടുക്കാം.

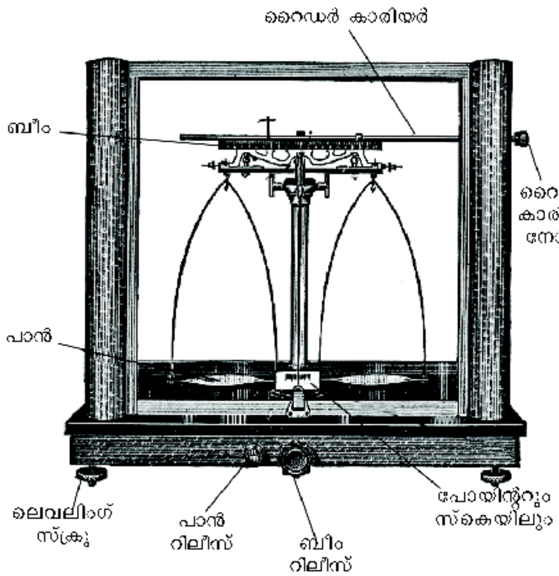
SI സമ്പ്രദായത്തിലെ അടിസ്ഥാന യൂണിറ്റുകളുടെ നിർവചനങ്ങൾ പട്ടിക 1.2 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

SI സമ്പ്രദായം ഒരു യൂണിറ്റിന്റെ ഗുണിതങ്ങളെ മുൻപ്രത്യയം (Prefix) ഉപയോഗിച്ചു സൂചിപ്പിക്കാൻ അനുവദിക്കുന്നു. ഈ മുൻപ്രത്യയങ്ങൾ പട്ടിക 1.3 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

ഈ പുസ്തകത്തിൽ ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്ന ചില അളവുകൾ നമുക്ക് പരിശോധിക്കാം.

1.3.4 മാസും ഭാരവും (Mass and Weight)

ഒരു പദാർഥത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ദ്രവ്യത്തിന്റെ അളവാണ് **മാസ്**, എന്നാൽ ഒരു വസ്തുവിൽ ചെലുത്തപ്പെടുന്ന ഭൂഗുരുത്വ ബലമാണ് **ഭാരം** എന്നത്. ഒരു വസ്തുവിന്റെ മാസ് എപ്പോഴും സ്ഥിരം ആയിരിക്കും. എന്നാൽ ആ വസ്തുവിന്റെ ഭാരം



ചിത്രം 1.5 അനലറ്റിക്കൽ തുലാസ്

വ്യത്യസ്ത സ്ഥലങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. ഇതിനു കാരണം ഭൂഗുരുത്വബലത്തിന്റെ വ്യത്യാസമാണ്. അതിനാൽ മാസും ഭാരവും സൂക്ഷിച്ചുപയോഗിക്കേണ്ട രണ്ടു പദങ്ങളാണ്.

പരീക്ഷണശാലയിൽ ഒരു വസ്തുവിന്റെ മാസ് ലബോറട്ടറിയിൽ അനാലിറ്റിക്കൽ തുലാസ് (Analytical

പട്ടിക 1.3 SI സമ്പ്രദായത്തിൽ ഉപയോഗിക്കുന്ന മുൻപ്രത്യയങ്ങൾ

ഗുണകം	മുൻപ്രത്യയം	പ്രതീകം
10^{24}	yocto	y
10^{-21}	zepto	z
10^{18}	atto	a
10^{-15}	femto	f
10^{12}	pico	p
10^{-9}	nano	n
10^{-6}	micro	μ
10^{3}	milli	m
10^{-2}	centi	c
10^{1}	deci	d
10	deca	da
10^{2}	hecto	h
10^{3}	kilo	k
10^{6}	mega	M
10^{9}	giga	G
10^{12}	tera	T
10^{15}	peta	P
10^{18}	exa	E
10^{21}	zeta	Z
10^{24}	yotta	Y

balance) ഉപയോഗിച്ച് കൃത്യമായി കണ്ടുപിടിക്കാവുന്നതാണ്. (ചിത്രം 1.5).

പട്ടിക 1.1 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നതുപ്രകാരം മാസിന്റെ SI യൂണിറ്റ് കിലോഗ്രാം ആണ്. എന്നിരുന്നാലും പരീക്ഷണശാലകളിൽ രാസപ്രവർത്തനത്തിനുപയോഗിക്കുന്ന രാസവസ്തുക്കളുടെ അളവ് വളരെ ചെറുതായതിനാൽ കിലോഗ്രാമിന്റെ ഭിന്നമായ ഗ്രാം (1 kg = 1000 g) ആണ് സാധാരണ ഉപയോഗിക്കുന്നത്.

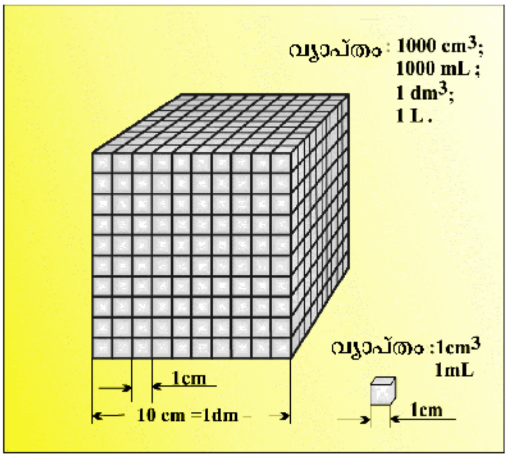
1.3.5 *വ്യാപ്തം (Volume)*

ഒരു പദാർഥം സ്ഥിതിചെയ്യാനാവശ്യമായ ഇടത്തിന്റെ അളവാണ് വ്യാപ്തം. വ്യാപ്തത്തിന്റെ യൂണിറ്റ് $(\text{നീളം})^3$ ആണ്. അതിനാൽ SI സമ്പ്രദായത്തിൽ വ്യാപ്തത്തിന്റെ യൂണിറ്റ് m^3 ആണ്. പക്ഷെ, രസതന്ത്ര പരീക്ഷണ ശാലകളിൽ ചെറിയ വ്യാപ്തത്തിലുള്ള പദാർഥങ്ങളാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്. അതിനാൽ cm^3 അല്ലെങ്കിൽ dm^3 ആണ് സാധാരണ വ്യാപ്തം സൂചിപ്പിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നത്.

ദ്രാവകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം അളക്കാൻ സാധാരണ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഒരു യൂണിറ്റാണ് ലിറ്റർ (L), പക്ഷെ ഇത് SI സമ്പ്രദായത്തിലെ യൂണിറ്റല്ല.

$1\ L = 1000\ mL\ ,\ \ 1000\ cm^3 = 1\ dm^3$

ഈ ബന്ധങ്ങൾ മനസിലാക്കാൻ ചിത്രം 1.6 സഹായിക്കും. പരീക്ഷണശാലയിൽ ദ്രാവകങ്ങളുടെയും ലായനി

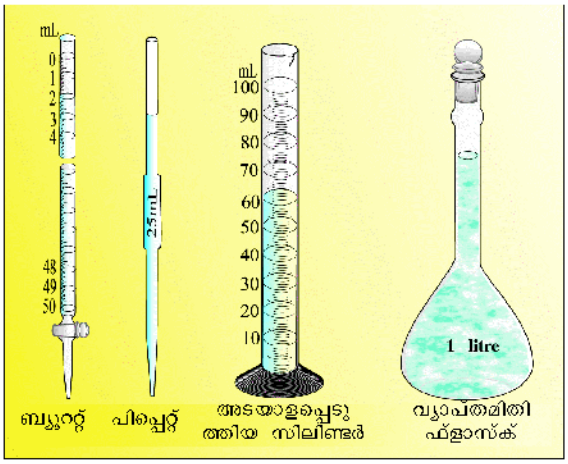


ചിത്രം 1.6 *വ്യാപ്തം അളക്കുന്ന വ്യത്യസ്ത യൂണിറ്റുകൾ*

കളുടെയും വ്യാപ്തം അളക്കാൻ, അടയാളപ്പെടുത്തിയ സിലിണ്ടറുകൾ , ബ്യൂറെറ്റുകൾ, പിപ്പെറ്റുകൾ മുതലായവ ഉപയോഗിക്കാം. ഒരു നിശ്ചിത വ്യാപ്തം ലായനി തയ്യാറാക്കാൻ വ്യാപ്തമിതിഫ്ളാസ്ക് (volumetric flask) ഉപയോഗിക്കുന്നു. ചിത്രം 1.7 ൽ അളക്കുന്ന ചില ഉപകരണങ്ങൾ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

അളവിന്റെ ദേശീയ മാനദണ്ഡങ്ങൾ നിലനിർത്തൽ

നിർവചനങ്ങൾ ഉൾപ്പെടെയുള്ള യൂണിറ്റ് സമ്പ്രദായങ്ങൾ കാലത്തിനനുസരിച്ചു മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കും. പുതിയ തത്വങ്ങൾ സ്വീകരിക്കുന്നതിലൂടെ എപ്പോഴെല്ലാം ഒരു യൂണിറ്റിന്റെ അളക്കലിന്റെ കൃത്യത കാര്യമായി വർധിക്കുന്നുവോ അപ്പോഴെല്ലാം മീറ്റർ ഉടമ്പടിയിലെ (1875 ൽ ഒപ്പുവച്ചത്) അംഗരാജ്യങ്ങൾ ആ യൂണിറ്റിന്റെ ഔപചാരിക നിർവചനം മാറ്റാമെന്ന് സമ്മതിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഇന്ത്യ ഉൾപ്പെടെയുള്ള ഓരോ ആധുനിക വ്യവസായ രാജ്യങ്ങളിലും അളവുകളുടെ നിലവാരം സംരക്ഷിക്കാൻ ഒരു ദേശീയ അളവുതൂക്ക സ്ഥാപനം പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഈ ഉത്തരവാദിത്തം ഇന്ത്യയിൽ നൽകിയിരിക്കുന്നത് ന്യൂ ഡൽഹിയിലെ നാഷണൽ ഫിസിക്കൽ ലബോറട്ടറിക്കാണ് (NPL). ഈ സ്ഥാപനം അടിസ്ഥാന യൂണിറ്റുകളെയും അനുമാന യൂണിറ്റുകളെയും ദൃഢീകരിക്കുന്ന പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തുകയും അളവിന്റെ ദേശീയ നിലവാരം സൂക്ഷിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ നിലവാരങ്ങളെല്ലാം ലോകത്തിലെ വിവിധ അളവുശാസ്ത്ര സ്ഥാപനങ്ങളിലെ നിലവാരവുമായും അതുപോലെ പാരീസിലെ ഇന്റർനാഷണൽ ബ്യൂറോ ഓഫ് സ്റ്റാൻഡേർഡ്സിലെ നിലവാരവുമായും കൃത്യമായ ഇടവേളകളിൽ താരതമ്യപ്പെടുത്തുന്നു.



ചിത്രം 1.7 വ്യാപ്തം അളക്കുന്ന ചില ഉപകരണങ്ങൾ

1.3.6 *സാന്ദ്രത (Density)*

മാസും വ്യാപ്തവും താഴെപ്പറയുന്ന വിധത്തിൽ ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

$$\text{സാന്ദ്രത} = \frac{\text{മാസ്}}{\text{വ്യാപ്തം}}$$

ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ സാന്ദ്രത അതിന്റെ യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിലെ മാസിന്റെ അളവാണ്. സാന്ദ്രതയുടെ SI സമ്പ്രദായത്തിലെ യൂണിറ്റ് താഴെക്കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പ്രകാരം കണ്ടുപിടിക്കാം.

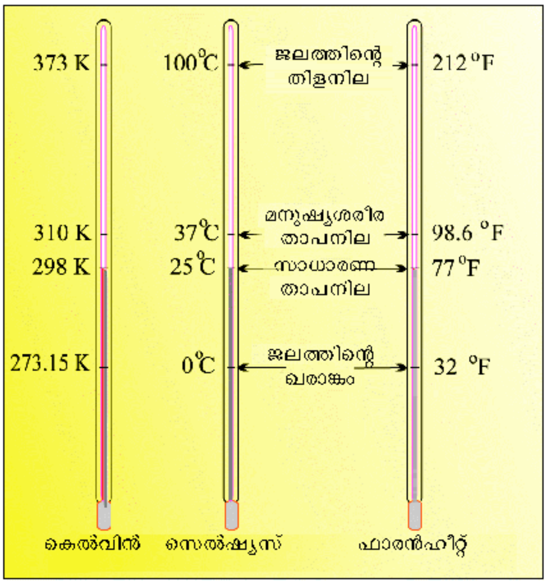
$$\text{സാന്ദ്രതയുടെ SI യൂണിറ്റ്} = \frac{\text{മാസിന്റെ SI യൂണിറ്റ്}}{\text{വ്യാപ്തത്തിന്റെ SI യൂണിറ്റ്}}$$

$$= \frac{kg}{m^3} \text{ or } kg\ m^{-3}$$

ഇതൊരു വലിയ യൂണിറ്റായതിനാൽ രസതന്ത്രത്തിൽ സാധാരണ സാന്ദ്രത സൂചിപ്പിക്കുന്നത് $g\ cm^{-3}$ എന്ന യൂണിറ്റിലാണ്. ഒരു പദാർഥത്തിൽ ഘടകകണങ്ങൾ എത്രത്തോളം അടുക്കിച്ചേർത്തിരിക്കുന്നു എന്നതിനെയാണ് സാന്ദ്രത സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. പദാർഥത്തിൽ കണങ്ങൾ കൂടുതൽ അടുക്കിച്ചേർന്നിരുന്നാൽ അതിന്റെ സാന്ദ്രത കൂടുതലായിരിക്കും.

1.3.7 *താപനില (Temperature)*

താപനില അളക്കുന്ന സാധാരണ മൂന്ന് സ്കെയിലുകളാണ് — °C (ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസ്), °F (ഡിഗ്രി ഫാരൻഹീറ്റ്), K (കെൽവിൻ) എന്നിവ. ഇതിൽ K ആണ് SI യൂണിറ്റ്. ഈ സ്കെയിലുകൾ പ്രകാരമുള്ള തെർമോമീറ്ററുകൾ ചിത്രം 1.8 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. പൊതുവെ സെൽഷ്യസ് സ്കെയിൽ തെർമോമീറ്റർ 0° മുതൽ 100° വരെ കൃത്യത സ്വരീകരിച്ചു വച്ചിരിക്കുന്നു. ഈ രണ്ട് താപനിലകൾ യഥാക്രമം ജലത്തിന്റെ ഖരനിലയും തിളനിലയും ആണ്. 32° മുതൽ 212° വരെയാണ് ഫാരൻഹീറ്റ് സ്കെയിലിലെ അളവുകൾ.



ചിത്രം 1.8 വ്യത്യസ്ത താപനിലയുടെ തോത് ഉപയോഗിക്കുന്ന തെർമോമീറ്ററുകൾ

സെൽഷ്യസ് സ്കെയിലിലെ താപനിലയും ഫാരൻഹീറ്റ് സ്കെയ്ലിലെ താപനിലയും തമ്മിൽ താഴെക്കൊടുത്തിരിക്കുന്ന സമവാക്യം വഴി ബന്ധപ്പെടുത്താം.

$$°F = \frac{9}{5}(°C) + 32$$

കെൽവിൻ സ്കെയിൽ സെൽഷ്യസ് സ്കെയിലുമായി താഴെപ്പറയുന്ന പ്രകാരം ബന്ധപ്പെടുത്താം.

$$K = °C + 273.15$$

ശ്രദ്ധേയമായ ഒരു കാര്യം എന്തെന്നാൽ സെൽഷ്യസ് സ്കെയിലിൽ നെഗറ്റീവ് താപനിലകൾ സാധ്യമാകുമ്പോൾ കെൽവിൻ സ്കെയിലിൽ അത് സാധ്യമല്ല എന്നുള്ളതാണ്.

പ്രമാണനിലവാരം

കിലോഗ്രാം, മീറ്റർ തുടങ്ങിയ അളവുയൂണിറ്റുകൾ നിർവചിച്ചശേഷം ശാസ്ത്രജ്ഞർ അളവുപകരണങ്ങളുടെ കൃത്യത സ്വരീകരിക്കാൻ ഒരു പ്രമാണ നിലവാരത്തെപ്പറ്റി ചിന്തിച്ചു തുടങ്ങി. കൃത്യമായ അളവ് ലഭിക്കുന്നതിന് മീറ്റർ സ്കെയിൽ, അനാലിറ്റിക്കൽ ബാലൻസ് തുടങ്ങിയ എല്ലാ അളവുപകരണങ്ങളും അവയുടെ നിർമാതാക്കൾ കൃത്യതപ്പെടുത്തേണ്ടതുണ്ട്. ഇത്തരത്തിൽ ഓരോ ഉപകരണങ്ങളും ഒരു അടിസ്ഥാന പ്രമാണത്തിനനുസരിച്ചു അടയാളപ്പെടുത്തേണ്ടതുണ്ട്. 1889 നു ശേഷം മാസിന്റെ അടിസ്ഥാനം കിലോഗ്രാമാണ്. കിലോഗ്രാം എന്നത് വായു കടക്കാത്ത ജാറിൽ സൂക്ഷിച്ചിരിക്കുന്ന Pt-Ir സിലിണ്ടറിന്റെ മാസാണ്. ഇത് ഫ്രാൻസിലെ സേവേർസിലുള്ള ഇന്റർനാഷണൽ ബ്യൂറോ ഓഫ് വെയ്റ്റ്സ് ആൻഡ് മെഷേർസിലാണ് സൂക്ഷിച്ചിരിക്കുന്നത്. Pt-Ir നിലവാരമായി എടുത്തതിനു കാരണം രാസാക്രമണത്തെ പ്രതിരോധി

ക്കുന്നു എന്നുള്ളതും അതിന്റെ മാസ് വളരെക്കാലം മാറാതെ ഇരിക്കുന്നു എന്നുള്ളതുമാണ്.

ശാസ്ത്രജ്ഞർ മാസിന്റെ ഒരു പുതിയ പ്രമാണം കണ്ടെത്താനുള്ള അന്വേഷണത്തിലാണ്. ഇത് സാധ്യമാകുന്നത് അവോഗാഡ്രോ സ്ഥിരസംഖ്യ കൃത്യമായി കണ്ടെത്തുന്നതിലൂടെയാണ്. ഈ പ്രവൃത്തി ശ്രദ്ധ കേന്ദ്രീകരിക്കുന്നത് ഒരു നിശ്ചിത മാസ് സാമ്പിളിലെ ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണം കൃത്യമായി കണ്ടുപിടിക്കുക എന്നുള്ളതാണ്. ഏറ്റവും ശുദ്ധമായ സിലിക്കൺ ക്രിസ്റ്റലിന്റെ അറ്റോമിക സാന്ദ്രത X–റേ ഉപയോഗിച്ച് കണ്ടുപിടിക്കുന്ന രീതിയിൽ $1/10^6$ കൃത്യത ഉണ്ട്. പക്ഷെ, ഇതുവരെയും നാം ഇത് സ്വീകരിച്ചിട്ടില്ല. മറ്റു പലരീതികളും ഉണ്ടെങ്കിലും ഒന്നും Pt-Ir സിലിണ്ടറിന്റെ ഗണന രീതിയെ മാറ്റാൻ പര്യാപ്തമല്ല. ഈ ദശകത്തിൽ ഒരു പുതിയ രീതി വരും എന്ന കാര്യത്തിൽ സംശയമില്ല.

മീറ്റർ ആദ്യം നിർവചിച്ചതു 0° C ൽ സൂക്ഷിച്ചിരിക്കുന്ന Pt -Ir കമ്പിയിലെ രണ്ടു അടയാളങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരമായാണ്. 1960 ൽ മീറ്ററിനെ നിർവചിച്ചിരിക്കുന്നതു Krypton ലേസർ ഉത്സർജിക്കുന്ന തരംഗദൈർഘ്യത്തിന്റെ 1.65076373×10^6 ഇരട്ടിയെന്നാണ്. ഇതൊരു ബുദ്ധിമുട്ടിപ്പിക്കുന്ന സംഖ്യയാണെങ്കിലും മീറ്ററിന്റെ നീളം അത് കൃത്യമായി സംരക്ഷിച്ചിരിക്കുന്നു. 1983 ൽ മീറ്ററിനെ CGPM പുനർനിർവചിച്ചു. 1/ 299792458 സെക്കൻഡിൽ ശൂന്യതയിൽ കൂടി പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരത്തെ മീറ്റർ എന്ന് പറയുന്നു. നീളവും മാസും പോലെ മറ്റുള്ള ഭൗതിക പരിമാണങ്ങൾക്കും പ്രമാണ നിലവാരമുണ്ട്.

1.4 അളവുകളിലെ അനിശ്ചിതത്വം (Uncertainty in Measurement)

രസതന്ത്ര പഠനത്തിൽ നിരവധി തവണ പരീക്ഷണാത്മക വിവരങ്ങളും അതുപോലെ സൈദ്ധാന്തിക കണക്കുകൂട്ടലുകളും കൈകാര്യം ചെയ്യേണ്ടതായിട്ടുണ്ട്. സംഖ്യകളെ സൗകര്യപ്രദമായി കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നതിനും വിവരങ്ങൾ പരമാവധി യാഥാർഥ്യനിരൂപിതമായും കൃത്യതയോടെയും അവതരിപ്പിക്കുന്നതിനും അർഥപൂർണമായ മാർഗങ്ങൾ ഉണ്ട്.

ഈ ആശയങ്ങൾ വിശദമായി താഴെ ചർച്ച ചെയ്യുന്നു.

1.4.1 സംഖ്യകളെ സൂചിപ്പിക്കുന്നതിനുള്ള ശാസ്ത്രീയ സമ്പ്രദായം (Scientific Notation)

രസതന്ത്രം ആറ്റങ്ങളുടെയും തന്മാത്രകളുടെയും പഠനമാണ്. അവയുടെ മാസ് നിസ്സാരവും എണ്ണം വളരെ വലുതും ആയിരിക്കും. ഒരു രസതന്ത്രജ്ഞന് 2g ഹൈഡ്രജൻ വാതകത്തിലെ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം സൂചിപ്പിക്കുവാൻ 602, 200,000,000,000,000,000,000 എന്ന വലിയ സംഖ്യയും, ഒരു ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റത്തിന്റെ ഭാരം സൂചിപ്പിക്കാൻ 0.00000000000000000000000166 g എന്ന വളരെ ചെറിയ സംഖ്യയും കൈകാര്യം ചെയ്യേണ്ടതായി വരുന്നു.

അതുപോലെ തന്നെ പ്ലാങ്കിന്റെ സ്ഥിരാങ്കം, പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത, കണങ്ങളുടെ ചാർജ് എന്നിവയിൽ മുകളിൽപ്പറഞ്ഞ വ്യാപ്തിയിലുള്ള സംഖ്യകൾ ഉൾപ്പെടുന്നു.

ധാരാളം പൂജ്യങ്ങളുള്ള സംഖ്യകൾ എഴുതുന്നതും എണ്ണുന്നതും രസകരമെന്ന് ഒരു നിമിഷം തോന്നാം. എങ്കിലും ഇങ്ങനെയുള്ള സംഖ്യകൾ ഉപയോഗിച്ച് ലഘു ഗണിതക്രിയകൾ ചെയ്യുന്നത് ഒരു വെല്ലുവിളി തന്നെയാണ്. മുകളിൽ പറഞ്ഞതരത്തിലുള്ള ഏതെങ്കിലും രണ്ടു സംഖ്യകൾ ഉപയോഗിച്ച് ഏതെങ്കിലും ഒരു ഗണിതക്രിയ ചെയ്ത് നിങ്ങൾക്ക് ഈ വെല്ലുവിളി ഏറ്റെടുക്കാവുന്നതാണ്. അങ്ങനെ ഇത്തരം സംഖ്യകൾ കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നതിലുള്ള ബുദ്ധിമുട്ട് നേരിട്ട് മനസിലാക്കാവുന്നതാണ്.

ഈ പ്രശ്നം പരിഹരിക്കുന്നതിന് വേണ്ടി അത്തരം സംഖ്യകൾക്ക് ശാസ്ത്രീയ പ്രതീകങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു. അതായത് ഏതു സംഖ്യയെയും $N \times 10^n$ എന്ന രൂപത്തിൽ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നു. ഇവിടെ n എന്നത് പോസിറ്റീവോ നെഗറ്റീവോ ആയ വിലയുള്ള കൃതിയും (Exponent) N എന്നത് 1 നും 10 നും ഇടയിലുള്ള സംഖ്യയുമാണ്.

ഈ രീതിയിൽ 232.508 നെ നമുക്ക് 2.32508×10^2 എന്ന ശാസ്ത്രീയ പ്രതീകത്തിൽ എഴുതാം. ഇങ്ങനെ എഴുതുമ്പോൾ ദശാംശ ചിഹ്നം രണ്ടുസ്ഥാനം ഇടത്തേക്ക് മാറ്റുകയും 10 ന്റെ ഘാതം ആയി ഈ 2 കൊടുക്കുകയും വേണം. അതുപോലെ 0.00016 നെ 1.6×10^{-4} എന്നെഴുതാം. ഇവിടെ ദശാംശ ചിഹ്നം നാല് സ്ഥാനം വലത്തേക്ക് മാറ്റേണ്ടതും ഘാതം 4 ആയി നിജപ്പെടുത്തേണ്ടതുമാണ്.

ശാസ്ത്രീയ പ്രതീകത്തിൽ പ്രതിനിധീകരിച്ചിരിക്കുന്ന സംഖ്യകൾ ഗണിതക്രിയക്ക് വിധേയമാക്കുമ്പോൾ താഴെപ്പറയുന്ന കാര്യങ്ങൾ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാണ്.

ഗുണനവും ഹരണവും (Multiplication and Division)

ഘാതസംഖ്യകൾക്കുള്ള അതേ നിയമങ്ങൾ തന്നെയാണ് ഈ ഗണിതക്രിയകൾക്കുള്ളത്. അതായത്,

$$\left(5.6 \times 10^5\right) \times \left(6.9 \times 10^8\right) = \left(5.6 \times 6.9\right)\left(10^{5+8}\right)$$
$$= \left(5.6 \times 6.9\right) \times 10^{13}$$
$$= 38.64 \times 10^{13}$$
$$= 3.864 \times 10^{14}$$

$$(9.8\times10^{-2})\times(2.5\times10^{-6})=(9.8\times2.5)(10^{-2-(-6)})$$
$$=(9.8\times2.5)(10^{-2-6})$$
$$=24.50\times10^{-8}$$
$$=2.450\times10^{-7}$$

$$\frac{2.7\times10^{-3}}{5.5\times10^{4}}=(2.7\div5.5)(10^{-3-4})=0.4909\times10^{-7}$$
$$=4.909\times10^{-8}$$

സങ്കലനവും വ്യവകലനവും (Addition and Subtraction)

ഈ രണ്ട് പ്രവർത്തനത്തിനും ആദ്യം സംഖ്യകൾക്ക് ഒരേ ഘാതം ആണെന്ന് ഉറപ്പ് വരുത്തണം. അതിന് ശേഷം ഗുണകങ്ങളെ (coefficients) കൂട്ടുകയോ കുറയ്ക്കുകയോ ചെയ്യണം.

6.65×10^4 , 8.95×10^3 എന്നിവ കൂട്ടുന്നതിന് ആദ്യം അവയുടെ ഘാതം ഒരേപോലെയാക്കുക.
അതിന് ശേഷം ഈ സംഖ്യകളെ താഴെക്കൊടുത്തിരിക്കുന്നതുപോലെ കൂട്ടാം .

$(6.65 + 0.895)\times10^4 = 7.545\times10^4$

അതുപോലെ രണ്ട് സംഖ്യകളുടെ വ്യവകലനം ശ്രദ്ധിക്കുക.

$2.5\times10^{-2} - 4.8\times10^{-3}$

$= (2.5\times10^{-2}) - (0.48\times10^{-2})$

$= (2.5 - 0.48)\times10^{-2} = 2.02\times10^{-2}$

1.4.2 സാർഥക അക്കങ്ങൾ (Significant Figures)

എല്ലാ പരീക്ഷണാത്മക അളവുകളിലും അതുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ചില അനിശ്ചിതത്വങ്ങൾ ഉണ്ട്. ഇവ അളവിനായുപയോഗിക്കുന്ന ഉപകരണത്തിന്റെ പരിമിതിയോ അളവു നടത്തുന്നയാളിന്റെ കഴിവിനെയോ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും. ഉദാഹരണത്തിന് ഒരു പ്ലാറ്റ്ഫോം ബാലൻസ് ഉപയോഗിച്ച് ഒരു വസ്തുവിന്റെ മാസ്സ് 9.4g എന്നു കിട്ടിയെന്നിരിക്കട്ടെ. ഇതേ വസ്തു ഒരു അനലിറ്റിക്കൽ ബാലൻസ് ഉപയോഗിച്ചപ്പോൾ കിട്ടിയ മാസ്സ് 94213 ആണെങ്കിൽ അനലിറ്റിക്കൽ ബാലൻസിൽ കിട്ടിയ മാസ്സ് പ്ലാറ്റ്ഫോം ബാലൻസിന്റേതിനെക്കാൾ അൽപ്പം കൂടുതലാണെന്നു കാണാം. അതിനാൽ പ്ലാറ്റ്ഫോം ബാലൻസ് ഉപയോഗിച്ചുള്ള അളവിൽ ദശാംശത്തിനുശേഷമുള്ള 4 എന്ന സംഖ്യ അനിശ്ചിതമാണെന്ന് പറയാം.

കണക്കു കൂട്ടിയോ പരീക്ഷണം വഴിയോ കണ്ടുപിടിക്കുന്ന മൂല്യങ്ങളുടെ അനിശ്ചിതത്വം സാർഥക അക്കങ്ങൾ വഴിയാണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. നിശ്ചിതമായി പറയാവുന്ന അർഥപൂർണമായ സംഖ്യകളെയാണ് **സാർഥക അക്കങ്ങൾ** എന്ന് പറയുന്നത്. അനിശ്ചിതത്വം സൂചിപ്പിക്കുന്നത് നിശ്ചിതമായ സംഖ്യകളും അവസാനമായി അനിശ്ചിത സംഖ്യയും എഴുതുന്നതിലൂടെയാണ്. 11.2 mL എന്ന ഫലത്തിൽ 11 എന്നത് നിശ്ചിതവും 2 എന്നത് അനിശ്ചിതവും ആണ്. അവസാന സംഖ്യയിലെ അനിശ്ചിതത്വം ±1 ആണ്. മറ്റൊരു സൂചനയും ഇല്ലെങ്കിൽ അവസാന അക്കത്തിലെ അനിശ്ചിതത്വം ±1 ആണെന്നത് മനസ്സിലാക്കേണ്ടതാണ്.

സാർഥക അക്കങ്ങൾ കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിന് ചില നിയമങ്ങൾ ഉണ്ട്. അവ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

(1) പൂജ്യങ്ങളല്ലാത്ത എല്ലാ അക്കങ്ങളും സാർഥകങ്ങളാണ്. ഉദാഹരണത്തിന് 285 cm ൽ, മൂന്ന് സാർഥക അക്കങ്ങളും 0.25 mL ൽ രണ്ട് സാർഥക അക്കങ്ങളും ഉണ്ട്.

(2) ആദ്യത്തെ പൂജ്യമല്ലാത്ത സംഖ്യക്ക് മുന്നിൽ വരുന്ന പൂജ്യങ്ങൾ സാർഥകങ്ങളല്ല. അത്തരം പൂജ്യങ്ങൾ ദശാംശ ചിഹ്നത്തിന്റെ സ്ഥാനത്തെയാണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. അതുകൊണ്ട് 0.03 എന്ന സംഖ്യക്ക് ഒരു സാർഥക അക്കവും 0.0052 എന്ന സംഖ്യക്ക് രണ്ടു സാർഥക അക്കങ്ങളും ഉണ്ട്.

(3) പൂജ്യമല്ലാത്ത രണ്ടു സംഖ്യകളുടെ ഇടയിൽ വരുന്ന പൂജ്യങ്ങൾ സാർഥകങ്ങളാണ്. അതുകൊണ്ട് 2.005 ൽ നാല് സാർഥക അക്കങ്ങൾ ഉണ്ട്.

(4) ഒരു സംഖ്യയിലെ അവസാന പൂജ്യങ്ങൾ ദശാംശ ചിഹ്നത്തിന് ശേഷമാണ് വരുന്നതെങ്കിൽ അത് സാർഥകമായിരിക്കും. ഉദാഹരണത്തിന് 0.200 എന്ന സംഖ്യയിൽ മൂന്ന് സാർഥക അക്കങ്ങൾ ഉണ്ട്.

    പക്ഷെ ദശാംശ ചിഹ്നമില്ലെങ്കിൽ അവസാനത്തെ പൂജ്യങ്ങൾ സാർഥകമായിരിക്കില്ല. ഉദാഹരണത്തിന് 100 എന്ന സംഖ്യയിൽ ഒരു സാർഥക അക്കമാണുള്ളത്, പക്ഷെ 100. ൽ മൂന്ന് സാർഥക അക്കങ്ങളും , 100.0 ൽ നാല് സാർഥക അക്കങ്ങളും ഉണ്ട്. ഇത്തരത്തിലുള്ള സംഖ്യകളെ ശാസ്ത്രീയ ചിഹ്നങ്ങളുപയോഗിച്ചു പ്രതിനിധാനം ചെയ്യാം. 100 എന്ന സംഖ്യയെ ഒരു സാർഥക അക്കത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ എഴുതിയാൽ 1×10^2 എന്നെഴുതാം. രണ്ടു സാർഥക അക്കങ്ങൾക്കു വേണ്ടി 1.0×10^2 എന്നും , മൂന്നിന് വേണ്ടി 1.00×10^2 എന്നും എഴുതാം.

(5) വസ്തുക്കളെ എണ്ണാനുപയോഗിക്കുന്ന എണ്ണൽ സംഖ്യകൾക്ക് അനന്തമായ സാർഥക അക്കങ്ങൾ ആണുള്ളത്. ഉദാഹരണമായി രണ്ട് പന്തുകൾ ഇരുപത് മുട്ടകൾ എന്നിവ. ഇവയെല്ലാം കൃത്യമായ സംഖ്യകളാണ്. ദശാംശ ചിഹ്നത്തിന് ശേഷം അനന്തമായ പൂജ്യങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് ഇവയെ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യാം.

2 = 2.000000 അല്ലെങ്കിൽ 20 = 20.000000 സംഖ്യകളെ ശാസ്ത്രീയ ചിഹ്നങ്ങളുപയോഗിച്ചാണ് പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നതെങ്കിൽ, എല്ലാ അക്കങ്ങളും സാർഥകമായിരിക്കും. ഉദാഹരണത്തിന്, 4.01×10^2 ൽ മൂന്ന് സാർഥക സംഖ്യകളും 8.256×10^{-3} ൽ നാല് സാർഥക അക്കങ്ങളും ഉണ്ടായിരിക്കും.

എന്നിരുന്നാലും ഈ അളവുകൾ കൃത്യവും സൂക്ഷ്മവുമായിരിക്കാൻ ആരും ആഗ്രഹിക്കും. അളവുകളെക്കുറിച്ചു സൂചിപ്പിക്കുമ്പോൾ എല്ലായ്പ്പോഴും നാം കൃത്യതയും (Accuracy)സൂക്ഷ്മതയും (Precision) പരാമർശിക്കുന്നു.

ഒരു പരിമാണത്തിന്റെ വ്യത്യസ്ത അളവുകളുടെ അടുപ്പമാണ് **സൂക്ഷ്മത** (Precision)എന്നതുകൊണ്ട് ഉദ്ദേശിക്കുന്നത്. എന്നാൽ **കൃത്യത** (Accuracy) എന്നത് യഥാർഥ ഫലത്തോടുള്ള ഒരു അളവിന്റെ ചേർച്ചയാണ്. ഉദാഹരണത്തിന് ഒരു ഫലത്തിന്റെ യഥാർഥ മൂല്യം 2 .00 g ആണെന്നിരിക്കട്ടെ. A എന്ന ഒരു കുട്ടി രണ്ട് അളവുകളുടെ ഫലം 1.95g എന്നും 1.93g എന്നും രേഖപ്പെടുത്തുന്നു. ഈ രണ്ട് മൂല്യങ്ങളും സൂക്ഷ്മമാണെങ്കിലും അവ കൃത്യമല്ല. മറ്റൊരു കുട്ടി പരീക്ഷണം ആവർത്തിച്ചപ്പോൾ കിട്ടിയ അളക്കലുകളുടെ ഫലം 1 .94 g എന്നും 2 .04 g എന്നും ആണ്. ഈ നിരീക്ഷണങ്ങൾ കൃത്യമോ സൂക്ഷ്മമോ അല്ല. മൂന്നാമതൊരുകുട്ടി നടത്തിയ അളവുകളുടെ ഫലം 2 .01 g എന്നും 1 .99 g എന്നും ആണ്. ഈ രണ്ടു ഫലങ്ങളും കൃത്യവും സൂക്ഷ്മവുമാണ്. പട്ടിക 1.4 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന വിവരങ്ങളിൽ നിന്ന് ഇത് കൂടുതൽ വ്യക്തമായി മനസിലാക്കാം.

പട്ടിക 1.4 സൂക്ഷ്മതയും (Precision) കൃത്യതയും (Accuracy) വിവരിക്കുന്ന ദത്തം

	അളവുകൾ/g		
	1	2	ശരാശരി (g)
കുട്ടി A	1.95	1.93	1.940
കുട്ടി B	1.94	2.05	1.995
കുട്ടി C	2.01	1.99	2.000

സാർഥക അക്കങ്ങളുടെ സങ്കലനവും വ്യവകലനവും (Addition and Subtraction of Significant Figures)

സങ്കലന/വ്യവകലന ക്രിയയിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നവയിൽ ദശാംശത്തിനുശേഷം ഏറ്റവും കുറവ് വരുന്ന സംഖ്യയിൽ എത്ര ദശാംശസ്ഥാനങ്ങളാണോ ഉള്ളത്, അത്രയും ദശാംശസ്ഥാനങ്ങളായിരിക്കണം സങ്കലന/വ്യവകലന ക്രിയാഫലത്തിലും ഉണ്ടായിരിക്കേണ്ടത്.

$$\begin{array}{r} 12.11 \\ 18.0 \\ 1.012 \\ \hline 31.122 \end{array}$$

ഇവിടെ 18.0 ൽ ഒരു ദശാംശസ്ഥാനമാണ് ഉള്ളത്. അതിനാൽ ഉത്തരം ഒരു ദശാംശസ്ഥാനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പ്രസ്താവിക്കണം. അതായത് 31.1

സാർഥക അക്കങ്ങളുടെ ഗുണനവും ഹരണവും (Multiplication and Division of Significant Figures)

ഈ ക്രിയകളിൽ ഏറ്റവും കുറച്ചു സാർഥക അക്കങ്ങൾ ഉള്ള സംഖ്യയുടെ (അളവിന്റെ) അക്കങ്ങളുടെ എണ്ണമായിരിക്കണം ഉത്തരത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കേണ്ടത്.

$$2.5\times1.25 = 3.125$$

എന്ന ക്രിയയിൽ 2.5 ൽ രണ്ടു സാർഥക അക്കങ്ങളാണുള്ളത്. അതുകൊണ്ടു ഉത്തരത്തിൽ രണ്ടു സാർഥക അക്കങ്ങളേ പാടുള്ളു. അതായത് 3 .1 .

മുകളിൽ കാണിച്ച ഗണിതക്രിയകളിൽ ഉത്തരങ്ങൾ സാർഥക അക്കങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പരിമിതപ്പെടുത്തുമ്പോൾ താഴെക്കൊടുത്തിരിക്കുന്ന നിർദേശങ്ങൾ ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാണ്.

1. നീക്കം ചെയ്യേണ്ട ഏറ്റവും വലതുവശത്തെ സംഖ്യ അഞ്ചിൽ കൂടുതൽ ആണെങ്കിൽ അതിന് തൊട്ടുമുമ്പിലുള്ള സംഖ്യ ഒന്ന് കൂട്ടിയെഴുതണം. ഉദാഹരണത്തിന്, 1.386 എന്ന സംഖ്യയിൽ നിന്ന് 6 നീക്കണം എന്നുണ്ടെങ്കിൽ എട്ടിനെ ഒൻപതാക്കി മാറ്റണം. അതായത് 1.39 എന്ന രീതിയിൽ മാറ്റണം.
2. നീക്കം ചെയ്യേണ്ട ഏറ്റവും വലതുവശത്തെ സംഖ്യ അഞ്ചിൽ കുറവാണെങ്കിൽ തൊട്ടുമുൻപിലുള്ള സംഖ്യക്ക് മാറ്റം വരുത്തേണ്ടതില്ല. ഉദാഹരണമായി 4.334 എന്ന സംഖ്യയിൽ നാല് നീക്കം ചെയ്യണമെന്നുണ്ടെങ്കിൽ ഉത്തരം 4.33 എന്ന് എഴുതാം.
3. വലതുവശത്തുനിന്നും മാറ്റേണ്ട സംഖ്യ അഞ്ചാണെങ്കിൽ അതിനുതൊട്ടുമുന്നിലുള്ള സംഖ്യ മാറ്റേണ്ടുന്നത് ഇപ്രകാരമായിരിക്കണം. അതൊരു ഒറ്റ സംഖ്യയാണെങ്കിൽ ഒന്ന് കൂട്ടിയെഴുതണം, ഇരട്ട സംഖ്യയാണെങ്കിൽ ആ സംഖ്യ മാറ്റമില്ലാതെ അതുപോലെതന്നെയെഴുതണം. ഉദാഹരണമായി 6.35 എന്ന സംഖ്യ പരിമിതപ്പെടുത്തുമ്പോൾ 6.4 എന്നും 6.25 എന്ന സംഖ്യ 6.2 എന്നും എഴുതണം.

1.4.3 പരിമാണവിശകലനം (Dimensional Analysis)

ഗണിതക്രിയകളിൽ പലപ്പോഴും യൂണിറ്റുകൾ ഒരു സമ്പ്രദായത്തിൽനിന്ന് മറ്റൊന്നിലേക്ക് പരിവർത്തനം ചെയ്യേണ്ടതായിവരാറുണ്ട്. ഇത് നിർവഹിക്കാൻ സാധാരണ ഉപയോഗിക്കുന്ന രീതി **ഘടക ലേബൽ രീതി (factor label method)** അല്ലെങ്കിൽ **യൂണിറ്റ് ഘടകരീതി (unit factor method)** അല്ലെങ്കിൽ

പരിമാണവിശകലനം ആണ്. ഇത് താഴെ വിശദീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഉദാഹരണം

ഒരു കഷണം ലോഹത്തിന്റെ നീളം 3 inch ആണ് (in എന്ന് പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നു). അതിന്റെ നീളം സെന്റിമീറ്ററിൽ എത്രയാണ്?

ഉത്തരം

നമുക്കറിയാം 1 in = 2.54 cm

ഈ തുല്യതയിൽനിന്ന് നമുക്ക് ഇതിനെ ഇങ്ങനെ എഴുതാം.

$$\frac{1\ \text{in}}{2.54\ \text{cm}} = 1 = \frac{2.54\ \text{cm}}{1\ \text{in}}$$

ഈ രണ്ട് ഘടകങ്ങളെയും **യൂണിറ്റ് ഘടകങ്ങൾ** എന്നാണ് പറയുന്നത്. യൂണിറ്റ് ഘടകങ്ങളെ ഏതെങ്കിലും ഒരു സംഖ്യകൊണ്ട് ഗുണിക്കുകയാണെങ്കിൽ അതിന്റെ വിലയ്ക്ക് വ്യത്യാസം വരുന്നതല്ല. മുകളിലെ ചോദ്യത്തിലെ 3 കൊണ്ട് യൂണിറ്റ് ഘടകത്തെ ഗുണിച്ചാൽ,

$$3\ \text{in} = 3\ \text{in} \times \frac{2.54\ \text{cm}}{1\ \text{in}} = 3 \times 2.54\ \text{cm} = 7.62\ \text{cm}$$

ഗുണിക്കേണ്ട യൂണിറ്റ് ഘടകം ഏതാണെന്നു തീരുമാനിക്കുന്നത് നമുക്ക് ഏത് യൂണിറ്റാണ് ലഭിക്കേണ്ടത് എന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ്. ഉദാഹരണമായി ഈ ചോദ്യത്തിൽ നമുക്ക് വേണ്ടത് cm യൂണിറ്റിലെ ഉത്തരം ആണ്. അതുകൊണ്ടുപയോഗിക്കേണ്ട യൂണിറ്റ് ഘടകം $\frac{2.54\ \text{cm}}{1\ \text{in}}$ ആണ്. (ഉത്തരത്തിൽ ആവശ്യമായ യൂണിറ്റ്, അംശത്തിൽ ഉണ്ടായിരിക്കണം)

സംഖ്യകളെ കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നതുപോലെതന്നെ യൂണിറ്റുകളെയും കൈകാര്യം ചെയ്യാം എന്ന് മുകളിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ഉദാഹരണത്തിൽ നിന്ന് മനസിലാക്കാം. അവയെ ഗുണിക്കാനും ഹരിക്കാനും റദ്ദാക്കാനും വർഗീകരിക്കാനും കഴിയും. ഒരുദാഹരണം കൂടി നോക്കാം.

ഉദാഹരണം

ഒരു ജഗ്ഗിൽ രണ്ടു ലിറ്റർ പാൽ ഇരിക്കുന്നു. പാലിന്റെ വ്യാപ്തം m^3 ൽ കണ്ടുപിടിക്കുക.

ഉത്തരം

1 L = 1000 cm^3 ആണെന്ന് നമുക്കറിയാം.

അതുപോലെ 1m = 100 cm. ഇതിൽനിന്ന് നമുക്കെഴുതാവുന്ന യൂണിറ്റ് ഘടകരീതി ആണ്

$$\frac{1\ \text{m}}{100\ \text{cm}} = 1 = \frac{100\ \text{cm}}{1\ \text{m}}$$

മുകളിൽ തന്നിരിക്കുന്ന യൂണിറ്റ് ഘടകങ്ങളിൽ നിന്ന് m^3 ലഭിക്കുവാൻ ആദ്യത്തെ യൂണിറ്റ് ഘടകമാണ് എടുക്കേണ്ടത്.

$$\left(\frac{1\ \text{m}}{100\ \text{cm}}\right)^3 \Rightarrow \frac{1\ \text{m}^3}{10^6\ \text{cm}^3} = (1)^3 = 1$$

ഇപ്പോൾ, 2 L = 2×1000 cm^3

മുകളിൽ തന്നിരിക്കുന്നതിനെ യൂണിറ്റ് ഘടകം കൊണ്ട് ഇതിനെ ഗുണിക്കുക.

$$2 \times 1000\ \text{cm}^3 \times \frac{1\ \text{m}^3}{10^6\ \text{cm}^3} = \frac{2\ \text{m}^3}{10^3} = 2 \times 10^{-3}\ \text{m}^3$$

ഉദാഹരണം

രണ്ടു ദിവസങ്ങളിൽ എത്ര സെക്കൻഡുകൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു?

ഉത്തരം

ഇവിടെ നമുക്കറിയാവുന്നത് ഒരു ദിവസം എന്നാൽ 24 മണിക്കൂർ എന്നതാണ്.

$$\therefore \frac{1\ \text{ദിവസം}}{24\ \text{മണിക്കൂർ}} = 1 = \frac{24\ \text{മണിക്കൂർ}}{1\ \text{ദിവസം}}$$

1 മണിക്കൂർ = 60 മിനിറ്റ്

$$\therefore \frac{1\ \text{മണിക്കൂർ}}{60\ \text{മിനിറ്റ്}} = 1 = \frac{60\ \text{മിനിറ്റ്}}{1\ \text{മണിക്കൂർ}}$$

∴ 1 മിനിറ്റ് = 60 സെക്കൻഡുകൾ

∴ രണ്ടു ദിവസങ്ങൾ =

$$2\ \text{ദിവസം} \times \frac{24\ \text{മണിക്കൂർ}}{1\ \text{ദിവസം}} \times \frac{60\ \text{മിനിറ്റ്}}{1\ \text{മണിക്കൂർ}} \times \frac{60\,s}{1\ \text{മിനിറ്റ്}}$$

$$= 2 \times 24 \times 60 \times 60\ \text{s}$$
$$= 172800\ \text{s}$$

1.5 രാസസംയോജകനിയമങ്ങൾ (Laws of Chemical Combinations)

മൂലകങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്ന് സംയുക്തങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നത് താഴെപ്പറയുന്ന അഞ്ച് നിയമങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ആണ്.

അന്റോയിൻ ലവോയിസിയെ (1743-1794)

1.5.1 ദ്രവ്യസംരക്ഷണനിയമം (Law of Conservation of Mass)

1789 ൽ ആന്റോയിൻ ലവോയിസിയെ (Antoine Lavoisier) എന്ന ഫ്രഞ്ച് ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ് ഈ നിയമം പ്രസ്താവിച്ചത്. ഈ നിഗമനത്തിൽ എത്തിച്ചേരുന്നതിന് അദ്ദേഹം ശ്രദ്ധാപൂർവം ജ്വലനപ്രവർത്തനങ്ങൾ പരീക്ഷിച്ചു. ഒരു പ്രക്രിയ നടക്കുമ്പോൾ ആകെ മാസിൽ യാതൊരു മാറ്റവും വരുന്നില്ല എന്നതായിരുന്നു എല്ലാ ഭൗതികരാസമാറ്റങ്ങളെ

സംബന്ധിച്ചും അദ്ദേഹത്തിന് എത്തിച്ചേരാൻ കഴിഞ്ഞ നിഗമനം. അതായത് ദ്രവ്യം നിർമിക്കാനോ നശിപ്പിക്കാനോ സാധ്യമല്ല എന്നതാണ് ദ്രവ്യ സംരക്ഷണ നിയമം. ഈ നിയമം രസതന്ത്രത്തിൽ പിന്നീട് പല വികാസ പരിണാമങ്ങൾക്കും അടിസ്ഥാനശിലയായി. യഥാർത്ഥത്തിൽ ലവോയിസിയെ ശ്രദ്ധാപൂർവം ആസൂത്രണം ചെയ്ത പരീക്ഷണങ്ങളിൽ അഭികാരകങ്ങളുടെയും ഉത്പന്നങ്ങളുടെയും മാസ് കൃത്യതയോടെ അളന്നതിന്റെ പരിണതഫലമാണ് ഈ നിയമം.

1.5.2 സ്ഥിരാനുപാതനിയമം (Law of Definite Proportion)

ജോസഫ് പ്രൗസ്റ്റ് (Joseph Proust)എന്ന ഫ്രഞ്ച് ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ് ഈ നിയമം കൊണ്ടുവന്നത്. ഈ നിയമപ്രകാരം ഒരു നിശ്ചിത സംയുക്തത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന മൂലകങ്ങളുടെ ഭാരത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലെ അനുപാതം എപ്പോഴും സ്ഥിരമായിരിക്കും.

ജോസഫ് പ്രൗസ്റ്റ് (1754—1826)

കുപ്രിക് കാർബണേറ്റിന്റെ രണ്ടു സാമ്പിളുകളാണ് പ്രൗസ്റ്റ് ഈ പരീക്ഷണത്തിന് ഉപയോഗിച്ചത്. ഒന്ന് പ്രകൃതിദത്തവും മറ്റൊന്ന് കൃത്രിമവും. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നതുപോലെ മൂലകങ്ങളുടെ സംയോഗം (Composition) രണ്ടു സാമ്പിളുകളിലും ഒരുപോലെയാണെന്ന് അദ്ദേഹം കണ്ടെത്തി.

	കോപ്പറിന്റെ ശതമാനം	കോപ്പറിന്റെ ശതമാനം	ഓക്സിജന്റെ ശതമാനം
പ്രകൃതിദത്ത സാമ്പിൾ	51.35	9.74	38.91
കൃത്രിമ സാമ്പിൾ	51.35	9.74	38.91

അതായത് സ്രോതസ് ഏതുതന്നെയായാലും ഒരു സംയുക്തത്തിൽ ഒരേ മൂലകങ്ങൾ ഒരേ അനുപാതത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഈ നിയമത്തിന്റെ സാധുത വിവിധ പരീക്ഷണങ്ങൾ വഴി സ്ഥിരീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. പലപ്പോഴും ഈ നിയമത്തെ സ്ഥിര സംയോഗ നിയമം (Law of definite composition) എന്നും വിളിക്കുന്നു.

1.5.3 ബഹുഅനുപാതനിയമം (Law of Multiple Proportions)

ഈ നിയമം പ്രസ്താവിച്ചത് 1803 ൽ ഡാൽട്ടൻ എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ്. **ഈ നിയമപ്രകാരം രണ്ടു മൂലകങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്ന് ഒന്നിലധികം സംയുക്തങ്ങൾ ഉണ്ടാകുകയാണെങ്കിൽ, അതിൽ ഒരു മൂലകത്തിന്റെ ഒരു നിശ്ചിത മാസുമായി ചേരുന്ന രണ്ടാമത്തെ മൂലകത്തിന്റെ മാസുകൾ ഒരു ലഘു പൂർണ സംഖ്യാനുപാതത്തിൽ ആയിരിക്കും.**

ഉദാഹരണത്തിന് ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും കൂടിച്ചേർന്ന് രണ്ടു സംയുക്തങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു, ജലവും ഹൈഡ്രജൻ പെറോക്സൈഡും.

ഹൈഡ്രജൻ + ഓക്സിജൻ → വെള്ളം

2g 16g 18g

ഹൈഡ്രജൻ + ഓക്സിജൻ →ഹൈഡ്രജൻപെറോക്സൈഡ്

2g 32g 34g

ഇവിടെ 2g ഹൈഡ്രജനുമായി (നിശ്ചിത മാസ്) കൂടിച്ചേരുന്ന ഓക്സിജന്റെ മാസുകൾ തമ്മിലുള്ള അനുപാതം 16 : 32, അതായത് 1 :2 ആണ്.

1.5.4 ഗേ ലൂസ്സാകിന്റെ വാതക വ്യാപ്തനിയമം (Gay Lussac's Law of Gaseous Volumes)

1808 ൽ ഗേ ലൂസ്സാക് ആണ് ഈ നിയമം പ്രസ്താവിച്ചത്. **രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ വാതകങ്ങൾ കൂടിച്ചേരുകയോ ഉണ്ടാകുകയോ ചെയ്യുമ്പോൾ ഒരേ ഊഷ്മാവിലും മർദത്തിലും സാധ്യമാകുന്ന അവയുടെ വ്യാപ്തങ്ങൾ ഒരു ലളിത അനുപാതത്തിൽ ആയിരിക്കും.**

ജോസഫ് ലൂയിസ്/ ഗേ ലൂസ്സാക്

ഈ വിധത്തിൽ 100 mL ഹൈഡ്രജനും 50 mL ഓക്സിജനും കൂടിചേർന്നാൽ 100 mL നീരാവി ലഭിക്കും.

ഹൈഡ്രജൻ + ഓക്സിജൻ → നീരാവി

100 mL 50 mL 100 mL

അതായത് സംയോജനത്തിലേർപ്പെടുന്ന ഹൈഡ്രജന്റെയും ഓക്സിജന്റെയും വ്യാപ്തങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അനുപാതം 100:50; ലളിതാനുപാതം 2:1 ആയിരിക്കും.

ഗേ ലൂസ്സാക് കണ്ടുപിടിച്ച വ്യാപ്തത്തിലെ സംഖ്യാനുപാതബന്ധം യഥാർത്ഥത്തിൽ വ്യാപ്തത്തിന്റെ സ്ഥിരാനുപാതനിയമം ആണ്. നേരത്തെ പ്രസ്താവിച്ച സ്ഥിരാനുപാത നിയമം മാസുമായി ബന്ധപ്പെട്ടതാണ്. 1811 ൽ അവോഗാഡ്രോയുടെ പ്രവർത്തനങ്ങളാണ് ഗേ ലൂസ്സാക്കിന്റെ നിയമത്തെ ശരിയായി വിശദീകരിക്കാൻ സഹായിച്ചത്.

1.5.5 അവൊഗാഡ്രോ നിയമം (Avogadro Law)

1811-ൽ പ്രസ്താവിക്കപ്പെട്ട അവൊഗാഡ്രോ നിയമപ്രകാരം, **തുല്യ വ്യാപ്തമുള്ള വാതകങ്ങൾ ഒരേ ഊഷ്മാവിലും മർദത്തിലും സ്ഥിതിചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ അവയിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന**

തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം തുല്യമായിരിക്കും. നാം ഇപ്പോൾ മനസ്സിലാക്കുന്ന തരത്തിലുള്ള **ആറ്റങ്ങളും തന്മാത്രകളും** കൃത്യമായി വിശദീകരിച്ചത് അവൊഗാഡ്രോ ആണ്. ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും പ്രതിപ്രവർത്തിച്ച് ജലം ഉണ്ടാകുന്ന പ്രവർത്തനത്തിൽ, രണ്ടു വ്യാപ്തം ഹൈഡ്രജൻ ഒരു വ്യാപ്തം ഓക്സിജനുമായി പ്രവർത്തിച്ചു രണ്ടു വ്യാപ്തം ജലബാഷ്പമുണ്ടാകുന്നു. അല്പം പോലും ഓക്സിജൻ ഈ പ്രവർത്തനത്തിൽ അവശേഷിക്കുന്നില്ല.

Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro di Quareqa edi Carreto (1776-1856)

ചിത്രം 1.9 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന ഓരോ ചെറിയ പെട്ടിയിലും തുല്യ എണ്ണം തന്മാത്രകളാണ് ഉള്ളത്. തന്മാത്രകൾ **ബഹുഅറ്റോമിക**മാണെന്നു കണക്കാക്കി മേല്പറഞ്ഞ ഫലം അവൊഗാഡ്രോ വിശദീകരിച്ചു. ഇപ്പോൾ നമുക്കറിയാവുന്നതുപോലെ ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും ദ്വയാറ്റോമികതന്മാത്രകളാണെന്നു കണക്കാക്കിയാൽ മുകളിൽ പറഞ്ഞ കാര്യം എളുപ്പത്തിൽ മനസിലാക്കാം. എങ്കിലും ഡാൽട്ടനും മറ്റുള്ളവരും ആ സമയത്ത് വിശ്വസിച്ചിരുന്നത് ഒരേ തരത്തിലുള്ള ആറ്റങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്നു ഹൈഡ്രജന്റെയോ ഓക്സിജന്റെയോ പോലുള്ള തന്മാത്രകൾ ഉണ്ടാവില്ല എന്നുള്ളതാണ്. അവോഗാഡ്രോയുടെ നിർദേശം പ്രസിദ്ധീകരിക്കപ്പെട്ടത് ഫ്രഞ്ച് ജേർണൽ ആയ **ജേർണൽ ദേ ഫിസിക്സിലാണ് (Journal de Physique).** ശരിയായിരുന്നിട്ടുകൂടി ഈ നിർദേശത്തിന് വലിയ പിന്തുണ ലഭിച്ചില്ല.

അൻപതു വർഷത്തിനുശേഷം, 1860–ൽ രസതന്ത്രത്തിൽ നിലനിന്നിരുന്ന പല പ്രശ്നങ്ങൾക്കും പരിഹാരം കാണാനായി ഒന്നാം അന്താരാഷ്ട്രരസതന്ത്രസമ്മേളനം ജർമനിയിലെ കാൾസ്റൂഹയിൽ (Karslruhe) വച്ച് നടന്നു. ഈ സമ്മേളനത്തിൽ സ്റ്റാനിസ്ലാവോ കന്നിസ്സാറോ (Stanislao Cannizaro) രസതന്ത്ര ദർശനങ്ങളുടെ പരിണാമം വരച്ചുകാട്ടിയപ്പോൾ അവഗാഡ്രോയുടെ പ്രസ്താവനയുടെ പ്രാധാന്യം ഊന്നിപ്പറഞ്ഞു.

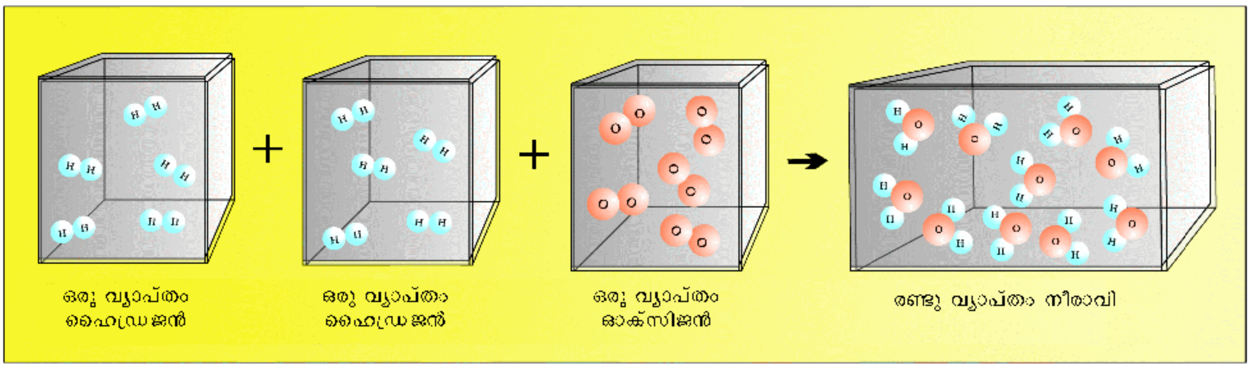
1.6 ഡാൽട്ടന്റെ അറ്റോമിക സിദ്ധാന്തം (Dalton's Atomic Theory)

ഗ്രീക്ക് തത്വചിന്തകനായ ഡെമോക്രീറ്റസിന്റെ (BCE 460-370) കാലംമുതൽക്കുതന്നെ ദ്രവ്യം വിഭജിക്കാൻ കഴിയാത്ത അറ്റോമിയോ (a-tomio) എന്ന കണങ്ങളാൽ നിർമിതമാണ് എന്ന ധാരണ നിലനിന്നിരുന്നുവെങ്കിലും മുകളിൽ പരാമർശിച്ച നിയമങ്ങളിലേക്കു എത്തിച്ചേർന്ന പല പരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നും ഈ സിദ്ധാന്തം വീണ്ടും ഉയർന്നു വന്നു.

ജോൺ ഡാൽട്ടൻ (1776 1884)

1808 ൽ ഡാൽട്ടൻ പ്രസിദ്ധീകരിച്ച 'രസതന്ത്ര ദർശനത്തിലെ ഒരു പുതിയ സമ്പ്രദായം '(A new system of chemical philosophy) എന്ന പ്രസിദ്ധീകരണത്തിൽ താഴെപ്പറയുന്ന കാര്യങ്ങൾ പ്രസ്താവിച്ചു.

1. ദ്രവ്യം നിർമിച്ചിരിക്കുന്നത് അവിഭാജ്യ കണങ്ങളായ ആറ്റങ്ങളാൽ ആണ്.
2. ഒരു മൂലകത്തിന്റെ എല്ലാ ആറ്റങ്ങൾക്കും സമാന മാസ് ഉൾപ്പടെ സമാന ഗുണങ്ങൾ ആയിരിക്കും. വ്യത്യസ്ത മൂലകങ്ങളുടെ ആറ്റങ്ങൾക്ക് വ്യത്യസ്ത മാസുമായിരിക്കും.
3. വ്യത്യസ്ത മൂലകങ്ങളുടെ ആറ്റങ്ങൾ ഒരു നിശ്ചിത അനുപാതത്തിൽ കൂടിച്ചേർന്ന് സംയുക്തങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു.
4. രാസപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ആറ്റങ്ങളുടെ പുനഃക്രമീകരണം നടക്കുന്നു. ഒരു രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ ആറ്റങ്ങൾ നിർമിക്കപ്പെടുകയോ നശിപ്പിക്കപ്പെടുകയോ ചെയ്യുന്നില്ല.



ചിത്രം 1.9 രണ്ടു വ്യാപ്തം ഹൈഡ്രജൻ ഒരു വ്യാപ്തം ഓക്സിജനുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിച്ചു രണ്ടു വ്യാപ്തം നീരാവി ഉണ്ടാകുന്നു.

ഡാൽട്ടന്റെ അറ്റോമികസിദ്ധാന്തത്തിന് രാസ സംയോജകനിയമങ്ങൾ വിശദീകരിക്കാൻ കഴിഞ്ഞു.

1.7 അറ്റോമികമാസും തന്മാത്രാമാസും (Atomic and Molecular Masses)

ആറ്റം, തന്മാത്ര എന്നീ വാക്കുകളെക്കുറിച്ചു ധാരണയായ സ്ഥിതിക്ക് ഇനി നമുക്ക് അറ്റോമിക മാസ് തന്മാത്രാ മാസ് എന്നിവയെക്കുറിച്ചു മനസ്സിലാക്കാം.

1.7.1 അറ്റോമിക മാസ് (Atomic Mass)

ആറ്റങ്ങൾ അതിസൂക്ഷ്മകണങ്ങൾ ആയതിനാൽ അറ്റോമികമാസ് അഥവാ ആറ്റത്തിന്റെ മാസ് വളരെ വളരെ ചെറുതായിരിക്കും. ആറ്റത്തിന്റെ മാസ് വളരെ കൃത്യമായി കണക്കാക്കുന്നതിൽ മാസ് സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പ് പോലുള്ള ആധുനിക ഉപകരണങ്ങൾ ഇന്ന് ലഭ്യമാണ്. എന്നാൽ മുൻപ് സൂചിപ്പിച്ചതുപോലെ പത്തൊൻപതാം നൂറ്റാണ്ടിൽ പരീക്ഷണങ്ങൾ വഴിയാണ് ശാസ്ത്രജ്ഞർ ഒരു ആറ്റത്തിന്റെ **ആപേക്ഷിക** മാസ് മറ്റൊന്നുമായി ബന്ധപ്പെടുത്തി കണ്ടുപിടിച്ചത്. ഏറ്റവും മാസ് കുറവായതിനാൽ ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റത്തിന്റെ (യൂണിറ്റുകൾ ഒന്നും ഇല്ലാതെ) മാസ് ഒന്ന് എന്ന് കണക്കാക്കി മറ്റുള്ള ആറ്റങ്ങൾക്കു ആപേക്ഷികമായി മാസ് നിർണയിക്കുകയാണ് ചെയ്തത്. എന്നാൽ നിലവിൽ 1961 ലെ തീരുമാനമനുസരിച്ച് കാർബൺ -12 നെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയാണ് അറ്റോമികമാസ് നിർണ്ണയിക്കുന്നത്. ഇവിടെ കാർബൺ-12 എന്നത് കാർബണിന്റെ ഐസോടോപ്പുകളിൽ ഒന്നാണ്. ^{12}C എന്നാണ് ഇതിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. ഈ സമ്പ്രദായത്തിൽ ^{12}C എന്ന ആറ്റത്തിന്റെ അറ്റോമികമാസ് 12 അറ്റോമിക മാസ് യൂണിറ്റ് (amu) എന്ന് കൃത്യമായി നിർണയിക്കുകയും മറ്റെല്ലാ ആറ്റങ്ങളുടെ മാസും ഇതിന് ആപേക്ഷികമായി പ്രസ്താവിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഒരു അറ്റോമിക മാസ് യൂണിറ്റ് എന്നതുകൊണ്ട് അർഥമാക്കുന്നത് ഒരു കാർബൺ 12 ആറ്റത്തിന്റെ 1/12 മാസ്സിനെയാണ്.

$$1 \text{ amu} = 1.66056\times10^{24} \text{ g}$$

ഒരു ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റത്തിന്റെ മാസ് $= 1.6736\times10^{24}$ g

അതിനാൽ amu-ൽ ഒരു ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റത്തിന്റെ മാസ്

$$= \frac{1.6736\times10^{24} \text{ g}}{1.66056\times10^{-24} \text{ g}}$$

$$= 1.0078 \text{ amu}$$

$$= 1.0080 \text{ amu}$$

അതുപോലെ ഓക്സിജൻ- 16 (^{16}O) ആറ്റത്തിന്റെ മാസ് 15.995 amu ആയിരിക്കും.

ഇപ്പോൾ, **'amu'** വിന് പകരം **'u'** (**unified mass**) ആണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്.

മൂലകങ്ങളുടെ അറ്റോമിക മാസ്, ഗണിതക്രിയകളിൽ ഉപയോഗിക്കുമ്പോൾ യഥാർഥത്തിൽ നാം ഉപയോഗിക്കുന്നത് മൂലകങ്ങളുടെ ശരാശരി അറ്റോമിക മാസ് ആണ്. അവ എന്താണെന്ന് താഴെ വിശദീകരിക്കുന്നു.

1.7.2 ശരാശരി അറ്റോമിക മാസ് (Average Atomic Mass)

ഒന്നിലധികം ഐസോടോപ്പുകളുടെ രൂപത്തിലാണ് മിക്ക പ്രകൃതിദത്ത മൂലകങ്ങളും കാണപ്പെടുന്നത്. ശരാശരി അറ്റോമികമാസ് കണ്ടുപിടിക്കാൻ ഐസോടോപ്പുകളുടെ ആപേക്ഷിക ലഭ്യത (ലഭ്യതാ ശതമാനം) കണ്ടുപിടിച്ചാൽ മതി.

ഉദാഹരണമായി കാർബണിന്റെ മൂന്ന് ഐസോടോപ്പുകളുടെ ആപേക്ഷിക ലഭ്യതയും മാസും കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഐസോടോപ്പ്	ആപേക്ഷിക ലഭ്യത (%)	അറ്റോമിക മാസ് (amu)
^{12}C	98.892	12
^{13}C	1.108	13.00335
^{14}C	2×10^{-10}	14.00317

മുകളിൽ തന്നിരിക്കുന്ന വിവരങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ കാർബണിന്റെ ശരാശരി അറ്റോമികമാസ് താഴെപ്പറയുന്ന പ്രകാരം കണ്ടുപിടിക്കാം.

$$(0.98892)(12 \text{ u}) + (0.01108)(13.00335 \text{ u}) + (2\times10^{12})(14.00317 \text{ u})$$

$$= 12.011 \text{ u}$$

ഇതുപോലെ തന്നെ മറ്റുള്ള മൂലകങ്ങളുടെ ശരാശരി അറ്റോമികമാസ് കണ്ടുപിടിക്കാവുന്നതാണ്. ആവർത്തനപട്ടികയിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന മൂലകങ്ങളുടെ അറ്റോമികമാസ് യഥാർത്ഥത്തിൽ അവയുടെ ശരാശരി അറ്റോമികമാസ് ആണ്.

1.7.3 തന്മാത്രാമാസ് (Molecular Mass)

ഒരു തന്മാത്രയിലെ ആറ്റങ്ങളുടെ അറ്റോമികമാസുകളുടെ ആകെ തുകയാണ് തന്മാത്രാമാസ്. ഇതു കണ്ടുപിടിക്കാൻ ഓരോ മൂലകത്തിന്റേയും അറ്റോമിക മാസിനെ അതിന്റെ ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണം കൊണ്ട് ഗുണിച്ചതിനുശേഷം അവ കൂട്ടിയെഴുതിയാൽ മതി. ഉദാഹരണത്തിന് ഒരു കാർബൺ ആറ്റവും നാല് ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റവുമുള്ള മീഥെയ്ന്റെ തന്മാത്രാ മാസ് താഴെ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന വിധം കണ്ടുപിടിക്കാം.

മീഥെയ്‌ന്റെ (CH_4) തന്മാത്രാ മാസ്

= (12.011 u) + 4 (1.008 u)

= 16.043 u

അതുപോലെ ജലത്തിന്റെ (H_2O) തന്മാത്രാ മാസ്

= 2 × ഹൈഡ്രജന്റെ അറ്റോമിക മാസ് + 1 × ഓക്സിജന്റെ അറ്റോമിക മാസ്

= 2 (1.008 u) + 16.00 u

= 18.02 u

ചോദ്യം 1.1

ഗ്ലൂക്കോസിന്റെ ($C_6H_{12}O_6$) തന്മാത്രാമാസ് കണ്ടുപിടിക്കുക.

ഉത്തരം

ഗ്ലൂക്കോസ് തന്മാത്രയുടെ തന്മാത്രാമാസ്

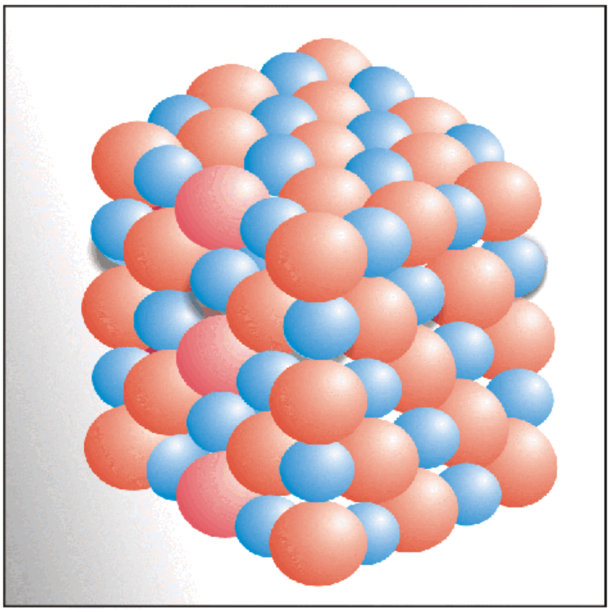
= 6(12.011 u) + 12(1.008 u) + 6(16.00 u)

= (72.066 u) + (12.096 u) + (96.00 u)

= 180.162 u

1.7.4 രാസസൂത്രമാസ് (Formula Mass)

സോഡിയം ക്ലോറൈഡ് പോലുള്ള പദാർഥങ്ങളിൽ വേറിട്ടുനിലകൊള്ളുന്ന തന്മാത്രകൾ അടങ്ങിയിട്ടില്ല. അത്തരത്തിലുള്ള പദാർഥങ്ങളിൽ പോസിറ്റീവ് (സോഡിയം) അയോണുകളും നെഗറ്റീവ് (ക്ലോറൈഡ്) അയോണുകളും ത്രിമാനതലത്തിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. (ചിത്രം 1.10)



ചിത്രം 1.10 സോഡിയം ക്ലോറൈഡിൽ Na^+, Cl^- എന്നീ അയോണുകളുടെ സങ്കലിതം.

സോഡിയം ക്ലോറൈഡിൽ, ഒരു സോഡിയം അയോണിന് ചുറ്റും ആറ് ക്ലോറൈഡ് അയോണുകളും ഒരു ക്ലോറൈഡ് അയോണിന് ചുറ്റും ആറ് സോഡിയം അയോണുകളും കാണപ്പെടുന്നു. തന്മാത്രാരൂപത്തിൽ കാണപ്പെടാത്തതുകൊണ്ട് തന്മാത്രാമാസിനുപകരം സോഡിയം ക്ലോറൈഡ് പോലുള്ള പദാർഥങ്ങളുടെ NaCl എന്ന സൂത്രം ഉപയോഗിച്ചാണ് രാസസൂത്രമാസ് കണ്ടുപിടിക്കുന്നത്.

അതുകൊണ്ട്, സോഡിയം ക്ലോറൈഡിന്റെ രാസസൂത്രമാസ് = സോഡിയത്തിന്റെ അറ്റോമിക മാസ് + ക്ലോറിന്റെ അറ്റോമിക മാസ്.

= 23.0 u + 35.5 u = 58.5 u

1.8 മോൾ സങ്കല്പനവും മോളാർ മാസും (Mole concept and Molar Masses)

ആറ്റങ്ങളും തന്മാത്രകളും തീരെ ചെറുതാണ്. ഏതൊരു പദാർഥത്തിന്റെയും വളരെ ചെറിയ അളവിൽ പോലും ഉള്ള കണികകളുടെ എണ്ണം വലുതാണ്. ഇത്തരത്തിലുള്ള വലിയ സംഖ്യകൾ കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നതിന് സമാനവ്യാപ്തിയിലുള്ള യൂണിറ്റുകൾ ആവശ്യമാണ്.

ഒരു ഡസൻ 12 എണ്ണത്തെയും ഒരു സ്കോർ 20 എണ്ണത്തെയും ഒരു ഗ്രോസ്സ് 144 എണ്ണത്തെയും സൂചിപ്പിക്കുന്നതുപോലെ സൂക്ഷ്മതലത്തിലെ വസ്തുക്കളുടെ (അതായത് ആറ്റങ്ങൾ, തന്മാത്രകൾ, കണികകൾ, ഇലക്ട്രോണുകൾ, അയോണുകൾ തുടങ്ങിയവ) എണ്ണം കണക്കാക്കാൻ മോൾ എന്ന ആശയം ഉപയോഗിക്കുന്നു.

SI സമ്പ്രദായത്തിൽ ഏഴാമത്തെ അടിസ്ഥാന യൂണിറ്റായി പദാർഥങ്ങളുടെ അളവ് കണക്കാക്കാൻ മോൾ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

12 g (അല്ലെങ്കിൽ 0.012kg) ^{12}C ഐസോടോപ്പിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണത്തിന് തുല്യം കണികകൾ അടങ്ങിയ ഒരു പദാർഥത്തിന്റെ അളവിനെ അതിന്റെ ഒരു മോൾ എന്നു പറയുന്നു. പദാർഥം ഏതു തന്നെ ആയിരുന്നാലും ഒരു മോളിലെ കണികകളുടെ എണ്ണം തുല്യം ആയിരിക്കുന്നു എന്നത് പ്രത്യേകം ഊന്നിപ്പറയേണ്ട ഒരു കാര്യമാണ്. ഈ സംഖ്യ കൃത്യമായി കണ്ടുപിടിക്കാൻ **C-12** ആറ്റത്തിന്റെ മാസ് 1.992648×10^{-23} g എന്ന് **മാസ് സ്പെക്ട്രോമീറ്റർ** ഉപയോഗിച്ച് കണ്ടുപിടിച്ചു. ഒരു മോൾ കാർബണിന് **12 g** മാസ് ഉള്ളതിനാൽ ഇതിലെ ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണം താഴെപ്പറയും പ്രകാരം കണ്ടുപിടിക്കാം.

ഒരു മോൾ കാർബൺ-12 ലെ ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണം

$$= \frac{12\,g/mol\ ^{12}C}{1.992648 \times 10^{-23}\,g/^{12}C\,atom}$$

$$= 6.0221367 \times 10^{23}\ atoms/mol$$

ഒരു മോളിൽ ഉൾക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന കണികകളുടെ ഈ എണ്ണം വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ട സംഖ്യ ആയതിനാൽ പ്രത്യേക പേരും ചിഹ്നവും നൽകിയിരിക്കുന്നു. അമേഡിയോ അവോഗാഡ്രോയുടെ ബഹുമാനാർഥം ഈ സംഖ്യ അറിയപ്പെടുന്നത് **അവോഗാഡ്രോ സംഖ്യ** എന്നും പ്രതീകം N_A എന്നുമാണ്. ഈ സംഖ്യയുടെ വലിപ്പം മനസിലാക്കാൻ ഘാതരൂപത്തിലല്ലാതെ ഇങ്ങനെ എഴുതാം.

602213670000000000000000

അതായത് ഇത്രയും കണികകൾ (ആറ്റങ്ങൾ, തന്മാത്രകൾ, ഇലക്ട്രോണുകൾ, മറ്റു കണികകൾ) ഒരു മോൾ പദാർഥത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

ഒരു മോൾ ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റങ്ങൾ എന്ന് പറയുന്നത് $= 6.022 \times 10^{23}$ ആറ്റങ്ങൾ ആണ്.

ഒരു മോൾ ജല തന്മാത്രകൾ എന്നത് 6.022×10^{23} തന്മാത്രകൾ ആണ്.

ചിത്രം 1.11 ഒരു മോൾ വിവിധ പദാർഥങ്ങൾ

ഒരു മോൾ സോഡിയം ക്ലോറൈഡ് എന്നത് 6.022×10^{23} ഫോർമുല യൂണിറ്റുകൾ ആണ്.

ഒരു മോളിനെ നിർവചിച്ച സ്ഥിതിക്ക് ഒരു മോൾ പദാർഥത്തിന്റെ മാസ് കണ്ടുപിടിക്കുക എന്നത് വളരെ എളുപ്പമാണ്. **ഒരു മോൾ പദാർഥത്തിന്റെ മാസ് ഗ്രാമിൽ പറയുന്നതിനെ അതിന്റെ മോളാർ മാസ് എന്ന് പറയുന്നു.** മോളാർ മാസ് ഗ്രാമിൽ സൂചിപ്പിക്കുന്ന സംഖ്യയും അറ്റോമിക/തന്മാത്രാ/ഫോർമുല മാസ് യൂണിഫൈഡ് മാസിൽ (u) സൂചിപ്പിക്കുന്ന സംഖ്യയും തുല്യമാണ്.

ജലത്തിന്റെ മോളാർ മാസ് $= 18.02\ g\ mol^{-1}$

സോഡിയം ക്ലോറൈഡിന്റെ മോളാർ മാസ് $= 58.5\,g\,mol^{-1}$

1.9 സംയോജക ശതമാനം (Percentage Composition)

നാം ഇതുവരെ, തന്നിരിക്കുന്ന ഒരു വസ്തുവിലെ ഘടകകണങ്ങളുടെ എണ്ണത്തെപ്പറ്റി പ്രതിപാദിക്കുകയായിരുന്നു. പക്ഷെ, പലപ്പോഴും ഒരു സംയുക്തത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന മൂലകത്തിന്റെ സംയോജക ശതമാനം നമുക്കാവശ്യമായി വരും. ഒരു പുതിയ സംയുക്തം നിങ്ങൾക്ക് നൽകുന്നു എന്ന് കരുതുക. ഉടനെ നിങ്ങൾ ചോദിക്കുന്നത് അതിന്റെ രാസസൂത്രം എന്താണെന്നായിരിക്കും. അല്ലെങ്കിൽ, അതിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ എന്തൊക്കെ എന്നോ, അത് ഏത് അനുപാതത്തിൽ ആണെന്നോ ആയിരിക്കും. നമുക്കറിയാവുന്ന ഒരു സംയുക്തമാണെങ്കിൽപോലും മുകളിൽ ചോദിച്ച ചോദ്യങ്ങളുടെ ഉത്തരം അറിയുന്നത് ആ സംയുക്തത്തിന്റെ പരിശുദ്ധി പരിശോധിക്കാൻ നമ്മെ സഹായിക്കും. മറ്റൊരുതരത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ, ഒരു സംയുക്തത്തിന്റെ പരിശുദ്ധി പരിശോധിക്കാൻ മൂലകങ്ങളുടെ സംയോഗ ശതമാനം നമ്മെ സഹായിക്കും.

ജലം (H_2O) ഒരു ഉദാഹരണമായി എടുത്തുകൊണ്ട് നമുക്കിത് മനസിലാക്കാം. ഇതിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നത് ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും ആണെന്ന് നമുക്കറിയാം. അവയുടെ സംയോജക ശതമാനം താഴെപ്പറയുന്ന രീതിയിൽ കണ്ടുപിടിക്കാം.

മൂലകത്തിന്റെ മാസ് ശതമാനം =

$$\frac{\text{ഒരു മോൾ സംയുക്തത്തിൽ ആ മൂലകത്തിന്റെ മാസ്} \times 100}{\text{സംയുക്തത്തിന്റെ മോളാർ മാസ്}}$$

ജലത്തിന്റെ മോളാർ മാസ് $= 18.02\ g$

ഹൈഡ്രജന്റെ മാസ് ശതമാനം $= \frac{2 \times 1.008}{18.016} \times 100$

$= 11.19$

ഓക്സിജന്റെ മാസ് ശതമാനം $= \frac{16.00}{18.016} \times 100$

$= 88.81$

ഒരുദാഹരണം കൂടി പരിശോധിക്കാം. എഥനോളിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന കാർബൺ, ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ എന്നിവയുടെ സംയോഗ ശതമാനം എത്രയെന്നു കണ്ടുപിടിക്കുക?

എഥനോളിന്റെ മോളാർ മാസ് : $(2 \times 12.01 + 6 \times 1.008 + 1 \times 16.00)\ g$

$= 46.068\ g$

കാർബണിന്റെ മാസ് ശതമാനം

$$= \frac{24.02\ g}{46.068\ g} \times 100 = 52.14\%$$

ഹൈഡ്രജന്റെ മാസ് ശതമാനം

$$= \frac{6.048\ g}{46.068\ g} \times 100 = 13.13\%$$

ഓക്സിജന്റെ മാസ് ശതമാനം

$$= \frac{16.00\ g}{46.068\ g} \times 100 = 34.73\%$$

മാസിന്റെ ശതമാനക്രിയ മനസ്സിലാക്കിയ സ്ഥിതിക്ക് ഇനി നമുക്ക് സംയോഗ ശതമാനത്തിൽ നിന്ന് എന്തൊക്കെ വിവരം ലഭിക്കുമെന്ന് നോക്കാം.

1.9.1 പ്രയോഗാധിഷ്ഠിത സൂത്രവാക്യവും തന്മാത്രാസൂത്രവാക്യവും (Empirical Formula and Molecular Formula)

ഒരു സംയുക്തത്തിന്റെ ഒരു തന്മാത്രയിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന വിവിധ ആറ്റങ്ങളുടെ ലഘുപൂർണസംഖ്യാ അനുപാതത്തെയാണ് പ്രയോഗാധിഷ്ഠിത സൂത്രവാക്യം (empirical formula) സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. ഒരു സംയുക്തത്തിന്റെ ഒരു തന്മാത്രയിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന വിവിധ ആറ്റങ്ങളുടെ യഥാർഥ എണ്ണത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്നതാണ് തന്മാത്രാസൂത്രവാക്യം.

ഒരു സംയുക്തത്തിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന വിവിധ മൂലകങ്ങളുടെ സംയോഗ ശതമാനം അറിയാമെങ്കിൽ അതിന്റെ പ്രയോഗാധിഷ്ഠിത സൂത്രവാക്യം കണ്ടുപിടിക്കാവുന്നതാണ്. സംയുക്തത്തിന്റെ മോളാർ മാസ് അറിയാമെങ്കിൽ അതിന്റെ തന്മാത്രാസൂത്രവാക്യം കണ്ടുപിടിക്കാം. താഴെത്തന്നിരിക്കുന്ന ഉദാഹരണത്തിൽ നിന്ന് ഇത് മനസിലാക്കാം.

ചോദ്യം 1.2

ഒരു സംയുക്തത്തിൽ 4.07% ഹൈഡ്രജനും 24.27% കാർബണും 71.65% ക്ലോറിനും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. അതിന്റെ മോളാർ മാസ് 98.96g ആണ്. ഈ സംയുക്തത്തിന്റെ പ്രയോഗാധിഷ്ഠിത സൂത്രവാക്യവും തന്മാത്രാസൂത്രവാക്യവും കണ്ടുപിടിക്കുക?

ഉത്തരം

ഘട്ടം 1 . മാസ്ശതമാനത്തെ ഗ്രാമിലേക്ക് മാറ്റൽ.

മാസ് ശതമാനമുള്ള സ്ഥിതിക്ക് സംയുക്തത്തിന്റെ 100 g തുടക്കത്തിൽ എടുക്കുന്നത് ഉചിതമായിരിക്കും. അതായത് 100 g സംയുക്തത്തിൽ 4.07g ഹൈഡ്രജനും 24.27g കാർബണും 71.65g ക്ലോറിനും അടങ്ങിയിരിക്കും.

ഘട്ടം 2. മൂലകത്തിന്റെ മോൾ എണ്ണത്തിലേക്കുള്ള മാറ്റം

മുകളിൽ കിട്ടിയ വിവിധ മൂലകങ്ങളുടെ മാസിനെ അവയുടെ അറ്റോമികമാസ് കൊണ്ട് ഹരിക്കുക.

ഹൈഡ്രജന്റെ മോൾ $= \frac{4.07\ g}{1.008\ g} = 4.04$

കാർബണിന്റെ മോൾ $= \frac{24.27\ g}{12.01\ g} = 2.021$

ക്ലോറിന്റെ മോൾ $= \frac{71.65\ g}{35.453\ g} = 2.021$

ഘട്ടം 3. മുകളിൽ കിട്ടിയ മോൾ മൂല്യത്തെ അതിലെ ഏറ്റവും ചെറിയ സംഖ്യ കൊണ്ട് ഹരിക്കുക.

ഏറ്റവും ചെറിയ സംഖ്യ 2.021 ആയതിനാൽ ഹരിക്കുമ്പോൾ H:C:Cl ന് കിട്ടുന്ന അനുപാതം 2:1 :1 ആയിരിക്കും. കിട്ടുന്ന അനുപാതം പൂർണസംഖ്യ അല്ല എന്നുണ്ടെങ്കിൽ ഉചിതമായ ഗുണകം കൊണ്ട് ഗുണിക്കുക.

ഘട്ടം 4. മൂലകങ്ങളുടെ പ്രതീകങ്ങൾ എഴുതിയതിന് ശേഷം അനുപാതസംഖ്യകൾ എഴുതി പ്രയോഗാധിഷ്ഠിത സൂത്രവാക്യം സൂചിപ്പിക്കാം.

മുകളിൽ തന്ന സംയുക്തത്തിന്റെ പ്രയോഗാധിഷ്ഠിത സൂത്രവാക്യം CH_2Cl ആയിരിക്കും.

ഘട്ടം 5. തന്മാത്രാസൂത്രം എഴുതൽ

(a) പ്രയോഗാധിഷ്ഠിത സൂത്രവാക്യമാസ് കണ്ടുപിടിക്കൽ

പ്രയോഗാധിഷ്ഠിത സൂത്രവാക്യത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന വിവിധ ആറ്റങ്ങളുടെ അറ്റോമിക മാസുകൾ കൂട്ടുക.

CH_2Cl, ന്റെ പ്രയോഗാധിഷ്ഠിത സൂത്രവാക്യമാസ്

$12.01 + 2 \times 1.008 + 35.453$

$= 49.48\ g$

(b) മോളാർ മാസിനെ പ്രയോഗാധിഷ്ഠിത സൂത്രവാക്യ മാസ് കൊണ്ട് ഹരിക്കുക.

$$\frac{\text{മോളാർ മാസ്}}{\text{പ്രയോഗാധിഷ്ഠിത സൂത്രവാക്യമാസ്}} = \frac{98.96g}{49.48g}$$

$$= 2 = (n)$$

(c) മുകളിൽ കിട്ടിയ n കൊണ്ട് പ്രയോഗാധിഷ്ഠിത സൂത്രവാക്യത്തെ ഗുണിച്ചാൽ തന്മാത്രാസൂത്രവാക്യം ലഭിക്കും. പ്രയോഗാധിഷ്ഠിത സൂത്രവാക്യം= CH_2Cl, $n = 2$.

തന്മാത്രാസൂത്രവാക്യം $C_2H_4Cl_2$

1.10 രാസസമീകരണമിതിയും രാസസമീകരണമിതീയ ഗണിതക്രിയകളും (Stoichiometry and Stoichiometric Calculations)

സ്റ്റോയ്ക്കിയോമെട്രി എന്ന വാക്ക് ഉത്ഭവിച്ചത് സ്റ്റോക്കിയോൺ (Stoicheion)(മൂലകം എന്നർത്ഥം), മെട്രോൺ (metron) (അളവ് എന്നർത്ഥം) എന്നീ രണ്ട് ഗ്രീക്ക് പാദങ്ങളിൽ നിന്നാണ്.

ഒരു രാസപ്രവർത്തനത്തിലെ അഭികാരകങ്ങളുടേയും

ഉത്പന്നങ്ങളുടേയും മാസുകളുടെയോ വ്യാപ്ത ങ്ങളുടെയോ കണക്കുകൂട്ടലുകളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട താണ് രാസസമീകരണമിതി. ഒരു രാസപ്രവർത്തനം നടത്തുവാനാവശ്യമായ അഭികാരകങ്ങളുടെ അളവ് അല്ലെങ്കിൽ നിർമിക്കപ്പെടുന്ന ഉത്പന്നങ്ങളുടെ അളവ് എന്നിവ കണ്ടുപിടിക്കുന്നതിനു മുൻപ് ഒരു സമീകൃത രാസ സമവാക്യത്തിൽ നിന്ന് എന്തൊക്കെ വിവരങ്ങൾ ലഭിക്കുന്നു എന്ന് നോക്കാം. മീഥെയ്ൻ വാതകത്തിന്റെ ജ്വലന പ്രവർത്തനത്തിന്റെ സമീകൃത രാസസമവാക്യം താഴെകൊടുത്തിരിക്കുന്നത് ശ്രദ്ധിക്കുക.

$$CH_4\ (g) + 2O_2\ (g) \rightarrow CO_2\ (g) + 2\ H_2O\ (g)$$

ഇവിടെ മീഥെയ്ൻ, ഡൈഓക്സിജൻ എന്നിവ അഭികാരകങ്ങളും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ്, ജലം എന്നിവ ഉത്പന്നങ്ങളും ആണ്. ഈ രാസപ്രവർത്ത നത്തിൽ എല്ലാ അഭികാരകങ്ങളും ഉത്പന്നങ്ങളും വാതകങ്ങൾ ആണ്. അവയുടെ തന്മാത്രാ സൂത്രത്തിന് ശേഷം ബ്രാക്കറ്റിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്ന (g) ഇത് സൂചിപ്പി ക്കുന്നു. അതുപോലെ ഖരം, ദ്രാവകം എന്നിവ സൂചിപ്പി ക്കാൻ (s), (l) എന്നിവ യഥാക്രമം ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ഡൈഓക്സിജന്റേയും ജലത്തിന്റേയും ഗുണകങ്ങൾ 2 ആണ്. ഇതിനെ രാസസമീകരണമിതി ഗുണകങ്ങൾ എന്ന് പറയുന്നു. അതുപോലെ മീഥെയ്ൻ, കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് എന്നിവയുടെ ഗുണകങ്ങൾ ഒന്നാണ്. ഗുണകങ്ങൾ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നത് എത്ര തന്മാത്രകൾ (അല്ലെങ്കിൽ മോളുകൾ) രാസപ്രവർത്തന ത്തിൽ പങ്കെടുക്കുന്നു അല്ലെങ്കിൽ രൂപപ്പെടുന്നു എന്നതിനെയാണ്.

മുകളിൽ തന്നിരിക്കുന്ന രാസപ്രവർത്തനപ്രകാരം;

- ഒരു **മോൾ** മീഥെയ്ൻ രണ്ടു മോൾ ഡൈഓക്സി ജനുമായി പ്രവർത്തിച്ച് ഒരു **മോൾ** കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡും രണ്ടു **മോൾ** ജലവും തരുന്നു.

  ഒരു മീഥെയ്ൻ **തന്മാത്ര** രണ്ടു ഡൈഓക്സിജൻ തന്മാത്രയുമായി പ്രവർത്തിച്ച് ഒരു കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് **തന്മാത്ര**യും രണ്ടു ജലതന്മാ ത്രയും തരുന്നു.

22.7 ലിറ്റർ മീഥെയ്ൻ 45.4 ലിറ്റർ ഡൈഓക്സിജനുമായി പ്രവർത്തിച്ച് 22.7 ലിറ്റർ കാർബൺഡൈഓക് സൈഡ് വാതകവും 45.4 ലിറ്റർ ജലവും തരുന്നു.

- 16 g മീഥെയ്ൻ 2×32 g ഡൈഓക്സിജനുമായി പ്രവർത്തിച്ച് 44 g കാർബൺഡൈഓക്സൈഡ് വാതകവും 2×18 g ജലവും തരുന്നു.

മുകളിൽ തന്നിരിക്കുന്ന വിവരങ്ങളിൽ നിന്ന് താഴെ പറയുന്നതരത്തിലുള്ള ഒരു ബന്ധം നമുക്കുണ്ടാക്കാം.

മാസ് ⇌ മോളുകൾ ⇌ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം

$$\frac{\text{മാസ്}}{\text{വ്യാപ്തം}} = \text{സാന്ദ്രത}$$

രാസസമവാക്യങ്ങളുടെ സമീകരണം

ദ്രവ്യസംരക്ഷണ നിയമമനുസരിച്ച് ഒരു സമീകൃത (balanced) രാസസമവാക്യത്തിൽ ഇരുവശത്തും ഓരോ മൂലകത്തിന്റേയും ഒരേ എണ്ണം ആറ്റങ്ങൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. മിക്ക രാസസമവാക്യങ്ങളെയും പരിശോ ധനയിലൂടെയും പിഴവിലൂടെയും (Trial and Error) സമതുലിതമാക്കാം. ലോഹങ്ങളും അലോഹങ്ങളും ഓക്സിജനുമായി പ്രവർത്തിച്ചു ഓക്സൈഡുകൾ തരുന്ന ചില രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ പരിശോധിക്കാം.

$4\ Fe(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s)$ (a) സമീകൃതസമവാക്യം

$2\ Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2MgO(s)$ (b) സമീകൃതസമവാക്യം

$P_4(s) + O_2\ (g) \rightarrow P_4O_{10}(s)$ (c) അസമീകൃതസമവാക്യം

സമവാക്യങ്ങളുടെ ഓരോ വശത്തും ലോഹ/ഓക്സിജൻ ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണം തുല്യം ആയതിനാൽ സമവാക്യങ്ങൾ (a), (b) എന്നിവ സമീകൃതമാണ്. എന്നാൽ സമവാക്യം (c) സമീകൃതം അല്ല. ഈ സമവാക്യ ത്തിൽ ഫോസ്ഫറസ് ആറ്റങ്ങൾ സമീകൃതമാണ്. പക്ഷെ ഓക്സിജൻ ആറ്റങ്ങൾ അങ്ങനെയല്ല. അതു സമീകൃതമാക്കുന്നതിന്, സമവാക്യത്തിന്റെ ഇടതുവശത്തുള്ള ഓക്സിജന് ഗുണകമായി 5 നൽകണം. തത്ഫലമായി വലതുഭാഗത്തെ ഓക്സിജൻ ആറ്റങ്ങൾ സമീകൃതമാകുന്നു.

$P_4(s) + 5O_2(g) \rightarrow P_4O_{10}(s)$ സമീകൃത സമവാക്യം

ഇനി നമുക്ക് പ്രോപ്പെയ്നിന്റെ(C_3H_8)ജ്വലനം പരിശോധിക്കാം. ഈ സമവാക്യം ഘട്ടം ഘട്ടമായി സമീകരിക്കാം.

ഘട്ടം 1. അഭികാരകങ്ങളുടെയും ഉൽപന്നങ്ങളുടെയും ശരിയായ സൂത്രവാക്യങ്ങൾ എഴുതുക. ഇവിടെ പ്രൊപ്പെയ്നും ഓക്സിജനും അഭികാരകങ്ങളും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡും വെള്ളവും ഉൽപന്ന ങ്ങളുമാണ്.

$C_3H_8(g) + O_2(g) \rightarrow CO_2\ (g) + H_2O(l)$ അസമീകൃതസമവാക്യം.

ഘട്ടം 2. കാർബൺ ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണം സമീകൃതമാക്കുക. അഭികാരകങ്ങളിൽ 3 കാർബൺ ആറ്റങ്ങളുള്ള സ്ഥിതിക്ക് വലതുഭാഗത്തു 3 കാർബൺഡൈഓക്സൈഡ് തന്മാത്രകൾ ആവശ്യമാണ്.

$C_3H_8\ (g) + O_2\ (g) \rightarrow 3CO_2\ (g) + H_2O\ (l)$

ഘട്ടം 3. ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണം സമീകരിക്കുക. ഇടതുവശത്ത് 8 ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റങ്ങൾ ഉണ്ട്. വലതുവശത്തു ഒരു ജലതന്മാത്രയിൽ രണ്ടു ഹൈഡ്രജൻ അറ്റങ്ങൾ ഉണ്ട്. അതിനാൽ വലതുവശത്തു നാല് ജലതന്മാത്രകൾ ആവശ്യമായി വരും.

$$C_3H_8\ (g) + O_2\ (g) \rightarrow 3CO_2\ (g) + 4H_2O\ (l)$$

ഘട്ടം 4. ഓക്സിജൻ ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണം സമീകരിക്കുക: വലതുഭാഗത്ത് പത്ത് ഓക്സിജൻ ആറ്റങ്ങൾ ഉണ്ട്. ($3 \times 2 = 6$, CO_2 ൽ $4 \times 1 = 4$ ജലത്തിൽ). അതിനാൽ പത്ത് ഓക്സിജൻ ആറ്റത്തിന് അഞ്ച് O_2 തന്മാത്രകൾ ആവശ്യമാണ്.

$$C_3H_8\ (g) + 5O_2\ (g) \rightarrow 3CO_2\ (g) + 4H_2O\ (l)$$

ഘട്ടം 5. അവസാന സമവാക്യത്തിൽ ഓരോ മൂലകവും സമീകൃതമാണ് എന്ന് ഉറപ്പ് വരുത്തുക. സമവാക്യത്തിൽ ഓരോ ഭാഗത്തും മൂന്ന് കാർബൺ ആറ്റങ്ങൾ, എട്ട് ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റങ്ങൾ, പത്ത് ഓക്സിജൻ ആറ്റങ്ങൾ എന്നിവ കാണുന്നു. എല്ലാ സമവാക്യങ്ങളും അവയിൽ ശരിയായ അഭികാരകങ്ങളും ഉത്പന്നങ്ങളുമുണ്ടെങ്കിൽ സമീകരിക്കാം. അഭികാരകങ്ങളുടേയും ഉത്പന്നങ്ങളുടേയും സൂത്രവാക്യങ്ങളിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന കീഴ്കുറിപ്പുകൾ മാറ്റാൻ കഴിയില്ലെന്ന് ഓർക്കുക.

ചോദ്യം 1.3

16 g മീഥെയ്ൻ ജ്വലനം നടത്തിയാൽ ലഭിക്കുന്ന ജലത്തിന്റെ അളവ് ഗ്രാമിൽ കണ്ടുപിടിക്കുക?

ഉത്തരം

മീഥെയ്ൻ ജ്വലനത്തിന്റെ സമീകൃത രാസസമവാക്യം താഴെ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

$$CH_4\ (g) + 2O_2\ (g) \rightarrow CO_2\ (g) + 2H_2O\ (g)$$

(i) 16 g മീഥെയ്ൻ 1 മോളിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

(ii) മുകളിൽ തന്നിരിക്കുന്ന സമവാക്യപ്രകാരം ഒരു മോൾ മീഥെയ്ൻ രണ്ടു മോൾ ജലം തരുന്നു.

ജലത്തിന്റെ 2 മോൾ $(H_2O) = 2 \times (2+16)$

$= 2 \times 18 = 36$ g

ഒരു മോൾ $H_2O = 18\ g\ H_2O \Rightarrow \frac{18\ g\ H_2O}{1\ mol\ H_2O} = 1$

അതിനാൽ 2 മോൾ $H_2O \times \frac{18\ g\ H_2O}{1\ mol\ H_2O}$

$= 2 \times 18\ g\ H_2O = 36\ g\ H_2O$

ചോദ്യം 1.4

22 g കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് ലഭിക്കാൻ വേണ്ടി എത്ര മോൾ മീഥെയ്ൻ വാതകം ജ്വലനത്തിനു വിധേയമാക്കണം എന്ന് കണ്ടുപിടിക്കുക?

ഉത്തരം

രാസസമവാക്യം

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

പ്രകാരം 16g മീഥെയ്നിൽ നിന്ന് 44 g കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് ലഭിക്കുന്നു.

(എന്തുകൊണ്ടെന്നാൽ ഒരു മോൾ മീഥെയ്നിൽ നിന്ന് ഒരു മോൾ $CO_{2(g)}$ ലഭിക്കുന്നു.)

$CO_{2(g)}$-വിന്റെ മോൾ $= 22\ g\ CO_2\ (g) \times \frac{1\ mol\ CO_2\ (g)}{44\ g\ CO_2\ (g)}$

$= 0.5\ mol\ CO_2\ (g)$

അതുകൊണ്ട് 0.5 മോൾ മീഥെയ്നിൽ നിന്ന് 0.5 മോൾ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് കിട്ടുന്നു. അല്ലെങ്കിൽ 22 g കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് നിർമിക്കുവാൻ 0.5 മോൾ മീഥെയ്ൻ ആവശ്യമാണ്.

1.10.1 സീമാന്ത അഭികാരകം (Limiting Reagent)

പലപ്പോഴും സമീകൃത സമവാക്യം പ്രകാരമുള്ള അളവിൽ അഭികാരകങ്ങൾ ഇല്ലെങ്കിലും രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ നടക്കുന്നുണ്ട്. അത്തരം അവസരങ്ങളിൽ ഒരു അഭികാരകം മറ്റുള്ളവയെ അപേക്ഷിച്ചു കൂടുതൽ ആയിരിക്കാം. കുറഞ്ഞ അളവിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന അഭികാരകം ആദ്യം തീർന്നു പോവുകയും രാസപ്രവർത്തനം നിലയ്ക്കുകയും ചെയ്യും. തുടർന്ന്, മറ്റുള്ള അഭികാരകങ്ങൾ എത്ര കൂടുതൽ അവശേഷിച്ചാലും രാസപ്രവർത്തനം നടക്കുകയില്ല. അതിനാൽ, ആദ്യം തീർന്നുപോകുന്ന അഭികാരകം ഉണ്ടാകുന്ന ഉല്പന്നത്തിന്റെ അളവിനെ നിയന്ത്രിക്കുന്നു. ആ അഭികാരകത്തെ **സീമാന്ത അഭികാരകം അഥവാ നിയന്ത്രിത അഭികാരകം** എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

രാസസമീകരണമിതി ഗണിതക്രിയകൾ ചെയ്യുമ്പോൾ ഈ പറഞ്ഞ കാര്യം മനസിൽ സൂക്ഷിക്കേണ്ടതാണ്.

ചോദ്യം 1.5

50.0 kg $N_{2(g)}$, 10.0kg $H_{2(g)}$ എന്നിവ ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന $NH_{3(g)}$ യുടെ അളവ് കണക്കാക്കുക? ഈ സാഹചര്യത്തിൽ പ്രസ്തുത രാസപ്രവർത്തനത്തിലെ നിയന്ത്രിതാഭികാരകം ഏതെന്ന് കണ്ടുപിടിക്കുക?

ഉത്തരം

മുകളിൽ പറഞ്ഞിരിക്കുന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ

സമീകൃത സമവാക്യം താഴെക്കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

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

N_2 ന്റെ മോൾ

$$= 50.0 \text{ kg } N_2 \times \frac{1000 \text{ g } N_2}{1 \text{ kg } N_2} \times \frac{1 \text{ mol } N_2}{28.0 \text{ g } N_2}$$

$= 1.786 \times 10^2$ mol

H_2 ന്റെ മോൾ

$$= 10.00 \text{ kg } H_2 \times \frac{1000 \text{ g } H_2}{1 \text{ kg } H_2} \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2.016 \text{ g } H_2}$$

$= 4.96 \times 10^3$ mol

മുകളിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന സമവാക്യം അനുസരിച്ച് 1 മോൾ N_2 ന് 3 മോൾ H_2 ആവശ്യമാണ്. അങ്ങനെയെങ്കിൽ 17.86×10^2 മോൾ N_2 ന് ആവശ്യമായ H_2 മോൾ

$$17.86 \times 10^2 \text{ mol } N_2 \times \frac{3 \text{ mol } H_2(g)}{1 \text{ mol } N_2(g)}$$

$= 5.36 \times 10^3$ mol H_2

പക്ഷെ ഇവിടെ 4.96×10^3 മോൾ H_2 മാത്രമേയുള്ളു. അതിനാൽ H_2 ആണ് ഇവിടുത്തെ സീമാന്ത അഭികാരകം. അതുകൊണ്ട് 4.96×10^3 മോൾ H_2 ന് ആനുപാതികമായ അമോണിയ മാത്രമേ നിർമിക്കപ്പെടൂ.

3 മോൾ H_2 2 മോൾ NH_3 തരുന്നതിനാൽ

4.96×10^3 മോൾ H_2 തരുന്ന NH_3 =

$$4.96 \times 10^3 \text{ mol } H_2(g) \times \frac{2 \text{ mol } NH_3(g)}{3 \text{ mol } H_2(g)}$$

$= 3.30 \times 10^3$ mol NH_3 (g)

3.30×10^3 mol NH_3 (g) ലഭിക്കുന്നു.

ലഭിച്ചിരിക്കുന്ന ഉത്തരത്തെ ഗ്രാമിലേക്ക് മാറ്റാം.

1 mol NH_3 (g) = 17.0 g NH_3 (g)

$$3.30 \times 10^3 \text{ mol } NH_3(g) \times \frac{17.0 \text{ g } NH_3(g)}{1 \text{ mol } NH_3(g)}$$

$= 3.30 \times 10^3 \times 17$ g NH_3 (g)

$= 56.1 \times 10^3$ g NH_3

$= 56.1$ kg NH_3

1.10.2 ലായനിയിലെ രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ (Reactions in Solutions)

പരീക്ഷണശാലയിലെ ഭൂരിഭാഗം രാസപ്രവർത്തനങ്ങളും ലായനിയിലാണ് (Solution) നടക്കുന്നത്. അതിനാൽ ഒരു വസ്തു ലായനിയിൽ ആയിരിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ അളവ് പ്രസ്താവിക്കുന്ന രീതി മനസിലാക്കേണ്ടതുണ്ട്. ഒരു ലായനിയുടെ ഗാഢത അല്ലെങ്കിൽ തന്നിരിക്കുന്ന വ്യാപ്തത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന പദാർഥത്തിന്റെ അളവ് താഴെ തന്നിരിക്കുന്ന രീതികളിൽ പ്രകടിപ്പിക്കാം.

1. മാസിന്റെ ശതമാനം അല്ലെങ്കിൽ ഭാരത്തിന്റെ ശതമാനം (w/w %) (Mass percentage or weight percentage)
2. മോൾ ഭിന്നം (Mole fraction)
3. മൊളാരിറ്റി (Molarity)
4. മൊളാലിറ്റി (Molality)

ഓരോന്നും വിശദമായി പഠിക്കാം

1. മാസ്ശതമാനം (Mass percentage)

താഴെത്തന്നിരിക്കുന്ന ബന്ധം വഴി മാസ്ശതമാനം കണ്ടുപിടിക്കാം

$$\text{മാസ് ശതമാനം} = \frac{\text{ലീനത്തിന്റെ മാസ്}}{\text{ലായനിയുടെ മാസ്}} \times 100$$

ചോദ്യം 1.6

2g മാസുള്ള A എന്ന പദാർഥം 18g ജലവുമായി ചേർത്തുണ്ടാക്കിയ ലായനിയിലെ ലീനത്തിന്റെ മാസ് ശതമാനം കണ്ടുപിടിക്കുക.

ഉത്തരം

$$\text{A യുടെ മാസ് ശതമാനം} = \frac{\text{A യുടെ മാസ്}}{\text{ലായനിയുടെ മാസ്}} \times 100$$

$$= \frac{2\text{g}}{2\text{g A} + 18\text{g ജലം}} \times 100$$

$$= \frac{2\text{ g}}{20\text{ g}} \times 100$$

= 10 %

2. മോൾ ഭിന്നം (Mole Fraction)

ഒരു ലായനിയിലെ ഒരു പ്രത്യേക ഘടകത്തിന്റെ മോളുകളുടെ എണ്ണവും അതിലെ ആകെ ഘടകങ്ങളുടെ മോളുകളുടെ എണ്ണവും തമ്മിലുള്ള അനുപാതത്തെ മോൾ ഭിന്നം എന്ന് പറയുന്നു. 'A' എന്ന പദാർഥം 'B' എന്ന മറ്റൊരു വസ്തുവിൽ ലയിക്കുകയും n_A, n_B എന്നിവ യഥാക്രമം അവയുടെ മോളുകളുടെ എണ്ണവും ആണെങ്കിൽ A യുടെയും B യുടെയും മോൾ ഭിന്നം

താഴെ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

A യുടെ മോൾ ഭിന്നം =

$$\frac{\text{A യുടെ മോളുകളുടെ എണ്ണം}}{\text{ലായനിയിലെ ആകെ മോളുകളുടെ എണ്ണം}}$$

$$= \frac{n_A}{n_A + n_B}$$

B യുടെ മോൾ ഭിന്നം =

$$\frac{\text{B യുടെ മോളുകളുടെ എണ്ണം}}{\text{ലായനിയിലെ ആകെ മോളുകളുടെ എണ്ണം}}$$

$$= \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

3. മൊളാരിറ്റി (Molarity)

ഏറ്റവും വ്യാപകമായി ഉപയോഗിക്കുന്ന യൂണിറ്റാണ് മോളാരിറ്റി. M എന്ന അക്ഷരമുപയോഗിച്ച് ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നു. മൊളാരിറ്റി എന്നത് ഒരു ലിറ്റർ ലായനിയിൽ എത്ര മോൾ ലീനം ഉണ്ട് എന്നതിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. അതായത്;

$$\text{മൊളാരിറ്റി (M)} = \frac{\text{ലീനത്തിന്റെ മോളുകളുടെ എണ്ണം}}{\text{ലായനിയുടെ വ്യാപ്തം ലിറ്ററിൽ}}$$

NaOH ന്റെ 1 M ലായനി ഉണ്ടെന്ന് കരുതുക. നമുക്കതിൽ നിന്ന് 0.2 M ലായനി തയ്യാറാക്കണമെന്നിരിക്കട്ടെ.

1 M NaOH എന്ന് പറയുന്നത് 1 മോൾ NaOH ഒരു ലിറ്റർ ലായനിയിൽ ലയിപ്പിച്ചതാണ്. 0.2 M ലായനിക്ക് 0.2 മോൾ NaOH ഒരു ലിറ്റർ ലായനിയിൽ ലയിപ്പിക്കേണ്ടതുണ്ട്.

അതിനാൽ നമുക്ക് 0.2 മോൾ NaOH എടുത്ത് ഒരു ലിറ്റർ ലായനിയാക്കി മാറ്റേണ്ടതുണ്ട്.

ഇനി 1M NaOH ലായനിയുടെ എത്ര വ്യാപ്തം എടുത്താലാണ് 0.2 മോൾ NaOH കിട്ടുന്നത് എന്ന് എങ്ങനെ കണ്ടുപിടിക്കാം എന്ന് നോക്കാം.

1 മോൾ 1 L അല്ലെങ്കിൽ 1000 mL ൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു എങ്കിൽ

0.2 മോൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നത് =

$$\frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ mol}} \times 0.2 \text{ mol}$$

$$= 200 \text{ mL}$$

അതായതു 1M NaOH ൽ നിന്ന് 200 mL എടുത്ത് ആവശ്യത്തിന് ജലം ചേർത്ത് നേർപ്പിച്ച് ഒരു ലിറ്റർ ആക്കി മാറ്റുക.

യഥാർഥത്തിൽ ഇത്തരം കണക്കുകൂട്ടലുകൾക്ക് താഴെ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ ഒരു പൊതുസമവാക്യം ഉപയോഗിക്കാവുന്നതാണ്.

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

ഇവിടെ M , V എന്നത് മോളാരിറ്റിയും വ്യാപ്തവും ആണ്.

ഇവിടെ M_1 0.2; V_1 = 1000 mL , M_2 = 1.0; V_2 ആണ് കണ്ടുപിടിക്കേണ്ടത്.

$$0.2 \text{ M} \times 1000 \text{ mL} = 1.0 \text{ M} \times V_2$$

$$\therefore V_2 = \frac{0.2 \text{ M} \times 1000 \text{ mL}}{1.0 \text{ M}} = 200 \text{ mL}$$

200 mL NaOH ലായനിയിൽ 0.2 മോൾ NaOH അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഇവിടെ പ്രത്യേകം ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടത് 1000 mL ലായനിയായി ഇത് നേർപ്പിച്ചപ്പോഴും NaOH ന്റെ അളവിന് മാറ്റം വന്നിട്ടില്ല എന്നുള്ളതാണ്. കാരണം ലായകത്തിന്റെ അളവാണ് മാറ്റിയത്, ലീനം അതുപോലെ നിലനിൽക്കുന്നു. പക്ഷെ ഗാഢത എന്താണെന്ന് ശ്രദ്ധിക്കേണ്ടതാണ്.

ചോദ്യം 1.7

4g NaOH ജലത്തിൽ ലയിപ്പിച്ചു 250mL ലായനിയാക്കി മാറ്റുമ്പോൾ ലഭിക്കുന്ന ലായനിയുടെ മൊളാരിറ്റി കണ്ടുപിടിക്കുക?

ഉത്തരം

മൊളാരിറ്റി (M)

$$= \frac{\text{ലീനത്തിന്റെ മോളുകളുടെ എണ്ണം}}{\text{ലായനിയുടെ വ്യാപ്തം ലിറ്ററിൽ}}$$

$$= \frac{\text{NaOH ന്റെ മാസ്/ NaOH ന്റെ മോളാർ മാസ്}}{0.250 \text{ L}}$$

$$= \frac{4 \text{ g} / 40 \text{ g}}{0.250 \text{ L}} = \frac{0.1 \text{ mol}}{0.250 \text{ L}}$$

$= 0.4 \text{ mol L}^{-1}$

$= 0.4$ M

പ്രത്യേകം അറിഞ്ഞിരിക്കേണ്ടത് ഒരു ലായനിയുടെ മൊളാരിറ്റി താപനിലയുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു എന്നുള്ളതാണ്. കാരണം വ്യാപ്തം താപനിലയുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

4. മോളാലിറ്റി (Molality)

ഒരു കിലോഗ്രാം ലായകത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ലീനത്തിന്റെ മോളുകളുടെ എണ്ണത്തെ മോളാലിറ്റി എന്ന് പറയുന്നു. m എന്ന അക്ഷരം ഉപയോഗിച്ച് ഇതിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

$$\text{മൊളാലിറ്റി (m)} = \frac{\text{ലീനത്തിന്റെ മോളുകളുടെ എണ്ണം}}{\text{ലായകത്തിന്റെ മാസ് കിലോഗ്രാമിൽ}}$$

ചോദ്യം 1.8

3 M NaCl ലായനിയുടെ സാന്ദ്രത 1.25 g mL^{-1} ആണ് എങ്കിൽ ലായനിയുടെ മോളാലിറ്റി കണ്ടുപിടിക്കുക.

ഉത്തരം

M = 3 mol L^{-1}

ഒരു ലിറ്റർ ലായനിയിലെ NaCl ന്റെ മാസ്

= 3 × 58.5 = 175.5 g

ഒരു ലിറ്റർ ലായനിയുടെ മാസ്

1L solution = 1000 × 1.25 = 1250 g

(എന്തെന്നാൽ സാന്ദ്രത = 1.25 g mL^{-1})

ലായനിയിലെ ജലത്തിന്റെ മാസ് = 1250 –175.5

= 1074.5 g

$$\text{മൊളാലിറ്റി (m)} = \frac{\text{ലീനത്തിന്റെ മോളുകളുടെ എണ്ണം}}{\text{ലായകത്തിന്റെ മാസ് കിലോഗ്രാമിൽ}}$$

$$= \frac{3 \text{ mol}}{1.0745 \text{ kg}}$$

= 2.79 m

മിക്കപ്പോഴും രസതന്ത്രപരീക്ഷണശാലയിൽ ഉയർന്ന ഗാഢതയുള്ള ലായനിയിൽ നിന്ന് നമുക്കാവശ്യമുള്ള ഗാഢതയുള്ള ലായനി തയാറാക്കുന്നു. ഉയർന്ന ഗാഢതയുള്ള ലായനിയെ ശേഖരിതലായനി (stock solution) എന്ന് പറയുന്നു. താപനില മാറുന്നതിനനുസരിച്ചു മാസ് മാറുന്നില്ല. അതുകൊണ്ട് താപനില മാറുന്നതിനനുസരിച്ച് മൊളാലിറ്റി മാറുന്നില്ല എന്ന കാര്യം പ്രത്യേകം ശ്രദ്ധിക്കണം.

സംഗ്രഹം

നാം ഇന്ന് മനസ്സിലാക്കുന്ന രസതന്ത്രം അത്ര പുരാതനമായ ഒരു വൈജ്ഞാനിക ശാഖയല്ല. പുരാതന ഇന്ത്യക്കാർക്ക് പല ശാസ്ത്ര പ്രതിഭാസങ്ങളെയും സംബന്ധിച്ച് അറിവുണ്ടായിരുന്നു. ജീവിതത്തിന്റെ വിവിധ തുറകളിൽ അവർ ആ അറിവ് പ്രയോഗിച്ചിട്ടുണ്ട്.

രസതന്ത്രപഠനം വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ടതാണ് എന്ന് പറയാൻ കാരണം ജീവിതത്തിന്റെ സർവമേഖലകളെയും അതുൾക്കൊള്ളുന്നു എന്നതാണ്. രസതന്ത്രജ്ഞർ പദാർഥങ്ങളുടെ ഗുണങ്ങളും ഘടനയും അവയ്ക്കുണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങളും പഠിക്കുന്നു. എല്ലാ പദാർഥങ്ങളിലും ദ്രവ്യം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു, അവയ്ക്ക് ഖരം, ദ്രാവകം, വാതകം എന്നീ അവസ്ഥകളിൽ നിലനിൽക്കാൻ കഴിയും. ദ്രവ്യത്തിന്റെ ഈ അവസ്ഥകളിൽ അവയുടെ അടിസ്ഥാന കണങ്ങൾ വ്യത്യസ്തരീതിയിൽ ചേർന്നിരിക്കുകയും സവിശേഷഗുണങ്ങൾ പ്രകടിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ദ്രവ്യത്തെ മൂലകങ്ങൾ, സംയുക്തങ്ങൾ, മിശ്രിതങ്ങൾ എന്നിങ്ങനെ വർഗീകരിക്കാം. ഒരു മൂലകത്തിൽ ഒരു തരത്തിലുള്ള കണങ്ങൾ മാത്രം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. അത് **ആറ്റങ്ങളോ തന്മാത്രകളോ** ആകാം. സംയുക്തങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നത് രണ്ടോ അതിലധികമോ മൂലകങ്ങളുടെ ആറ്റങ്ങൾ ഒരു നിശ്ചിതാനുപാതത്തിൽ പരസ്പരം കൂടിച്ചേർന്നിട്ടാണ്. നമുക്ക് ചുറ്റും കാണപ്പെടുന്ന പദാർഥങ്ങൾ മിക്കവയും മിശ്രിതങ്ങൾ ആണ്.

പദാർഥങ്ങളുടെ ഗുണങ്ങൾ പ്രതിപാദിക്കുമ്പോൾ അളവ് എന്നത് അവശ്യം വേണ്ടുന്നതാണ്. ഗുണങ്ങളെ അളക്കുമ്പോൾ നമുക്ക് അളവിന്റെ ഒരു സമ്പ്രദായം ആവശ്യമായി വരികയും അതോടൊപ്പം ആ അളവ് ആവിഷ്കരിക്കാൻ ഒരു യൂണിറ്റ് വേണ്ടിവരികയും ചെയ്യുന്നു. ധാരാളം അളവുസമ്പ്രദായങ്ങൾ നിലവിലുണ്ടെങ്കിലും ഇംഗ്ലീഷ് സമ്പ്രദായവും മെട്രിക്സമ്പ്രദായവും ആണ് വ്യാപകമായി ഉപയോഗിക്കുന്നത്. ശാസ്ത്രസമൂഹം പക്ഷെ , ഒരു പൊതുഏകീകൃതസമ്പ്രദായം ലോകത്താകമാനം അംഗീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ചുരുക്കി അതിനെ SI യൂണിറ്റുകൾ (International System of Units)എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

അളക്കൽ എന്നത് ദത്തത്തിന്റെ രേഖപ്പെടുത്തൽ ആണ്. ഇതിലെപ്പോഴും ഒരു അനിശ്ചിതത്വം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. അളക്കുമ്പോൾ കിട്ടുന്ന ദത്തങ്ങളുടെ ശരിയായ കൈകാര്യം ചെയ്യൽ പ്രധാനപ്പെട്ടതാണ്. രസതന്ത്രത്തിൽ പരിമാണങ്ങളുടെ അളക്കൽ 10^{-31} മുതൽ 10^{23} വരെ വളരെ വിസ്തൃതമായ അളവിൽ വ്യാപിച്ചുകിടക്കുന്നു. അതിനാൽ അക്കങ്ങളുടെ പ്രതിനിധാനത്തിനു **ശാസ്ത്രീയചിഹ്നങ്ങൾ** ഉപയോഗിക്കുന്നു. അനിശ്ചിതത്വം കണക്കാക്കുന്നത് നിരീക്ഷണങ്ങളിലെ **സാർഥകഅക്കങ്ങൾ** വ്യക്തമാക്കിയിട്ടാണ്. **പരിമാണവിശകലനം**, അളന്ന പരിമാണങ്ങളെ വ്യത്യസ്ത സമ്പ്രദായങ്ങളിലെ യൂണിറ്റുകളിൽ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യാൻ സഹായിക്കുന്നു. അതിനാൽ ഒരു സമ്പ്രദായത്തിലെ യൂണിറ്റുകളെ മറ്റൊരു സമ്പ്രദായത്തിലെ യൂണിറ്റുകളാക്കി മാറ്റാൻ സാധ്യമാണ്.

വ്യത്യസ്ത ആറ്റങ്ങളുടെ കൂടിച്ചേരലുകൾ രാസസംയോജനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനനിയമങ്ങൾക്ക് വിധേയമാണ്. **ദ്രവ്യസംരക്ഷണനിയമം, സ്ഥിരാനുപാതനിയമം, ബഹുലാനുപാതനിയമം, ഗേ ലൂസ്സാക്കിന്റെ വാതക വ്യാപ്തനിയമം, അവോഗാഡ്രോ നിയമം എന്നിവയാണ് ഇവ. എല്ലാ നിയമങ്ങളും നയിച്ചത് ഡാൽട്ടന്റെ അറ്റോമിക സിദ്ധാന്തത്തിലേക്കാണ്.** ഈ സിദ്ധാന്തം പറയുന്നത് ദ്രവ്യത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനനിർമാണ ഘടകങ്ങൾ ആറ്റങ്ങൾ ആണ് എന്നാണ്. ഒരു മൂലകത്തിന്റെ അറ്റോമികമാസ് പ്രസ്താവിക്കുന്നത് C-12 ഐസോടോപ്പിന് ആപേക്ഷികമായാണ്. അതിന്റെ യഥാർത്ഥ അറ്റോമികമാസ് 12 u ആണ്. ഒരു മൂലകത്തിനുപയോഗിക്കുന്ന അറ്റോമികമാസ് സാധാരണ **ശരാശരി അറ്റോമികമാസ്** ആയിരിക്കും. അത് ലഭിക്കുന്നത് ആ മൂലകത്തിന്റെ വ്യത്യസ്ത ഐസോടോപ്പുകളുടെ പ്രകൃതിദത്തമായ ലഭ്യതയിൽ നിന്നാണ്. ഒരു തന്മാത്രയുടെ തന്മാത്രാമാസ് എന്നത് അതിലെ ആറ്റങ്ങളുടെ അറ്റോമികമാസുകളുടെ ആകെ തുകയാണ്. ഒരു സംയുക്തത്തിലെ വ്യത്യസ്ത മൂലകങ്ങളുടെ മാസ് ശതമാനവും തന്മാത്രാമാസും അറിയാമെങ്കിൽ അതിന്റെ **തന്മാത്രാസൂത്രം** കണ്ടുപിടിക്കാവുന്നതാണ്.

ഒരു വ്യൂഹത്തിലെ ആറ്റങ്ങൾ, തന്മാത്രകൾ, മൗലികകണങ്ങൾ എന്നിവയുടെ എണ്ണം സൂചിപ്പിക്കാൻ **അവോഗാഡ്രോ സ്ഥിരസംഖ്യ** ഉപയോഗിക്കുന്നു (6.022×10^{23}). ഇത് ആ കണികകളുടെ **1 mol** എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

രാസപ്രവർത്തനം സൂചിപ്പിക്കുന്നത് വ്യത്യസ്തമൂലകങ്ങൾക്കും സംയുക്തങ്ങൾക്കും ഉണ്ടാകുന്ന രാസമാറ്റമാണ്. ഒരു **സമീകൃതരാസസമവാക്യം** ധാരാളം വിവരങ്ങൾ തരുന്നു. ഗുണകങ്ങൾ ഒരു രാസപ്രവർത്തനത്തിലെ മോൾ അനുപാതത്തെയും അതിലെ കണങ്ങളുടെ എണ്ണത്തെയും സൂചിപ്പിക്കുന്നു. രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ ആവശ്യമായി വരുന്ന അഭികാരകങ്ങളുടെയും നിർമിക്കപ്പെടുന്ന ഉത്പന്നങ്ങളുടെയും പരിമാണാത്മകമായ പഠനമാണ് **രാസസമീകരണമിതി.** രാസസമീകരണമിതി ഗണിതക്രിയകൾ ഉപയോഗിച്ച് ഒരു പ്രത്യേക അളവ് ഉല്പന്നം നിർമിക്കാനാവശ്യമായ ഒന്നോ അതിലധികമോ അഭികാരകങ്ങളുടെ അളവ് കണ്ടുപിടിക്കാം. അതുപോലെ തിരിച്ചും. ഒരു നിശ്ചിത വ്യാപ്തം ലായനിയിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ലീനത്തിന്റെ അളവ് പലരീതിയിൽ പ്രസ്താവിക്കാം. ഉദാഹരണത്തിന് മാസ് ശതമാനം, മോൾഭിന്നം, മൊളാരിറ്റി, മൊളാലിറ്റി എന്നിവ.

പരിശീലനചോദ്യങ്ങൾ

1.1 താഴെത്തന്നിരിക്കുന്നവയുടെ മോളാർമാസ് കണ്ടുപിടിക്കുക.

(i) H_2O (ii) CO_2 (iii) CH_4

1.2 സോഡിയം സൾഫേറ്റിൽ (Na_2SO_4) അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന വിവിധ മൂലകങ്ങളുടെ മാസ് ശതമാനം കണ്ടുപിടിക്കുക.

1.3 അയണിന്റെ ഒരു ഓക്സൈഡിൽ 69.9%അയണും 30.1% ഡൈഓക്സിജനും മാസ് അടിസ്ഥാനത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു എങ്കിൽ അതിന്റെ പ്രയോഗാധിഷ്ഠിത സൂത്രവാക്യം (empirical formula) കണ്ടുപിടിക്കുക.

1.4 താഴെക്കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയിൽ ഉല്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെ അളവ് കണ്ടുപിടിക്കുക.

(i) ഒരു മോൾ കാർബൺ വായുവിൽ കത്തിച്ചാൽ

(ii) ഒരു മോൾ കാർബൺ 16 g ഡൈഓക്സിജനിൽ കത്തിച്ചാൽ

(iii) രണ്ടു മോൾ കാർബൺ 16 g ഡൈഓക്സിജനിൽ കത്തിച്ചാൽ

1.5 സോഡിയം അസെറ്റേറ്റിന്റെ (CH_3COONa) 500 mL 0.375 മോളാർ ജലീയലായനി ഉണ്ടാക്കാൻ ആവശ്യമായ സോഡിയം അസെറ്റേറ്റിന്റെ മാസ് കണ്ടുപിടിക്കുക. സോഡിയം അസെറ്റേറ്റിന്റെ മോളാർ മാസ് 82.0245 g mol^{-1}.

1.6 ഒരു നൈട്രിക് ആസിഡ് ലായനിയുടെ നൈട്രിക് ആസിഡ് മാസ് ശതമാനം 69 ഉം, സാന്ദ്രത 1.41 g mL^{-1} ഉം ആണെങ്കിൽ ആ ലായനിയുടെ ഗാഢത mol L^{-1} ൽ കണ്ടുപിടിക്കുക.

1.7 100 g കോപ്പർസൽഫേറ്റിൽ നിന്ന് ($CuSO_4$) എത്ര ഗ്രാം കോപ്പർ ലഭിക്കും?

1.8 ഒരു അയൺ ഓക്സൈഡിൽ 69.9% അയണും 30.1% ഓക്സിജനും (മാസ് %) ഉണ്ടെങ്കിൽ അതിന്റെ തന്മാത്രാസൂത്രവാക്യം കണ്ടുപിടിക്കുക.

1.9 ക്ലോറിന്റെ ശരാശരി അറ്റോമിക മാസ് താഴെത്തന്നിരിക്കുന്ന ദത്തത്തിൽ നിന്ന് കണ്ടുപിടിക്കുക.

	പ്രകൃതിദത്ത ലഭ്യത %	**അറ്റോമികമാസ്**
^{35}Cl	75.77	34.9689
^{37}Cl	24.23	36.9659

1.10 മൂന്ന് മോൾ ഈഥെയ്നിൽ (C_2H_6) താഴെ തന്നിരിക്കുന്നവ കണ്ടുപിടിക്കുക.

(i) കാർബൺ ആറ്റങ്ങളുടെ മോളുകളുടെ എണ്ണം.

(ii) ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റങ്ങളുടെ മോളുകളുടെ എണ്ണം

(iii) ഈഥെയ്ൻ തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം

1.11 20g പഞ്ചസാര ($C_{12}H_{22}O_{11}$) ഉപയോഗിച്ച് 2L ലായനി ഉണ്ടാക്കുമ്പോൾ പ്രസ്തുത ലായനിയുടെ ഗാഢത mol $L^{\ 1}$ ൽ കണ്ടുപിടിക്കുക.

1.12 മെഥനോളിന്റെ സാന്ദ്രത 0.793 kg $L^{\ 1}$ ആണെങ്കിൽ 2.5 L, 0.25 M ലായനി നിർമിക്കാനാവശ്യമായ മെഥനോളിന്റെ വ്യാപ്തം കണ്ടുപിടിക്കുക?

1.13 മർദം കണ്ടുപിടിക്കുന്നത് യൂണിറ്റ് പ്രതലത്തിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലമായിട്ടാണ്. മർദത്തിന്റെ SI യൂണിറ്റ് pascal താഴെ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

$1Pa = 1N\,m^{\ 2}$

കടൽനിരപ്പിലെ വായുവിന്റെ മാസ് 1034 g cm^{-2} ആണെങ്കിൽ, പാസ്കൽ യൂണിറ്റിൽ മർദം കണ്ടുപിടിക്കുക.

1.14 മാസിന്റെ SI യൂണിറ്റ് എന്താണ്? എങ്ങനെ അതിനെ നിർവ്വചിക്കാം?

1.15 താഴെ തന്നിരിക്കുന്നവ ചേരുംപടി ചേർക്കുക

	മുൻപ്രത്യയം	**ഗുണിതം**
(i)	micro	10^{6}
(ii)	deca	10^{9}
(iii)	mega	$10^{\ 6}$
(iv)	giga	$10^{\ 15}$
(v)	femto	10

1.16 സാർഥക അക്കങ്ങൾ എന്നതുകൊണ്ട് നിങ്ങൾ എന്താണർഥമാക്കുന്നത് ?

1.17 ഒരു കുടിവെള്ളസാമ്പിളിൽ കാൻസറിന് കാരണമായ ക്ലോറോഫോം $CHCl_3$ കലർന്നതായി കണ്ടിരിക്കുന്നു. മലിനീകരണത്തിന്റെ തോത് 15 ppm (ഭാരത്തിൽ).

(i) ഇതിനെ മാസ്ശതമാനത്തിൽ സൂചിപ്പിക്കുക.

(ii) ജലസാംപിളിലെ ക്ലോറോഫോമിന്റെ മോളാലിറ്റി കണ്ടുപിടിക്കുക.

1.18 താഴെത്തന്നിരിക്കുന്നവ ശാസ്ത്രീയസമ്പ്രദായത്തിൽ പ്രസ്താവിക്കുക.

(i) 0.0048

(ii) 234,000

(iii) 8008

(iv) 500.0

(v) 6.0012

1.19 താഴെത്തന്നിരിക്കുന്നവയിൽ എത്ര സാർഥകഅക്കങ്ങൾ ഉണ്ട്?

(i) 0.0025 (iv) 126,000

(ii) 208 (v) 500.0

(iii) 5005 (vi) 2.0034

1.20 താഴെത്തന്നിരിക്കുന്നവ മൂന്ന് സാർഥകഅക്കങ്ങളിൽ ശരിയാക്കി എഴുതുക.

(i) 34.216

(ii) 10.4107

(iii) 0.04597

(iv) 2808

1.21 ഡൈനൈട്രജനും ഡൈഓക്സിജനും തമ്മിൽ താഴെ പറയുന്ന പ്രകാരം പ്രവർത്തിച്ചു വ്യത്യസ്ത സംയുക്തങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു.

	ഡൈ നൈട്രജന്റെ മാസ്	ഡൈ ഓക്സിജന്റെ മാസ്
(i)	14 g	16 g
(ii)	14 g	32 g
(iii)	28 g	32 g
(iv)	28 g	80 g

(a) ഏതു രാസസംയോജകനിയമമാണ് ഇവിടെ പിന്തുടർന്നിരിക്കുന്നത്? അതിനെ നിർവചിക്കുക.

(b) താഴെ തന്നിരിക്കുന്നത് ഉചിതമായി പൂരിപ്പിക്കുക.

(i) 1 km = ... mm = ... pm

(ii) 1 mg = ... kg = ... ng

(iii) 1 mL = ... L = ... dm^3

1.22 പ്രകാശത്തിന്റെ വേഗത $3.0 \times 10^8\ m\ s^{-1}$ ആണെങ്കിൽ 2.00 നാനോ സെക്കൻഡ് കൊണ്ട് പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരം കണക്കാക്കുക.

1.23 $A + B_2 \rightarrow AB_2$ എന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ അഭികാരകങ്ങൾ താഴെപ്പറയുന്ന അളവിൽ എടുത്താൽ, അതിൽ നിയന്ത്രിത അഭികാരകങ്ങൾ ഏതെങ്കിലും ഉണ്ടെങ്കിൽ കണ്ടുപിടിക്കുക.

(i) A യുടെ 300 ആറ്റങ്ങൾ +B യുടെ 200 തന്മാത്രകൾ

(ii) 2 mol A + 3 mol B

(iii) A യുടെ 100 ആറ്റങ്ങൾ +B യുടെ 100 തന്മാത്രകൾ

(iv) 5 mol A + 2.5 mol B

(v) 2.5 mol A + 5 mol B

1.24 താഴെപ്പറയുന്ന രാസസമവാക്യം അനുസരിച്ച് ഡൈഹൈഡ്രജനും ഡൈനൈട്രജനും പ്രവർത്തിച്ച് അമോണിയ നിർമിക്കപ്പെടുന്നു.

$N_2 (g) + H_2 (g) \rightarrow 2NH_3 (g)$

(i) 2.00×10^3 g ഡൈനൈട്രജൻ 1.00×10^3 g ഡൈഹൈഡ്രജനുമായി പ്രവർത്തിച്ചു ഉല്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന അമോണിയയുടെ മാസ് കണ്ടുപിടിക്കുക.

(ii) രണ്ടിലേതെങ്കിലും അഭികാരകം രാസപ്രവർത്തനത്തിനുശേഷം അവശേഷിക്കുമോ?

(iii) അങ്ങനെയുണ്ടെങ്കിൽ ഏത്? അതിന്റെ അവശേഷിക്കുന്ന മാസ് എത്ര?

1.25 0.50 mol Na_2CO_3 ഉം 0.50 M Na_2CO_3 ഉം തമ്മിൽ എങ്ങനെ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു?

1.26 10 വ്യാപ്തം ഡൈഹൈഡ്രജനും 5 വ്യാപ്തം ഡൈഓക്സിജനും പ്രതിപ്രവർത്തിച്ചാൽ എത്ര വ്യാപ്തം നീരാവി ഉണ്ടാകും?

1.27 താഴെത്തന്നിരിക്കുന്നവയെ അടിസ്ഥാനയൂണിറ്റിലേക്ക് മാറ്റുക.

(i) 28.7 pm

(ii) 15.15 pm

(iii) 25365 mg

1.28 താഴെത്തന്നിരിക്കുന്നവയിൽ ഏറ്റവും കൂടുതൽ ആറ്റങ്ങൾ ഉള്ളത് ഏതിൽ?

(i) 1 g Au (s)

(ii) 1 g Na (s)

(iii) 1 g Li (s)

(iv) 1 g of Cl_2(g)

1.29 എഥനോളിന്റെ മോൾ ഭിന്നം 0.040 ആണെങ്കിൽ എഥനോൾ ലായനിയുടെ മോളാരിറ്റി കണ്ടുപിടിക്കുക.(ജലത്തിന്റെ സാന്ദ്രത ഒന്ന് എന്ന് സങ്കല്പിക്കുക.)

1.30 ഒരു ^{12}C ആറ്റത്തിന്റെ ഭാരം ഗ്രാമിൽ എത്രയാണ്?

1.31 താഴെത്തന്നിരിക്കുന്ന ഗണിതക്രിയകളുടെ ഉത്തരത്തിൽ എത്ര സാർഥകഅക്കങ്ങൾ ഉണ്ടായിരിക്കും?

(i) $\dfrac{0.02856 \times 298.15 \times 0.112}{0.5785}$ (ii) 5×5.364

(iii) $0.0125 + 0.7864 + 0.0215$

1.32 താഴെത്തന്നിരിക്കുന്ന പട്ടികയിലെ ദത്തങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് പ്രകൃതിദത്തമായി ലഭിക്കുന്ന ആർഗന്റെ മോളാർ മാസ് കണ്ടുപിടിക്കുക.

ഐസോടോപ്	**ഐസോടോപിക് മോളാർ മാസ്**	**ലഭ്യത**
^{36}Ar	35.96755 g mol^{-1}	0.337%
^{38}Ar	37.96272 g mol^{-1}	0.063%
^{40}Ar	39.9624 g mol^{-1}	99.600%

1.33 താഴെ തന്നിരിക്കുന്ന ഓരോന്നിലും ഉള്ള ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണം കണക്കാക്കുക.

(i) 52 moles of Ar (ii) 52 u of He (iii) 52 g of He

1.34 വെൽഡിംഗ് ഇന്ധനഗ്യാസിൽ കാർബൺ, ഹൈഡ്രജൻ എന്നിവ മാത്രമേ അടങ്ങിയിട്ടുള്ളൂ. ഓക്സിജനിൽ കത്തുന്ന ഒരു ചെറിയ സാമ്പിൾ 3.38 ഗ്രാം കാർബൺഡൈഓക്സൈഡ്, 0.690 ഗ്രാം വെള്ളം, എന്നീ ഉൽപ്പന്നങ്ങൾ മാത്രം നൽകുന്നു.

ഈ വെൽഡിങ്ങ് ഗ്യാസിന്റെ 10.0 L (STP യിൽ അളന്നത്) 11.6 ഗ്രാം തൂക്കമുള്ളതായി കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. എങ്കിൽ;

(i) പ്രയോഗാധിഷ്ഠിതസൂത്രവാക്യം (ii) വാതകത്തിന്റെ മൊളാർ മാസ്

(iii) തന്മാത്രാസൂത്രവാക്യം എന്നിവ കണ്ടുപിടിക്കുക.

1.35 താഴെത്തന്നിരിക്കുന്ന രാസസമവാക്യം അനുസരിച്ച് കാൽസ്യം കാർബണേറ്റ് HCl ലായനിയുമായി പ്രവർത്തിച്ചു $CaCl_2$ and CO_2 എന്നിവ ഉണ്ടാകുന്നു.

$CaCO_3\,(s) + 2\,HCl\,(aq) \rightarrow CaCl_2\,(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$

25 mL 0.75 M HCl മായി പൂർണമായി പ്രവർത്തിക്കാൻ ആവശ്യമായ കാൽസ്യം കാർബണേറ്റിന്റെ മാസ് കണ്ടുപിടിക്കുക.

1.36 ചുവടെ തന്നിരിക്കുന്ന രാസപ്രവർത്തനം അനുസരിച്ചു മാംഗനീസ് ഡൈഓക്സൈഡ് (MnO_2) ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡ് ലായനിയുമായി പ്രവർത്തിപ്പിച്ചാണ് ലബോറട്ടറിയിൽ ക്ലോറിൻ തയ്യാറാക്കുന്നത്.

$4\,HCl\,(aq) + MnO_2(s) \rightarrow 2H_2O\,(l) + MnCl_2(aq) + Cl_2\,(g)$

5.0 g MnO_2 മായി എത്ര ഗ്രാം ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡ് പ്രവർത്തിക്കും?