2

വാതകനിയമങ്ങൾ

നാം മുമ്പ് പഠിച്ചത്

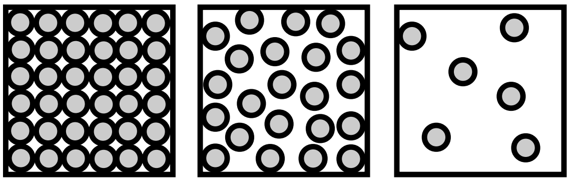
- ദ്രവ്യത്തിന് ഖരം, ദ്രാവകം, വാതകം, പ്ലാസ്മ എന്നിങ്ങനെ നാല് അവസ്ഥകൾ ഉണ്ട്.
- ഒരു പദാർഥത്തിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ദ്രവ്യത്തിന്റെ അളവ് ആണ് മാസ്.
- ദ്രവ്യത്തിന് സ്ഥിതിചെയ്യാൻ ആവശ്യമായ ഇടമാണ് വ്യാപ്തം.
- ഗ്രാം മോളിക്യുലാർ മാസിനെ ഒരു ഗ്രാം മോൾ എന്നു പറയുന്നു.
- ചലന സ്വാതന്ത്ര്യമുള്ള തൻമാത്രകൾ പരസ്പരം കലരുന്നതിനെ ഡിഫ്യൂഷൻ എന്നു പറയുന്നു.
- ഊഷ്മാവു കൂടുമ്പോൾ തന്മാത്രകളുടെ ഗതികോർജം കൂടുന്നു.

വാതകനിയമങ്ങൾ

നമുക്കു പരിചിതമായ പല പ്രതിഭാസങ്ങൾക്കും കാരണം അന്തരീക്ഷത്തിൽ നിറഞ്ഞുനിൽക്കുന്ന വാതകങ്ങളാണ്. ഇടിയുടെ ശബ്ദം നാം കേൾക്കുന്നതും ആകാശത്തിലൂടെ വിമാനം സഞ്ചരിക്കുന്നതും കടൽക്കാറ്റ് ഉണ്ടാകുന്നതുമൊക്കെ അന്തരീക്ഷ വാതകങ്ങളുടെ ചില ഭൗതിക ഗുണങ്ങൾ കാരണമാണ്. മർദം, ഊഷ്മാവ് എന്നിവയോട് ഖരം, ദ്രാവകം, വാതകം എന്നീ ഓരോ അവസ്ഥയിലെയും പദാർഥങ്ങൾ വിഭിന്ന രീതിയിലാണ് പ്രതികരിക്കുന്നത്. സാന്ദ്രത, ഗതികോർജം, നിശ്ചിത വ്യാപ്തത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം എന്നിവയിലെ വ്യതിയാനമാണ് ഈ വ്യത്യാസത്തിനു കാരണം. വാതകാവസ്ഥയിലുള്ള നിരവധി പദാർഥങ്ങൾ രസതന്ത്രത്തിൽ കൈകാര്യം ചെയ്യപ്പെടുന്നുണ്ട്. അതിനാൽ വാതകങ്ങളുടെ പൊതു സ്വഭാവങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള നിയമങ്ങളും അവ അളക്കാനുള്ള പല അളവുകളും രസതന്ത്രജ്ഞന്മാർ രൂപീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. വിഭിന്ന സാഹചര്യങ്ങളിൽ വാതകങ്ങൾ എങ്ങനെ പെരുമാറുന്നു എന്നു നിരീക്ഷിച്ച് വാതകത്തിന്റെ ഗുണങ്ങളുമായി ഇതിനെ ബന്ധിപ്പിച്ചാണ് ഈ നിയമങ്ങൾ രൂപീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്. ഇവയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ, രസതന്ത്ര പരീക്ഷണങ്ങളിൽ വാതകങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുമ്പോഴും ഉത്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുമ്പോഴും ഉണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങൾ വിശദീകരിക്കാൻ കഴിയും. ഈ നിയമങ്ങളെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള അളവുകൾ ഉപയോഗിച്ചാണ് രാസപ്രവർത്തനം വിശദീകരിക്കേണ്ടത്.

ഐസ്, ജലം, നീരാവി എന്നിവ നിങ്ങൾക്ക് വളരെ പരിചിതമാണ്. ഇവ അവസ്ഥാ മാറ്റത്തിനു വിധേയവുമാണല്ലോ. എങ്ങനെയാണു നീരാവി ജലമാകുന്നത്? ജലം ഐസാകുന്നതോ? ഐസിനെ ജലമാക്കാൻ എന്താണു ചെയ്യേണ്ടത്? ഈ അവസ്ഥകൾ പരസ്പരം മാറ്റാൻ നിങ്ങൾ എന്തു ചെയ്യും?

ഇങ്ങനെ അവസ്ഥാഭേദം സംഭവിക്കുമ്പോൾ അവയിലെ തന്മാത്രകളുടെ ക്രമീകരണത്തിന് എന്തു മാറ്റമാണ് ഉണ്ടാകുന്നത് എന്നു നോക്കാം. ഖരം, ദ്രാവകം, വാതകം എന്നിവയിലെ തന്മാത്രകളുടെ ക്രമീകരണത്തിന്റെ ഒരു ഏകദേശരൂപം താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. (ചിത്രം 2.1)



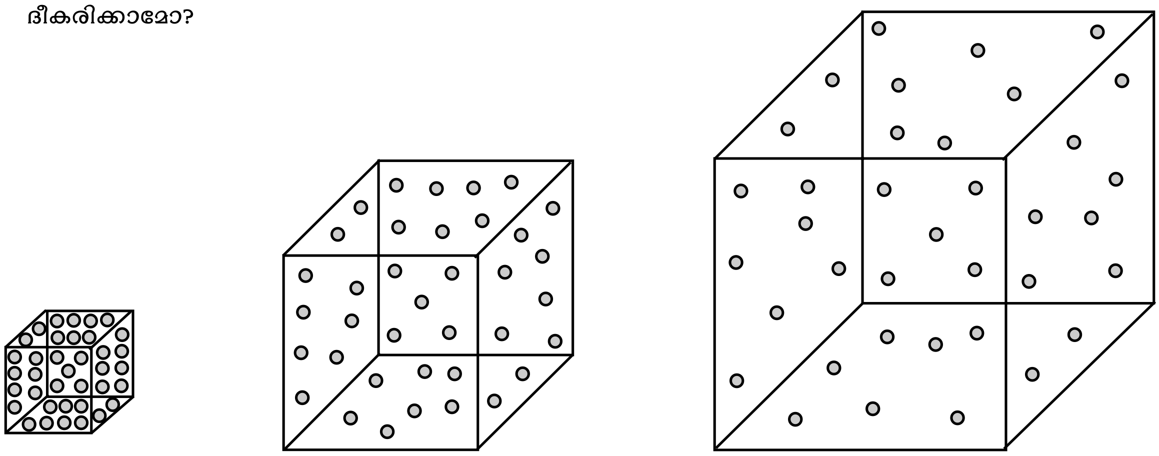
ഖരം ദ്രാവകം വാതകം

ചിത്രം *2.1*

- മൂന്ന് അവസ്ഥകളിലും തന്മാത്രകളുടെ ക്രമീകരണം ഒരുപോലെയാണോ?
- ഏത് അവസ്ഥയിലാണ് തന്മാത്രകൾ വളരെ അടുത്തു കാണുന്നത്?
- തന്മാത്രകൾ തമ്മിലുള്ള അകലം ഏറ്റവും കൂടുതലുള്ളത് ഏതിലാണ്?

- ഏത് അവസ്ഥയിലാണ് തന്മാത്രകൾ തമ്മിലുള്ള ആകർഷണബലം ഏറ്റവും കുറവ്? ഏറ്റവും കൂടിയ ആകർഷണബലമുള്ളതോ? എന്തുകൊണ്ട്?
- വാതകം, ദ്രാവകം, ഖരം എന്നീ മൂന്നവസ്ഥകളിലുമുള്ള തന്മാത്രകളുടെ ചലനസ്വാതന്ത്ര്യം താരതമ്യം ചെയ്ത് അനുമാനങ്ങൾ രേഖപ്പെടുത്തുക.
- നീരാവിയിലാണോ, ഐസിലാണോ വേഗത്തിൽ ഡിഫ്യൂഷൻ നടക്കുക? തന്മാത്രകളുടെ ചലന സ്വാതന്ത്ര്യവുമായി ബന്ധപ്പെടുത്തി വിശദീകരിക്കാമോ?
- ചലനസ്വാതന്ത്ര്യം വളരെ കൂടുതലാണ്
- തന്മാത്രകൾ തമ്മിലുള്ള ആകർഷണബലം കൂടുതലാണ്.
- തന്മാത്രകൾ തമ്മിലുള്ള ആകർഷണബലം വളരെ കുറവാണ്.

ഒരേ എണ്ണം ജലതന്മാത്രകൾ ഖരം, ദ്രാവകം, വാതകം എന്നീ അവസ്ഥകളിൽ നിലനിൽക്കുമ്പോഴുള്ള തന്മാത്രകളുടെ ക്രമീകരണം സൂചിപ്പിക്കുന്ന ചിത്രം 2.2 ശ്രദ്ധിക്കൂ.



ചിത്രം 2.2

ഇനി താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പ്രസ്താവനകളിൽ നിന്നു വാതകങ്ങൾക്കുമാത്രം യോജിച്ചവ തെരഞ്ഞെടുത്ത് എഴുതുക.

- തന്മാത്രകൾക്ക് ചലനസ്വാതന്ത്ര്യം കുറവാണ്
- തന്മാത്രകൾ തമ്മിലുള്ള അകലം വളരെ കൂടുതലാണ്.
- തന്മാത്രകൾ വളരെ അടുത്ത് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു
- തന്മാത്രകൾക്ക് ഒരു പരിധിവരെ ചലന സ്വാതന്ത്ര്യമുണ്ട്

- മൂന്നവസ്ഥകളിലും ഉള്ള തുല്യ എണ്ണം തന്മാത്രകൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന വ്യാപ്തം തുല്യമാണോ? ഏതവസ്ഥയിലാണ് വ്യാപ്തം കൂടുതൽ?
- ഒരു യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിലെ പദാർഥത്തിന്റെ മാസിനെയാണു **സാന്ദ്രത** (density) എന്നു പറയുന്നതെന്നു നിങ്ങൾക്കറിയാം. 2 g പദാർഥത്തിന്റെ ഖരം, ദ്രാവകം, വാതകം എന്നീ അവസ്ഥകളിലെ വ്യാപ്തം യഥാക്രമം 4, 4.6, 400 മി.ലി. വീതമാണ്. ഇവയുടെ സാന്ദ്രത കണ്ടെത്തി താരതമ്യം ചെയ്ത് പട്ടിക (2.1)ൽ എഴുതൂ.

ഖരം	ദ്രാവകം	വാതകം
	ഖരത്തേക്കാൾ സാന്ദ്രത കുറവ്	

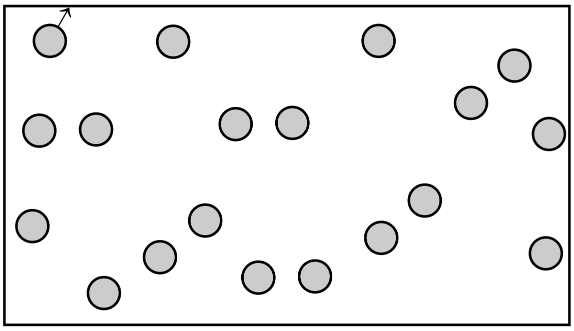
പട്ടിക 2.1

ഖരം, ദ്രാവകം, വാതകം എന്നീ അവസ്ഥകളിൽ വാതകത്തിനു സാന്ദ്രത ഏറ്റവും കുറഞ്ഞിരിക്കാനുള്ള കാരണം വിശകലനം ചെയ്ത് സയൻസ് ഡയറിയിൽ എഴുതൂ.

അടച്ചിട്ട മുറിയിൽവെച്ച് ഒരു സുഗന്ധദ്രവ്യത്തിന്റെ കുപ്പി തുറന്നാൽ അതിന്റെ ഗന്ധം ചുറ്റും വ്യാപിക്കാറുണ്ടല്ലോ. മുറി അടച്ചതിനാൽ വായു പുറത്തേക്കു പോകുന്നില്ല. അപ്പോൾ എവിടെയാണ് ഈ സുഗന്ധദ്രവ്യത്തിന്റെ തന്മാത്രകൾ സ്ഥിതി ചെയ്യുക? വാതകാവസ്ഥയിലുള്ള വായു തന്മാത്രകൾക്കിടയ്ക്കുള്ള ഒഴിഞ്ഞ സ്ഥലത്ത് (space) മറ്റു തന്മാത്രകൾക്കു സ്ഥിതി ചെയ്യാൻ കഴിയുമെന്നർഥം.

പാത്രത്തിൽ അടച്ചുവെച്ചിരിക്കുന്ന ഒരു വാതകം സങ്കല്പിക്കുക.

വാതക തന്മാത്രകൾ തമ്മിലുള്ള അകലം വളരെ കൂടുതലാണെന്നു നിങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കി. അപ്പോൾ ഇവ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ആകർഷണബലത്തിന്റെ അളവ് എങ്ങനെയായിരിക്കും? തികച്ചും സ്വതന്ത്രമായിരിക്കുന്ന ഈ തന്മാത്രകൾ എല്ലാ ഭാഗത്തേക്കും ക്രമരഹിതമായി ചലിക്കുമ്പോൾ വാതക തന്മാത്രകൾ തമ്മിലും പാത്രത്തിന്റെ ഉൾഭിത്തിയുമായും കൂട്ടിയിടിക്കും. ഭിത്തിയുമായുള്ള കൂട്ടിയിടിയുടെ ഫലമായി ഭിത്തിയിൽ ബലം പ്രയോഗിക്കപ്പെടുമല്ലോ. (ചിത്രം 2.3)



ചിത്രം *2.3*

ഇങ്ങനെ യൂണിറ്റ് വിസ്തീർണത്തിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ബലമാണ് **വാതകമർദം** (gas pressure). സാധാരണയായി മർദം പ്രസ്താവിക്കുന്നത് **അന്തരീക്ഷമർദം** (atm) എന്ന യൂണിറ്റിലാണ്.

ഊഷ്മാവ് കൂടുമ്പോൾ തന്മാത്രകളുടെ ഗതികോർജത്തിനെന്തു സംഭവിക്കും? കൂട്ടിയിടിയുടെ എണ്ണവും ആഘാതവും കൂടുമോ കുറയുമോ? മർദത്തിന് എന്തു സംഭവിക്കും? ഇനി പറയുന്ന സാഹചര്യങ്ങളിൽ വാതകമർദത്തിലുണ്ടാകുന്ന മാറ്റം തന്മാത്രകൾ തമ്മിലുള്ള അകലവുമായി ബന്ധപ്പെടുത്തി ചർച്ച ചെയ്തു കുറിപ്പു തയാറാക്കൂ.

- വ്യാപ്തം കുറയുന്നു.
- വാതകതന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം കൂടുന്നു

വായു നിറഞ്ഞിരിക്കുന്ന ഒരു സിറിഞ്ചിന്റെ നോസിൽ അടച്ചുപിടിച്ച് പിസ്റ്റണിൽ ഒരു ബലം (ബാഹ്യമർദം) പ്രയോഗിച്ചു നോക്കൂ. ഇതേ പരീക്ഷണം സിറിഞ്ചിൽ ദ്രാവകം നിറച്ചും നന്നായി പൊടിച്ച ഖരവസ്തു നിറച്ചും ആവർത്തിക്കൂ. നിങ്ങൾ നിരീക്ഷിച്ച കാര്യങ്ങൾ സയൻസ് ഡയറിയിൽ കുറിച്ചുവെയ്ക്കൂ.

ഏതവസ്ഥയിലാണ് മർദം പ്രയോഗിച്ചപ്പോൾ വ്യാപ്തം കുറഞ്ഞത്? അതിനുള്ള കാരണം തന്മാത്രകൾ തമ്മിലുള്ള അകലവുമായി ബന്ധപ്പെടുത്തി വിശകലനം ചെയ്യൂ.

മർദം പ്രയോഗിച്ചാൽ വാതകങ്ങളുടെ വ്യാപ്തം കുറയുമെന്നു ബോധ്യപ്പെട്ടല്ലോ.

ഊഷ്മാവ് കൂടുമ്പോൾ ഗതികോർജം കൂടുമെന്നും തന്മാത്രകളുടെ ക്രമരഹിതമായ ചലനം കൂടുമെന്നും നിങ്ങൾ മനസിലാക്കി. ഊഷ്മാവ് കുറച്ചാലോ? ഒപ്പം ഉയർന്ന ബാഹ്യസമ്മർദംകൂടി പ്രയോഗിച്ചാലോ? ഇനി പറയുന്നവയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ചർച്ച ചെയ്തു നിഗമനങ്ങൾ രേഖപ്പെടുത്തൂ.

- തന്മാത്രകളുടെ ഗതികോർജം
- തന്മാത്രകളുടെ ചലനം

- തന്മാത്രകളുടെ ക്രമരാഹിത്യം
- തന്മാത്രകൾ തമ്മിലുള്ള അകലം

വാതക തന്മാത്രകൾ കൂടുതൽ അടുക്കുകയും തന്മാത്രാചലനം കുറയുകയും ചെയ്യുമ്പോൾ അവയുടെ തന്മാത്രകൾക്ക് ദ്രാവകങ്ങളിലെ അതേ ക്രമീകരണമാവും. അതിനാൽ വാതകങ്ങളെ ദ്രവീകരിക്കാൻ സാധിക്കും.

പെട്രോളിയം വാതകം, അമോണിയ, റോക്കറ്റ് ഇന്ധനമായ ഹൈഡ്രജൻ, മുതലായവ ദ്രാവകരൂപത്തിലാക്കാൻ സാധിക്കുന്നതെന്തു കൊണ്ടാണെന്നു മനസ്സിലായല്ലോ?

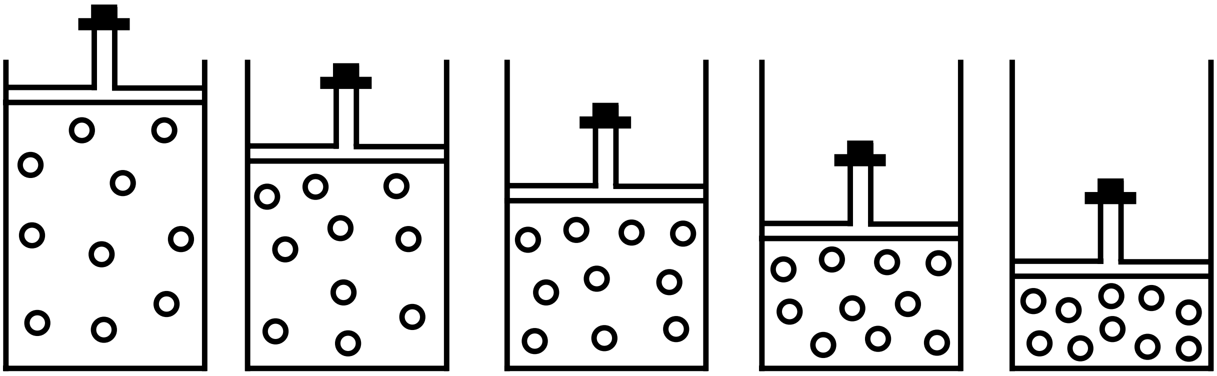
വാതകങ്ങൾ ദ്രവീകരിച്ച് ഉപയോഗിക്കുന്ന കൂടുതൽ സന്ദർഭങ്ങൾ കണ്ടെത്തി സയൻസ് ഡയറിയിൽ ലിസ്റ്റു ചെയ്യുക.

വാതകനിയമങ്ങൾ

വാതകത്തിന്റെ സവിശേഷതകളായ മർദവും ഊഷ്മാവും വ്യാപ്തവും, പരസ്പരം ബന്ധമുള്ളവയാണെന്നു മുമ്പു പറഞ്ഞ കാര്യങ്ങളിൽനിന്നു മനസ്സിലാക്കാം. ഈ പരസ്പര ബന്ധം വിശദീകരിക്കുന്ന നിയമങ്ങളാണ് **വാതകനിയമങ്ങൾ (gas laws)**.

ബോയിൽ നിയമം

സിലിണ്ടറിൽ നിറച്ചിരിക്കുന്ന വാതകത്തിൽ മർദം പ്രയോഗിച്ചു നടത്തിയ ഒരു പരീക്ഷണത്തിന്റെ ചിത്രീകരണം ശ്രദ്ധിക്കൂ (ചിത്രം 2.4).



ചിത്രം *2.4*

വാതകത്തിൽ പ്രയോഗിക്കുന്ന മർദം വർധിപ്പിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് വ്യാപ്തം കുറയുന്നതായി കാണുന്നു. 298 Kയിൽ 1 മോൾ CO_2 വാതകത്തിന്റെ വ്യത്യസ്ത മർദങ്ങളിലെ വ്യാപ്തം പട്ടിക 2.2-ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നതു നോക്കുക.

	1	2	3	4	5
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
മർദം P (അന്തരീക്ഷ മർദം)	**1**	**1.5**	**2**	**2.5**	**3**
	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5
വ്യാപ്തം V (ലിറ്റർ)	**24.46**	**16.306**	**12.23**	**9.78**	**8.153**

പട്ടിക *2.2*

മർദം കൂടുമ്പോൾ വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തത്തിനെന്തു സംഭവിക്കുന്നു? ഇവ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം എന്താണെന്നു കണ്ടെത്താമോ?

ഗണിത ഭാഷയിൽ വ്യാപ്തവും മർദവും തമ്മിലുള്ള ഈ ബന്ധം താഴെ കാണുംവിധം പ്രസ്താവിക്കാം.

V

അനുപാത ചിഹ്നം മാറ്റുന്നതിന് ഒരു സ്ഥിരസംഖ്യകൊണ്ട് ഗുണിച്ചാൽ മതി. അങ്ങനെയാണെങ്കിൽ, V = **ഒരു സ്ഥിരസംഖ്യ**

പട്ടിക 2.2 ൽ നിന്ന് PVയുടെ മൂല്യം കണ്ടെത്തി 2.2(a) ൽ കുറിക്കൂ.

അതായത്, **PV = സ്ഥിരസംഖ്യ**

	1	2	3	4	5
	P_1V_1	P_2V_2	P_3V_3	P_4V_4	P_5V_5
PV					

$\propto \frac{1}{P}$

പട്ടിക *2.2(a)*

വാതകത്തിന്റെ അളവു മാറുമ്പോഴും ഊഷ്മാവു വ്യത്യാസപ്പെടുമ്പോഴും സ്ഥിരസംഖ്യയുടെ മൂല്യം ഒന്നുതന്നെയായിരിക്കുമോ എന്നു താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പട്ടികകൾ പരിശോധിച്ചു കണ്ടെത്തൂ.

1 മോൾ CO_2 വാതകത്തിന്റെ ഊഷ്മാവ് 313 K ആയിരിക്കുമ്പോൾ, വിവിധ മർദത്തിലെ വ്യാപ്തം

മർദം (P)(atm)	**1**	**1.5**	**2**	**2.5**	**3**
വ്യാപ്തം (V)	**25.69**	**17.1315**	**12.84**	**10.276**	**8.5633**
PV					

പട്ടിക *2.3*

2 മോൾ CO_2 വാതകത്തിന്റെ ഊഷ്മാവ് 313 K ആയിരിക്കുമ്പോൾ വിവിധ മർദത്തിലെ വ്യാപ്തം

മർദം (P)	**1**	**1.5**	**2**	**2.5**	**3**
വ്യാപ്തം (V)	**51.38**	**34.26**	**25.68**	**20.54**	**17.12**
PV					

പട്ടിക *2.4*

1അന്തരീക്ഷ മർദത്തിലും 313 K ഊഷ്മാവിലും 1മോൾ CO_2ന്റെ PV മൂല്യം എത്ര? 2 മോൾ CO_2ന്റെയോ?

സ്ഥിരസംഖ്യയുടെ മൂല്യത്തിന് എന്തു മാറ്റമാണ് ഉണ്ടാകുന്നത്.

- വാതകത്തിന്റെ അളവ് മാറുമ്പോൾ
- ഊഷ്മാവ് മാറുമ്പോൾ

സ്ഥിരോഷ്മാവിൽ ഒരു നിശ്ചിത മാസ് വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം മർദത്തിനു വിപരീത അനുപാതത്തിലാണെന്നു മനസ്സിലായല്ലോ. ഇതാണ് **ബോയിൽ നിയമം** (Boyle's Law).

പട്ടിക 2.2(a)ലെ P_1V_1ഉം P_2V_2ഉം താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ $P_1V_1 = P_2V_2$ എന്നു കണ്ടല്ലോ. ബോയിൽ നിയമത്തിന്റെ മറ്റൊരു സമവാക്യരൂപമാണിത്.

ഈ സമവാക്യത്തിൽ നിന്ന് V_2 കാണാനുള്ള ഒരു സൂത്രവാക്യം എഴുതിനോക്കൂ.

- ***1*** **അന്തരീക്ഷ മർദത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഒരു വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം *5 L* ആണെന്നിരിക്കട്ടെ. സ്ഥിരോഷ്മാവിൽ വാതകത്തിന്റെ മർദം *2* അന്തരീക്ഷമർദം ആയി വർധിപ്പിച്ചാൽ വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം എത്രയായിരിക്കും?**

P_1 = 1 atm

V_1 = 5L

P_2 = 2 atm

V_2 = ?

ബോയിൽ നിയമപ്രകാരം $P_1V_1 = P_2V_2$

$$V_2 = \frac{P_1V_1}{P_2} = \frac{1\times5}{2} = 2.5\ L$$

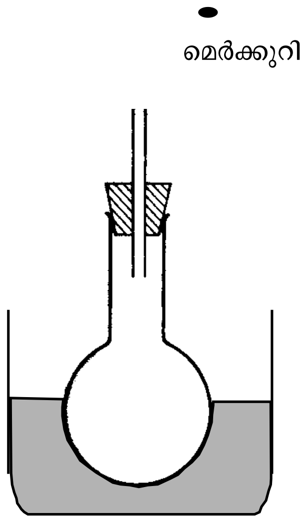
റോബർട്ട് ബോയിൽ
(1627 - 1691)

അയർലണ്ടിലെ സമ്പന്നനായ ഒരു വ്യവസായിയുടെ മകനായിരുന്ന റോബർട്ട് ബോയിൽ ശാസ്ത്ര വിഷയങ്ങളിലും തത്വശാസ്ത്രത്തിലും വളരെയേറെ തല്പരനായിരുന്നു. ജ്വലനം, ശ്വസനം, വാതകങ്ങളുടെ പ്രത്യേകതകൾ തുടങ്ങിയ വിഷയങ്ങളിൽ അദ്ദേഹം നിരവധി പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തി. ബോയിലിനെ ആദ്യത്തെ ഭൗതിക രസതന്ത്രജ്ഞനായാണ് കണക്കാക്കുന്നത്.

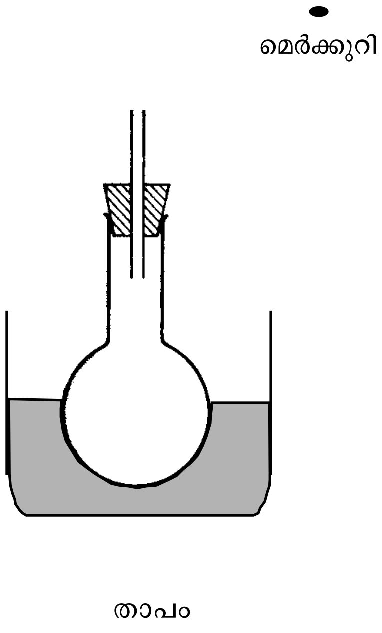
- അന്തരീക്ഷ ഊഷ്മാവിൽ ഒരു സിലിണ്ടറിൽ അടച്ചിരിക്കുന്ന വായുവിന്റെ **1** അന്തരീക്ഷ മർദത്തിലെ വ്യാപ്തം **10 L** ആണ്. ഊഷ്മാവു വ്യത്യാസപ്പെടാതെ വായുവിനുമേൽ **20** അന്തരീക്ഷമർദം പ്രയോഗിച്ചാൽ വ്യാപ്തം എത്രയാകും?
- **250** അന്തരീക്ഷമർദം ഉപയോഗിച്ച് സമ്മർദ്ദീകരിച്ചിരിക്കുന്ന ഒരു വാതകത്തിന്റെ ഇപ്പോഴുള്ള വ്യാപ്തം **15 L** ആണ്. ഊഷ്മാവ് വ്യത്യാസപ്പെടാതെ സാധാരണ അന്തരീക്ഷ മർദത്തിലേക്ക് കൊണ്ടുവന്നാൽ വാതകത്തിന് എത്ര വ്യാപ്തം കൈവരും?

ചാൾസ് നിയമം

ഊഷ്മാവിലുണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനം വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തത്തിൽ എന്തു വ്യത്യാസമുണ്ടാകുന്നു എന്നു നോക്കാം. ഒരു RB ഫ്ളാസ്ക്കിലെടുത്തിരിക്കുന്ന വാതകത്തെ ചൂടാക്കുന്ന പരീക്ഷണത്തിന്റെ ചിത്രം താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം *2.5*



ചിത്രം *2.5(a)*

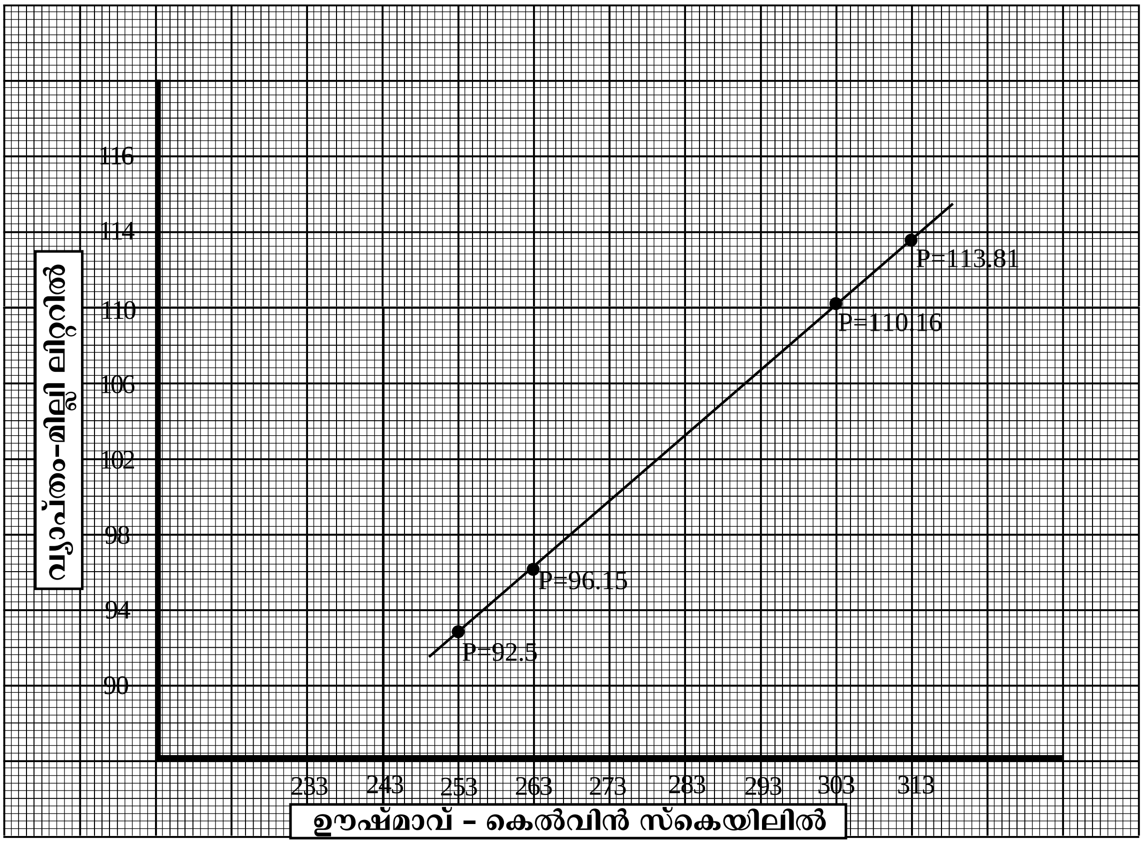
ചൂടാക്കുമ്പോൾ മെർക്കുറിയുടെ സ്ഥാനം മാറാനെന്താണു കാരണം? ഊഷ്മാവ് കൂടുമ്പോൾ വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം എങ്ങനെയാണു വ്യത്യാസപ്പെടുന്നത് എന്ന് ചർച്ച ചെയ്യുക. ഊഷ്മാവു കുറയുമ്പോഴോ?

ഒരു വാതകത്തിന്റെ ഊഷ്മാവിനനുസരിച്ചു വ്യാപ്തത്തിലുണ്ടാവുന്ന മാറ്റം കാണിക്കുന്ന ഗ്രാഫ് കൊടുത്തിരിക്കുന്നതു നോക്കുക. ഗ്രാഫിൽനിന്നു താഴെപ്പറയുന്ന ഊഷ്മാവുകളിലെ വ്യാപ്തം കണ്ടെത്തി പട്ടികപ്പെടുത്തി നോക്കൂ.

$\frac{V}{T}$ = **സ്ഥിരസംഖ്യ** കിട്ടുന്നില്ലേ? അതായത്

V = ഒരു സ്ഥിരസംഖ്യ T

V ....



ചിത്രം ***2.6***

ഊഷ്മാവ് (T)	വ്യാപ്തം (V)	
253		
263		
303		
313		

പട്ടിക ***2.4***

സ്ഥിര മർദത്തിൽ ഊഷ്മാവും വ്യാപ്തവും തമ്മിലുള്ള ഈ ബന്ധം പരീക്ഷണം മുഖേന ആദ്യം തെളിയിച്ചത് **ജാക്വസ് ചാൾസ്** എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ്.

സ്ഥിരമർദത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഒരു നിശ്ചിതമാസ് വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം കെൽവിൻ സ്കെയിലിലെ ഊഷ്മാവിന് നേർ ആനുപാതികമാണ്. ഈ നിയമത്തെ **ചാൾസ് നിയമം** (Charle's Law) എന്നു പറയുന്നു.

രണ്ടു വ്യത്യസ്ത ഊഷ്മാവിലെ (T_1, T_2) വ്യാപ്തങ്ങൾ (V_1, V_2) ബന്ധപ്പെടുത്തി ഒരു സമവാക്യമുണ്ടാക്കൂ.

ഊതി വീർപ്പിച്ച ബലൂൺ വെയിലത്തു വച്ചാൽ പൊട്ടിപ്പോകുന്നതെന്തുകൊണ്ടാണെന്നു പറയാമോ?

ജാക്വസ് ചാൾസ്

ഊഷ്മാവിനനുസരിച്ചു വാതകങ്ങളുടെ വ്യാപ്തത്തിനുണ്ടാകുന്ന മാറ്റത്തെക്കുറിച്ചു ശ്രദ്ധേയമായ പരീക്ഷണം നടത്തിയ ഫ്രഞ്ച് ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ് ജാക്വസ് അലക്സാൺഡ്രെ ചാൾസ്. 1787ൽ ഇതുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പരീക്ഷണങ്ങളിൽനിന്ന് അദ്ദേഹം ഒരു നിയമം ആവിഷ്ക്കരിക്കുകയുണ്ടായി. "മർദം സ്ഥിരമായിരിക്കുമ്പോൾ വാതകത്തിന്റെ ഊഷ്മാവ് ഓരോ ഡിഗ്രി സെൽസിയസ് വർധിക്കുമ്പോഴും അതിന്റെ വ്യാപ്തം 0^0Cയിലുള്ള വ്യാപ്തത്തിന്റെ ഭാഗം വീതം വർധിക്കുന്നു." ഡിഗ്രി സെൽസിയസിലുള്ള ഊഷ്മാവിന്റെ മൂല്യത്തിനോട് 273 കൂട്ടിയാൽ കെൽവിൻ സ്കെയിലിലെ മൂല്യം കിട്ടും.

ie. $0^0C = 0 + 273 = 273$ K

- **300 K** ഊഷ്മാവിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന **2 L** വായു **310 K** ഊഷ്മാവിലേക്ക് ഉയർത്തുന്നു. മർദത്തിന് വ്യത്യാസമില്ലെങ്കിൽ പുതിയ വ്യാപ്തം എന്തായിരിക്കും?

$T_1 = 300$ K, $T_2 = 310$ K, $V_1 = 2$L, $V_2 = ?$

ചാൾസ് നിയമം അനുസരിച്ച് $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

$$V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1} = \frac{2 \times 310}{300} = 2.066 \text{ L}$$

- അന്തരീക്ഷ മർദത്തിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന കാറ്റു നിറച്ച ഒരു ബലൂണിന് അന്തരീക്ഷ ഊഷ്മാവിൽ **(298 K) 500 ml** വ്യാപ്തമുണ്ട്. ഊഷ്മാവ് **10 K** കൂട്ടിയാൽ ബലൂണിന് എത്ര വ്യാപ്തമുണ്ടാവും?
- ഒരു പിസ്റ്റൺ ഘടിപ്പിച്ച സിലിണ്ടറിനകത്ത് നിറച്ചിരിക്കുന്ന വായുവിന് **298 K** ഊഷ്മാവിൽ **5L** വ്യാപ്തമുണ്ട്. ഇതിന്റെ വ്യാപ്തം ഇരട്ടിയാക്കാൻ വാതകത്തിനെ എത്ര ഊഷ്മാവിലേക്ക് ചൂടാക്കേണ്ടി വരും? മർദം സ്ഥിരമാണ്.

അവൊഗാഡ്രോ നിയമം

നിശ്ചിത ഊഷ്മാവിലും മർദത്തിലും സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഏതൊരു വാതകത്തിന്റെയും വ്യാപ്തം അതിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന മോളുകളുടെ എണ്ണത്തിന് (n) ആനുപാതികമാണ് എന്ന് അവൊഗാഡ്രോ പ്രസ്താവിക്കുകയുണ്ടായി. ഇതാണ് **അവൊഗാഡ്രോ നിയമം** (Avagadro law). ഗണിതഭാഷയിൽ ഇത് **V n** എന്നു സൂചിപ്പിക്കാം.

V = വ്യാപ്തം

n = മോളുകളുടെ എണ്ണം

അതായത്, 300 K ഊഷ്മാവിലും 1 atm മർദത്തിലും ഓക്സിജന്റെ x തന്മാത്രകൾക്ക് 10 ml വ്യാപ്തമുണ്ടെന്നിരിക്കട്ടെ. ഇതേ ഊഷ്മാവിലും മർദത്തിലും നൈട്രജന്റെ x തന്മാത്രകൾക്ക് 10 ml വ്യാപ്തമുണ്ടാകും. അഥവാ, 10 ml CO_2 300 K ഊഷ്മാവിലും 1 atm മർദത്തിലും എടുത്താൽ x തന്മാത്രകൾ ഉണ്ടാകും. ഇനി താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പട്ടിക (പട്ടിക 2.5) പൂരിപ്പിക്കൂ.

(A - B, C - D, E - F എന്നീ ജോടികളായി പരിഗണിച്ചാൽ മതി.)

വാതകം	ഊഷ്മാവ് (K)	മർദം (atm)	തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം$\times 10^{20}$	വ്യാപ്തം (മി.ലിറ്റർ)
A	**313**	**1.5**	**10,000**	**0.5**
B	**313**	**1.5**	**10,000**	**......**
C	**.......**	**........**	**25,000**	**0.025**
D	**293**	**2**	**25,000**	**0.025**
E	**303**	**1**	**15,000**	**0.01**
F	**303**	**......**	**.........**	**0.01**

പട്ടിക *2.5*

ഇതിൽനിന്ന് ഒരേ ഊഷ്മാവിലും മർദ ത്തിലും സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഏതൊരു വാതക ത്തിന്റെയും തുല്യ എണ്ണം തന്മാത്രകൾക്ക് തുല്യ വ്യാപ്തമായിരിക്കും എന്നു പറയാ മല്ലോ.

വാതകങ്ങളുടെ വ്യാപ്തം, ഊഷ്മാവി നെയും മർദത്തെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. അതിനാൽ വ്യാപ്തം പ്രസ്താവിക്കുമ്പോൾ ഊഷ്മാവ്, മർദം ഇവ പ്രമാണമായി സ്വീകരി ക്കേണ്ടതുണ്ട്. നിശ്ചിത ഊഷ്മാവ് 273 K ആകും മർദം 1 atm ആയും സ്വീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഇതിനെ **STP** (Standard Temperature and Pressure) എന്നു പറയുന്നു.

STPയിൽ ചില വാതകങ്ങളുടെ മോളുക ളുടെ എണ്ണം, വ്യാപ്തം, തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം ഇവ പട്ടിക(2.6)യിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

ഒരു മോൾ വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തത്തെ **മോളാർ വ്യാപ്തം** (molar volume) എന്നു പറ യുന്നു. STPയിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഏതു വാത കത്തിന്റെയും 1 മോൾ എടുത്താൽ അവയുടെ വ്യാപ്തം തുല്യമായിരിക്കും എന്നു മനസ്സിലാ ക്കിയല്ലോ. ഈ വ്യാപ്തം 22.4 ലിറ്റർ ആണെന്നു പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ തെളിയിക്ക പ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

STPയിലെ മോളാർ വ്യാപ്തത്തെ കണിക കളുടെ എണ്ണവുമായും മോളിക്കുലാർ മാസു മായും ബന്ധപ്പെടുത്തി എഴുതി നോക്കൂ.

വാതകം	മോളുകളുടെ എണ്ണം	വ്യാപ്തം (ലിറ്റർ)	തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം
N_2	**1**	**22.4**	6.022×10^{23}
O_2	**2**	**44.8**	$2 \times 6.022 \times 10^{23}$
CO_2	**.....**	**67.2**	**.............**
H_2	**1**	**22.4**	**.............**

പട്ടിക *2.6*

STPയിൽ 22.4 L H_2 = 1 ഗ്രാം മോൾ

= .... ഗ്രാം

= .... എണ്ണം തന്മാത്രകൾ

= ....എണ്ണം ആറ്റങ്ങൾ

മോളുകളുടെ എണ്ണം = $\frac{\text{STPയിലെ വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം (ലിറ്ററിൽ)}}{22.4}$

- താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന വാതകങ്ങൾക്ക് **STP**യിൽ എത്ര വ്യാപ്തം ഉണ്ടായിരിക്കും?

  (a) 10 മോൾ ഹൈഡ്രജൻ വാതകം

  (b) 10 ഗ്രാം ഹൈഡ്രജൻ വാതകം

- **STP**യിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന **44.8 L** കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ് വാതകത്തെ സംബന്ധിച്ച് താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവ പൂരിപ്പിക്കുക.

  എത്ര മോൾ? ....

  എത്ര തന്മാത്രകൾ? ....

ആദർശവാതക സമവാക്യം

വാതകങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള മൂന്നു നിയമങ്ങൾ പരിശോധിച്ചല്ലോ. ഈ മൂന്നു നിയമങ്ങളും ചേർത്ത് പൊതുവായ ഒരു വാതക നിയമം രൂപീകരിക്കാം.

ബോയിൽ നിയമം V (n, T സ്ഥിരം)

ചാൾസ് നിയമം (n, P സ്ഥിരം)

അവൊഗാഡ്രോ നിയമം (P, T സ്ഥിരം)

ഗണിതശാസ്ത്രപരമായി ഈ നിയമങ്ങളെ സംയോജിപ്പിച്ച് എന്നെഴുതാം.

ie. $V \alpha \frac{nT}{P}$

$V =$ ഒരു സ്ഥിരസംഖ്യ $\times \frac{nT}{P}$

ഈ സ്ഥിരസംഖ്യയെ **വാതകസ്ഥിരാങ്കം** (universal gas constant) എന്നു വിശേഷിപ്പിക്കുന്നു. R എന്നാണ് എഴുതുക.

അപ്പോൾ $V = \frac{R \times n \times T}{P}$

PV = $n \times R \times T$

PV = nRT

ഈ സമവാക്യത്തെ **ആദർശ വാതക സമവാക്യം** (ideal gas equation) എന്നു വിളിക്കുന്നു. എല്ലാ ഊഷ്മാവിലും മർദത്തിലും ഈ സമവാക്യം അനുസരിക്കുന്ന വാതകങ്ങളെ **ആദർശ വാതകങ്ങൾ** (ideal gases) എന്നാണു വിളിക്കുന്നത്.

ഒരു നിശ്ചിത എണ്ണം തന്മാത്രകളുടെ മർദം, വ്യാപ്തം, ഊഷ്മാവ് ഇവ താഴെ പട്ടികപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. (പട്ടിക 2.7).

വാതകം	മർദം **(P atm)**	വ്യാപ്തം **(V)** മി.ലി.	ഊഷ്മാവ് **T (K)**	
നൈട്രജൻ	**1(P_1)** **0.825(P_2)**	**320 (V_1)** **482 (V_2)**	**273 (T_1)** **339 (T_2)**	**.......**
ഹീലിയം	**2.5 (P_1)** **15.16 (P_2)**	**285 (V_1)** **27.5 (V_2)**	**298 (T_1)** **1744.3 (T_2)**	**.......**

പട്ടിക *2.7*

$\frac{PV}{T}$ കണക്കാക്കി നോക്കൂ. ഓരോ വാതകത്തിലും $\frac{P_1V_1}{T_1}$ ഉം $\frac{P_2V_2}{T_2}$ ഉം തമ്മിലുള്ള ബന്ധം കണ്ടെത്തൂ.

$PV = nRT$ എന്ന സമവാക്യം $\frac{PV}{T} = nR$ എന്നെഴുതാമല്ലോ? n, R ഇവ സ്ഥിരമായാൽ $\frac{PV}{T}$ യുടെ മൂല്യവും സ്ഥിരമായിരിക്കുമല്ലോ.

സംഗ്രഹം

- **മാസ്, വ്യാപ്തം, സാന്ദ്രത, ഊഷ്മാവ്, മർദം എന്നിവ എല്ലാ വാതകങ്ങളുടെയും ഗുണങ്ങൾ ആണ്.**
- **ഖരവസ്തുക്കളെയും ദ്രാവകങ്ങളെയും അപേക്ഷിച്ച് വാതകങ്ങൾക്കു സാന്ദ്രത വളരെ കുറവാണ്.**
- **വാതക തന്മാത്രകൾ തമ്മിലുള്ള അകലം വളരെ കൂടുതലും, അവ തമ്മിലുള്ള ആകർഷണബലം വളരെ കുറവുമാണ്.**
- **താഴ്ന്ന ഊഷ്മാവിൽ, ഉയർന്ന മർദം പ്രയോഗിച്ച് വാതകങ്ങളെ ദ്രവീകരിക്കാൻ കഴിയും.**
- **സ്ഥിരോഷ്മാവിൽ, ഒരു നിശ്ചിത അളവ് വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം മർദത്തിന് വിപരീത അനുപാതത്തിലായിരിക്കും.**

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

V α $\qquad$ $\mathbf{P_1V_1 = P_2V_2}$

- **സ്ഥിര മർദത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഒരു വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം, കെൽവിൻ സ്കെയിലിലെ ഊഷ്മാവിന് ആനുപാതികമാണ്.**

(P, n സ്ഥിരം)

- **ഒരേ ഊഷ്മാവിലും മർദത്തിലും സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഏത് വാതകത്തിന്റെയും തുല്യ വ്യാപ്തങ്ങളിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം തുല്യമായിരിക്കും.**

$V \alpha n$ **(P, T സ്ഥിരം)**

- **ഒരു വാതകത്തിന്റെ മർദം, വ്യാപ്തം, അതിൽ കാണുന്ന മോളുകളുടെ എണ്ണം, ഊഷ്മാവ് ഇവ തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന സമവാക്യം ആണ് പൊതു വാതക സമവാക്യം.**

(n സ്ഥിരം)

തുടർപ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. ദ്രാവകങ്ങളിൽനിന്നും ഖരവസ്തുക്കളിൽനിന്നും വിഭിന്നമായി വാതകങ്ങൾക്കു നിശ്ചിത ആകൃതിയും വ്യാപ്തവും ഇല്ലാത്തതിന്റെ കാരണം കണ്ടെത്തി കുറിപ്പു തയാറാക്കുക.
2. ദ്രാവക അമോണിയ നിറച്ചിരിക്കുന്ന കുപ്പി തുറക്കുന്നതിനു മുമ്പ് അത് തണുപ്പിക്കുന്നതെന്തിന്?
3. കാലാവസ്ഥ ബലൂണുകൾ ഉയരത്തിലേക്കു പോകുന്തോറും ബലൂണിന്റെ വലുപ്പം കൂടുന്നു. വാതക നിയമങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടു വിശദീകരിക്കുക.
4. വേനൽക്കാലത്തു വാഹനങ്ങളുടെ ടയറുകളിൽ തണുപ്പു കാലത്തേക്കാൾ കുറഞ്ഞ മർദത്തിലേ കാറ്റു നിറയ്ക്കാറുള്ളൂ. കാരണം എന്ത്?
5. ഒരു നിശ്ചിത മാസ് വാതകത്തിന് വ്യത്യസ്ത മർദങ്ങളിലുള്ള വ്യാപ്തം താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. ഈ പട്ടിക ഉപയോഗിച്ച് താഴെ പറയുന്ന ഗ്രാഫുകൾ വരയ്ക്കുക.
   1. മർദം - വ്യാപ്തം (P - V)
   2. മർദം - വ്യാപ്തത്തിന്റെ വ്യുൽക്രമം $(P - \frac{1}{V})$
   3. മർദത്തിന്റെയും വ്യാപ്തത്തിന്റെയും ഗുണനഫലം (PV - P)
6. STPയിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഒരു മോൾ വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം കണ്ടുപിടിക്കുക. ($R=0.0821$ litre atm $mol^{-1}K^{-1}$)
7. 1 അന്തരീക്ഷ മർദത്തിൽ ഹൈഡ്രജൻ നിറച്ചിരിക്കുന്ന ഒരു കാലാവസ്ഥ ബലൂണിന് 175 L വ്യാപ്തമുണ്ട്. ഈ ബലൂൺ 200 m ഉയരത്തിൽ എത്തുമ്പോൾ അവിടെ 0.8 അന്തരീക്ഷമർദം ഉണ്ടെങ്കിൽ ബലൂണിന് എത്ര വ്യാപ്തം ഉണ്ടായിരിക്കും. (ഊഷ്മാവ് സ്ഥിരമാണെന്നു സങ്കല്പിക്കുക.)
8. സ്ഥിര മർദത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഒരു വാതകത്തിന് 300 K ഊഷ്മാവിൽ 350 ml വ്യാപ്തമുണ്ട്. ഇതേ മർദത്തിൽ വാതകം 260 K ഊഷ്മാവിലേക്കു തണുപ്പിച്ചാൽ വാതകത്തിന്റെ വ്യാപ്തം എത്രയാകും?
9. 340 Kയിൽ സ്ഥിതി ചെയ്തിരുന്ന ഒരു വാതകത്തെ അതിന്റെ വ്യാപ്തം ഇരട്ടിക്കുന്നതു വരെ ചൂടാക്കുന്നു. വാതകത്തിന്റെ ഇപ്പോഴത്തെ ഊഷ്മാവ് എത്രയാണ്?
10. 1 atm 340 K യിൽ 320 മി.ലി. വാതകം 66^0C വരെ ചൂടാക്കുകയും മർദം 0.825 atm ആകുകയും ചെയ്താൽ വ്യാപ്തം എത്രയാകും?

മർദം (P) (Atm)	**1.00**	**0.9**	**0.85**	**0.75**	**0.65**	**0.55**	**0.45**	**0.30**	**0.20**
വ്യാപ്തം (V) (L)	**22.4**	**24.9**	**26.3**	**29.9**	**40.2**	**40.7**	**49.8**	**74.7**	**112**

••••••