K8N5S8

അധ്യായം

10

അന്തരീക്ഷചംക്രമണങ്ങളും ദിനാന്തരീക്ഷവ്യൂഹങ്ങളും

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ ഊഷ്മാവ് എല്ലായിടത്തും ഒരുപോലെയല്ല അനുഭവപ്പെടുന്നത്. വായു ചൂടാകുമ്പോൾ വികസിക്കുകയും തണുക്കുമ്പോൾ ചുരുങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് അന്തരീക്ഷമർദത്തിൽ വ്യതിയാനങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ഈ വ്യതിയാനങ്ങളാണ് കാറ്റുകൾക്ക് നിദാനം. മർദംകൂടിയ പ്രദേശത്തുനിന്നും മർദം കുറഞ്ഞ പ്രദേശത്തേക്കുള്ള വായുവിന്റെ തിരശ്ചീന ചലനമാണ് കാറ്റ് എന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാം. വായു എപ്പോൾ ഉയരണം എപ്പോൾ താഴണം എന്ന് നിശ്ചയിക്കപ്പെടുന്നത് അന്തരീക്ഷമർദത്തിന്റെ അളവിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ്. ഭൂമിയിൽ എല്ലായിടത്തും ഊഷ്മാവിനേയും ആർദ്രതയേയും പുനർവിതരണം ചെയ്യുന്നതിലൂടെ സ്ഥിരമായ താപക്രമീകരണത്തിലും കാറ്റുകൾ പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. ചൂടുപിടിച്ചുയരുന്ന ഈർപ്പം നിറഞ്ഞ വായു തണുത്ത് മേഘരൂപീകരണത്തിനും വർഷണത്തിനും കാരണമാകുന്നു. അന്തരീക്ഷ മർദവ്യതിയാനത്തിനുള്ള കാരണങ്ങൾ, അന്തരീക്ഷചംക്രമണങ്ങൾ, കാറ്റിന്റെ ഇളകിമറിഞ്ഞുള്ള ഗതി, വായു സഞ്ചയങ്ങളുടെ രൂപീകരണം, വായുസഞ്ചയങ്ങളുടെ സമ്പർക്കത്തിന്റെ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന അസ്ഥിരകാലാവസ്ഥ, കൊടുങ്കാറ്റുകൾ തുടങ്ങിയ ചില വസ്തുതകളാണ് ഈ പാഠഭാഗം വിശദീകരിക്കുന്നത്.

അന്തരീക്ഷമർദം (Atmospheric Pressure)

ഉയരങ്ങളിലേക്ക് പോകുന്തോറും വായുവിന്റെ അളവ് കുറഞ്ഞുവരികയും പ്രാണവായു ലഭിക്കാത്ത അവസ്ഥയുമുണ്ടാകുന്നു. എല്ലാ പദാർഥങ്ങൾക്കും ഭാരമുള്ളതുപോലെ വായുവിനും ഭാരമുണ്ട്. ഭൗമോപരിതലം മുതൽ അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ മുകൾപരപ്പുവരെ ഒരു നിശ്ചിതസ്ഥലത്ത് ഉൾക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന വായുവിന്റെ ഭാരമാണ് അന്തരീക്ഷമർദം (Atmospheric pressure). അന്തരീക്ഷമർദം രേഖപ്പെടുത്തുന്ന ഏകകമാണ് മില്ലീബാർ (mb). സമുദ്രനിരപ്പിലെ ശരാശരി അന്തരീക്ഷമർദം 1013.2 mb ആണ്. ഭൂഗുരുത്വം കാരണം ഭൗമോപരിതലത്തിനോടടുത്ത് വായുവിന്റെ സാന്ദ്രത കൂടുതൽ ആയതിനാൽ ഉയർന്നമർദം അനുഭവപ്പെടുന്നു. രസബാരോമീറ്റർ, അനിറോയ്ഡ് ബാരോമീറ്റർ തുടങ്ങിയ ഉപകരണങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ചാണ് അന്തരീക്ഷമർദം അളക്കുന്നത്. ഈ ഉപകരണങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള വിശദാംശങ്ങൾ പ്രാക്ടിക്കൽ വർക്ക് ഇൻ ജിയോഗ്രഫി – പാർട്ട് 1 (എൻസിഇആർടി 2016) എന്ന പുസ്തകത്തിൽ നൽകിയിട്ടുണ്ട്. ഉയരം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് അന്തരീക്ഷമർദം കുറഞ്ഞുവരുന്നു. മുകളിലേക്ക് പോകുന്തോറും വായുവിന്റെ അളവ് കുറയുന്നതുകൊണ്ടാണ് വായുമർദം കുറയുന്നത്. ഓരോ പ്രദേശങ്ങളിലും ഉയരത്തിനനുസരിച്ച് മർദത്തിലും വ്യത്യാസം വരുന്നു. അന്തരീക്ഷമർദത്തിലുണ്ടാകുന്ന ഈ വ്യതിയാനങ്ങളാണ് വായുവിന്റെ ചലനത്തെ പ്രധാനമായും നിയന്ത്രിക്കുന്നത്. ഉച്ചമർദമേഖലയിൽനിന്നും ന്യൂനമർദമേഖലയിലേക്കാണ് കാറ്റുകൾ വീശുന്നത്.

മർദത്തിന്റെ ലംബതലവ്യതിയാനം (Vertical Variation of Pressure)

അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ താഴ്ന്നതലങ്ങളിൽ ഉയരം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് മർദം അതിവേഗം കുറയുന്നു. ഏകദേശം 10 മീറ്റർ ഉയരത്തിന് 1 മില്ലിബാർ (mb) എന്ന തോതിലാണ് മർദം കുറയുന്നത്. എന്നാൽ മർദത്തിലുണ്ടാകുന്ന ഈ വ്യതിയാനം എല്ലായ്പ്പോഴും ഇതേ തോതിൽ ആയിരിക്കണമെന്നില്ല. അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഉയരത്തിനനുസരിച്ച് ശരാശരി ഊഷ്മാവിലും മർദത്തിലും വ്യതിയാനം സൂചിപ്പിക്കുന്ന പട്ടിക (പട്ടിക 10.1) നൽകിയിട്ടുള്ളത് നിരീക്ഷിക്കൂ.

പട്ടിക 10.1: നിശ്ചിതതലങ്ങളിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന ഊഷ്മാവും മർദവും

തലം	മർദം (mb)	ഊഷ്മാവ് (°C)
സമുദ്രനിരപ്പ്	1,013.25	15.2
1 കി.മീ.	898.76	8.7
5 കി.മീ.	540.48	17. 3
10 കി.മീ.	265.00	49.7

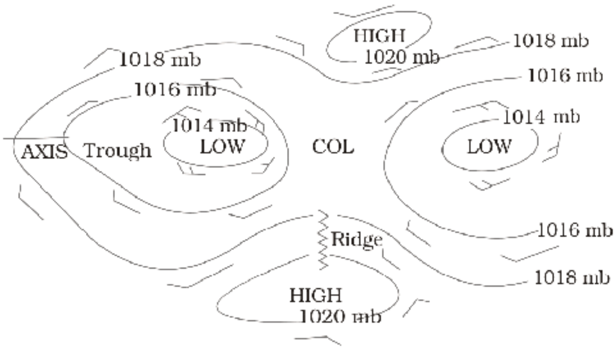
ലംബതലത്തിലുള്ള മർദചരിവുമാനബലം തിരശ്ചീനതലത്തിലുള്ള മർദചരിവുമാനത്തേക്കാൾ കൂടുതലാണ്. എന്നിരുന്നാലും വിപരീതവും ഏകദേശം തുല്യവുമായ ഭൂഗുരുത്വബലം ഇതിനെ സന്തുലനപ്പെടുത്തുന്നു. ലംബ

തലത്തിൽ ശക്തമായ വായുപ്രവാഹം അനുഭവപ്പെടാത്തതിന് കാരണമിതാണ്.

മർദത്തിന്റെ തിരശ്ചീനതലവിതരണം

(Horizontal Distribution of Pressure)

അന്തരീക്ഷമർദത്തിലുണ്ടാകുന്ന വളരെ ചെറിയ ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകൾപോലും കാറ്റിന്റെ ദിശയേയും വേഗതയേയും സംബന്ധിച്ച് പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നു. നിശ്ചിതവിതാനങ്ങളിലെ സമമർദരേഖകൾ നിരീക്ഷി



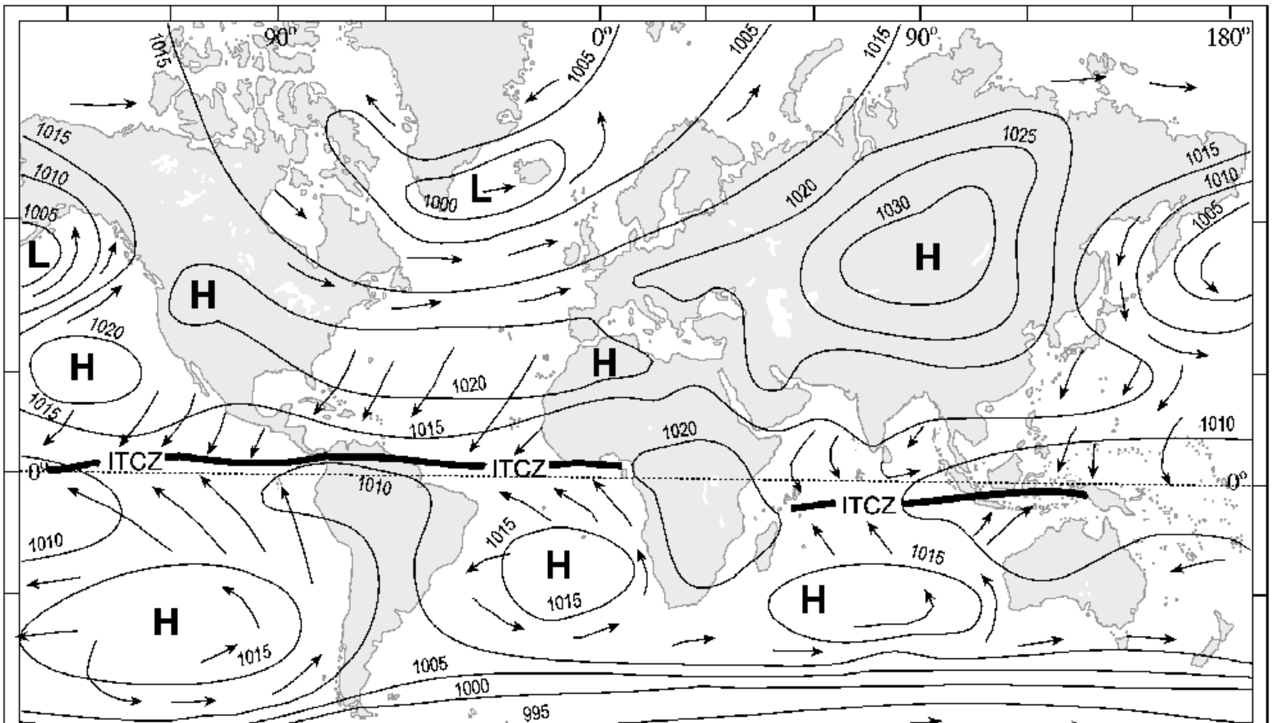
ചിത്രം 10.1 ഉത്തരാർധഗോളത്തിലെ സമമർദരേഖകൾ, അന്തരീക്ഷമർദം, കാറ്റിന്റെ വ്യതിയാനം

ച്ചാണ് മർദത്തിന്റെ തിരശ്ചീനതലവിതരണക്രമം മനസ്സിലാക്കുന്നത്. ഒരേ അന്തരീക്ഷമർദമുള്ള സ്ഥലങ്ങളെ തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിച്ചുകൊണ്ട് വരയ്ക്കുന്ന സാങ്കൽപിക രേഖകളാണ് സമ മർദരേഖകൾ (Isobars). ഉയരത്തിനനുസരിച്ച് മർദത്തിലുണ്ടായേക്കാവുന്ന വ്യതിയാനം ഒഴിവാക്കുന്നതിനും വിവിധ സ്ഥലങ്ങളിലെ മർദമൂല്യം താരതമ്യം ചെയ്യുന്നതിനുമായി ഏത് കേന്ദ്രത്തിലേയും മർദമൂല്യത്തെ സമുദ്രനിരപ്പിലേതിന് തത്തുല്യമാക്കിയാണ് രേഖപ്പെടുത്തുന്നത്. ഭൂപടങ്ങളിൽ സാധാരണയായി സമുദ്രനിരപ്പിലെ അന്തരീക്ഷമർദമാണ് ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്.

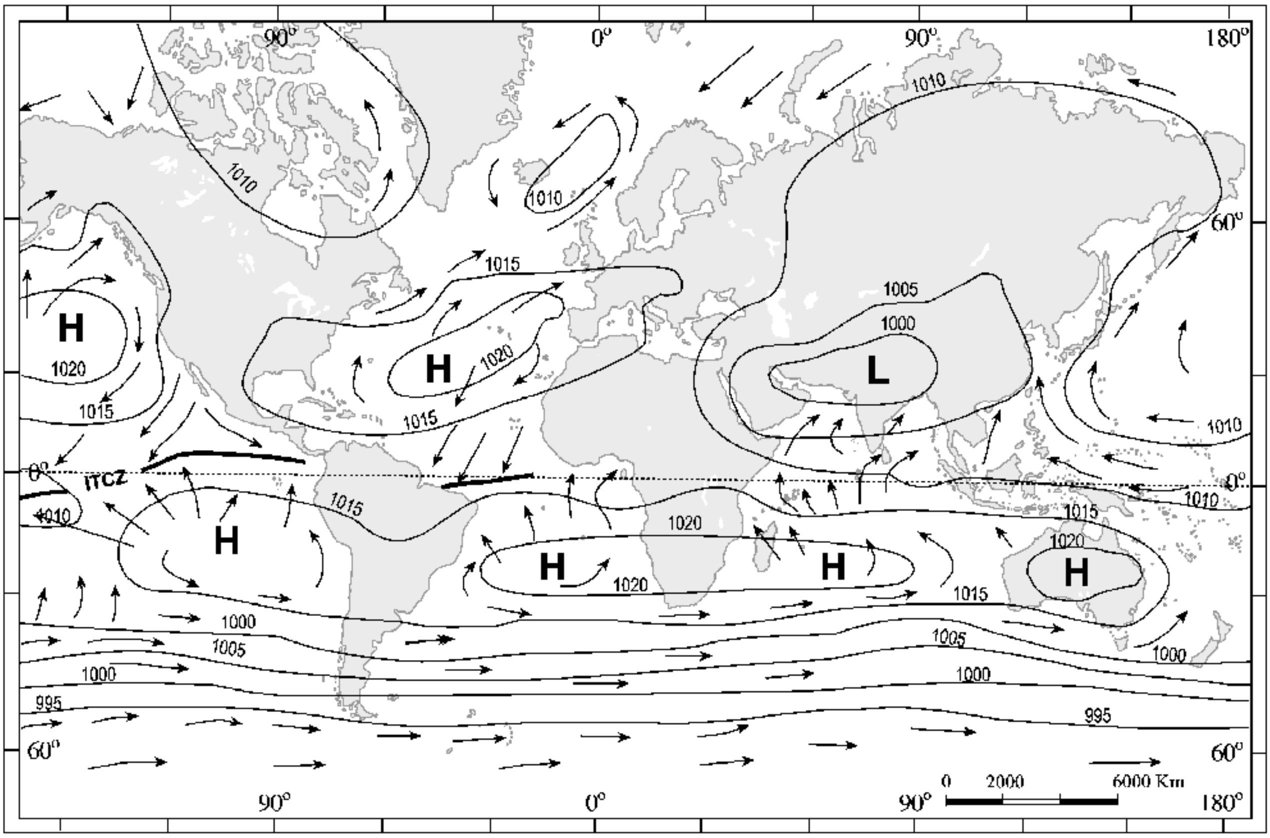
ചിത്രം 10.1 ഓരോ മർദവ്യൂഹങ്ങൾക്കും അനുസരിച്ചുള്ള സമമർദരേഖകളുടെ വിതരണം ചിത്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു ന്യൂനമർദവ്യൂഹത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്ത് ഏറ്റവും കുറഞ്ഞമർദവും അതിനെച്ചുറ്റി ഒന്നിലധികം സമമർദരേഖകളും ഉണ്ടായിരിക്കും. ഉച്ചമർദമേഖലക്ക് ചുറ്റുമായി ഒന്നിലധികം സമമർദരേഖകളുണ്ടായിരിക്കും. ഇതിന്റെ കേന്ദ്രഭാഗത്തായിരിക്കും ഏറ്റവും ഉയർന്ന മർദം അനുഭവപ്പെടുക.

സമുദ്രതല അന്തരീക്ഷമർദത്തിന്റെ ആഗോളവിതരണം
(World Distribution of Sea Level Pressure)

ചിത്രം 10.2, 10.3 എന്നിവ ആഗോളതലത്തിൽ ജനുവരി, ജൂലൈയ് മാസങ്ങളിലെ സമുദ്രനിരപ്പിലെ മർദത്തിന്റെ വിതരണം സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഭൂമധ്യരേഖയ്ക്കു



ചിത്രം 10.2: ജനുവരി മാസത്തിലെ അന്തരീക്ഷമർദത്തിന്റെ വിതരണം (മില്ലീബാറിൽ)



ചിത്രം 10.3: ജൂലൈ മാസത്തിലെ അന്തരീക്ഷമർദത്തിന്റെ വിതരണം (മില്ലീബാറിൽ)

സമീപം സമുദ്രനിരപ്പിലെ മർദം കുറവായമേഖല ഭൂമധ്യരേഖാന്യൂനമർദമേഖല (Equatorial low) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. മധ്യരേഖാപ്രദേശത്തു നിന്ന് 30° വടക്കുമുതൽ 30° തെക്കുവരെ ഉയർന്ന അന്തരീക്ഷമർദം അനുഭവപ്പെടുന്ന പ്രദേശമാണ് ഉപോഷ്ണ ഉച്ചമർദമേഖല (Subtropical high). ധ്രുവത്തിന് അടുത്തായി 60° വടക്കും 60° തെക്കുമായി കാണുന്ന ന്യൂനമർദമേഖലയാണ് ഉപധ്രുവീയന്യൂനമർദമേഖല (Sub polar low). ഇരുധ്രുവങ്ങളിലും മർദം വളരെ കൂടുതലായി അനുഭവപ്പെടുന്ന മേഖലയാണ് ധ്രുവീയഉച്ചമർദമേഖല (Polar high). ഈ മർദമേഖലകളുടെ ഒന്നുംതന്നെ സ്ഥാനം സ്ഥിരമല്ല. സൂര്യന്റെ ആപേക്ഷികസ്ഥാനമാറ്റമനുസരിച്ച് അവ മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഉത്തരാർധഗോളത്തിൽ അവ ശൈത്യകാലത്ത് തെക്കോട്ടും ഉഷ്ണകാലത്ത് വടക്കോട്ടും മാറുന്നു.

കാറ്റിന്റെ ദിശയേയും വേഗതയേയും സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ (Forces affecting the Velocity and Direction of Wind)

അന്തരീക്ഷമർദത്തിലെ ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകളാണ് വായുവിന്റെ ചലനത്തിനു കാരണമെന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാം. വായുവിന്റെ തിരശ്ചീനതലത്തിലുള്ള ചലനമാണ് കാറ്റ്. ഉച്ചമർദം അനുഭവപ്പെടുന്ന മേഖലയിൽനിന്നും ന്യൂനമർദം അനുഭവപ്പെടുന്ന മേഖലയിലേക്കാണ് കാറ്റ് വീശുന്നത്. ഭൗമോപരിതലത്തിൽ കാറ്റിന് ഘർഷണം അനുഭവപ്പെടുന്നു, മാത്രവുമല്ല ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണവും കാറ്റിന്റെ ചലനത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്നുണ്ട്. ഭ്രമണം ചെലുത്തുന്ന ബലമാണ് കോറിയോലിസ് ബലം. മർദചരിവുമാന ബലം, ഘർഷണബലം, കോറിയോലിസ് ബലം എന്നീ മൂന്നു ബലങ്ങളുടെ സംയുക്തപ്രഭാവം ഭൗമോപരിതലത്തിനടുത്ത് കാറ്റിന്റെ വേഗതയേയും ദിശയേയും സ്വാധീനിക്കുന്നു. ഇതിനുപുറമെ ഗുരുത്വാകർഷണബലവും താഴേക്ക് അനുഭവപ്പെടുന്നു.

മർദചരിവുമാനബലം (Pressure Gradient Force)

അന്തരീക്ഷമർദത്തിലെ വ്യതിയാനങ്ങൾ ഒരു ബലം രൂപപ്പെടുത്തുന്നു. ദൂരത്തിനനുസൃതമായി ഉണ്ടാകുന്ന മർദവ്യത്യാസത്തിന്റെ നിരക്കാണ് മർദചരിവുമാനം (Pressure gradient). സമമർദരേഖകൾ അടുത്തടുത്തായി കാണപ്പെടുന്ന ഇടങ്ങളിൽ മർദചരിവ് കൂടുതലും സമമർദരേഖകൾ ഒന്നിനൊന്ന് അകന്ന് സ്ഥിതിചെയ്യുകയാണെങ്കിൽ മർദചരിവ് കുറവുമായിരിക്കും.

ഘർഷണബലം (Frictional Force)

ഘർഷണബലം കാറ്റിന്റെ വേഗതയെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. ഭൗമോപരിതലത്തിനടുത്ത് ഘർഷണം ഏറ്റവും കൂടുതലായിരിക്കും. ഭൗമോപരിതലത്തിൽനിന്നും

ഒരു കിലോമീറ്റർ മുതൽ മൂന്ന് കിലോമീറ്റർവരെയാണ് ഘർഷണബലം പൊതുവെ അനുഭവപ്പെടാറുള്ളത്. സമുദ്രോപരിതലം, നിരപ്പായ ഭൂപ്രദേശങ്ങൾ എന്നിവിടങ്ങളിൽ ഘർഷണം കുറവായതിനാൽ കാറ്റിന് വേഗം കൂടുതലായിരിക്കും.

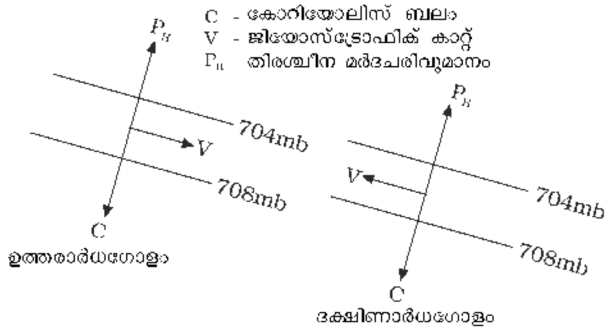
കോറിയോലിസ് ബലം (Coriolis Force)

ഭൂമിയുടെ അച്ചുതണ്ടിന്മേലുള്ള ഭ്രമണവും കാറ്റിന്റെ ദിശയെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. 1844-ൽ കോറിയോലിസ് ബലത്തെക്കുറിച്ച് ആദ്യമായി വിശദീകരിച്ച ഫ്രഞ്ച് ഭൗതികശാസ്ത്രജ്ഞനായ കോറിയോലിസിന്റെ പേരിൽ ഈ ബലം അറിയപ്പെടുന്നു. ഈ ബലം ഉത്തരാർധഗോളത്തിൽ കാറ്റിന്റെ സഞ്ചാരദിശയ്ക്ക് വലത്തോട്ടും ദക്ഷിണാർധഗോളത്തിൽ സഞ്ചാരദിശയ്ക്ക് ഇടത്തോട്ടും വ്യതിചലനമുണ്ടാക്കുന്നു. കാറ്റിന്റെ വേഗം കൂടുന്തോറും വ്യതിചലനത്തിന്റെ അളവും കൂടുതലായിരിക്കും. ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശത്തുനിന്നും ധ്രുവങ്ങളിലേക്ക് പോകുന്തോറും കോറിയോലിസ് ബലത്തിൽ ആനുപാതികമായ വർധന ഉണ്ടാകുന്നു. ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശങ്ങളിൽ കോറിയോലിസ് ബലം അനുഭവപ്പെടുന്നില്ല. ധ്രുവങ്ങളിലാണ് ഇത് ഏറ്റവും കൂടുതൽ അനുഭവപ്പെടുന്നത്.

മർദചരിവുമാനബലത്തിന് ലംബമായിട്ടാണ് കോറിയോലിസ് ബലം അനുഭവപ്പെടുന്നത്. കോറിയോലിസ് ബലം സമമർദരേഖകൾക്ക് ലംബമായിരിക്കും. മർദചരിവുമാനബലം കൂടുന്തോറും കാറ്റിന്റെ വേഗതയും ദിശാവ്യതിയാനവും കൂടും. പരസ്പരം ലംബമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന മേൽപ്പറഞ്ഞ രണ്ട് ബലങ്ങളുടെയും ഫലമായി ന്യൂനമർദമേഖലകളിൽ കാറ്റ് അവയ്ക്ക് ചുറ്റുമായി വീശുന്നു. ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശത്ത് കോറിയോലിസ് ബലം പൂജ്യമായതിനാൽ കാറ്റ് സമമർദരേഖകൾക്ക് ലംബമായി വീശുന്നു. ഇത് ന്യൂനമർദം ശക്തിപ്രാപിക്കുന്നതിന് പകരം വായുകൊണ്ട് നിറയാൻ കാരണമാവുന്നു. ഇതാണ് ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശങ്ങളിൽ ഉഷ്ണമേഖലാ ചുഴലിക്കാറ്റുകൾ രൂപംകൊള്ളാതിരിക്കാൻ കാരണം.

മർദവും കാറ്റും (Pressure and Wind)

കാറ്റ് രൂപംകൊള്ളുന്നതിന് കാരണമായ ബലങ്ങളുടെ ആകെ ഫലമാണ് കാറ്റിന്റെ വേഗതയും ദിശയും. ഭൗമോപരിതലത്തിൽനിന്നും 2 മുതൽ 3 കിലോമീറ്റർ വരെ ഉയരത്തിൽ അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഉയർന്ന വിതാനങ്ങളിലെ കാറ്റുകളെ ഘർഷണബലം സ്വാധീനിക്കുന്നില്ല. ഈ മേഖലയിൽ കോറിയോലിസ് ബലവും മർദചരിവുമാനബലവുമാണ് കാറ്റിനെ പ്രധാനമായും നിയന്ത്രിക്കുന്നത്. സമമർദരേഖകൾ നേർരേഖകളാകുകയും ഘർഷണം ഇല്ലാതിരിക്കുകയും ചെയ്യുമ്പോൾ മർദ



ചിത്രം 10.4: ഭൂവിക്ഷേപവാതങ്ങൾ (Geostrophic winds)

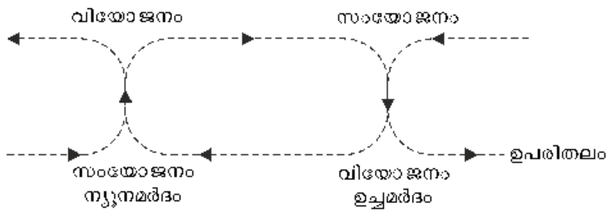
ചരിവുമാനബലവും കോറിയോലിസ് ബലവും സന്തുലിതമാകുന്നു. അതിന്റെ ഫലമായി കാറ്റുകൾ സമ മർദരേഖകൾക്ക് സമാന്തരമായി വീശുന്നു. ഈ കാറ്റുകളാണ് ഭൂവിക്ഷേപവാതങ്ങൾ (Geostrophic winds) എന്നറിയപ്പെടുന്നത് (ചിത്രം 10.4).

ഒരു ന്യൂനമർദത്തിന് ചുറ്റുമായി വായുവിന്റെ ചംക്രമണത്തെയാണ് ചക്രവാതചംക്രമണം (Cyclonic Circulation) എന്നു പറയുന്നത്. ഇത് ഒരു ഉച്ചമർദത്തിന് ചുറ്റുമാണെങ്കിൽ അതിനെ പ്രതിചക്രവാതചംക്രമണം (Anticyclonic circulation) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഈ വ്യൂഹങ്ങളിലെ കാറ്റുകളുടെ ദിശ ഓരോ അർധഗോളത്തിലും വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും (പട്ടിക 10.2).

ഭൗമോപരിതലത്തിനടുത്ത് ഉച്ചമർദത്തിനും ന്യൂനമർദത്തിനും ചുറ്റുമുള്ള കാറ്റിന്റെ ചംക്രമണത്തിന് പലപ്പോഴും അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഉയർന്ന വിതാനങ്ങളിലെ കാറ്റിന്റെ ചംക്രമണവുമായി അടുത്ത ബന്ധമുണ്ട്. പൊതുവെ ന്യൂനമർദമേഖലകളിൽ വായു സംഗമിക്കുകയും ഉയരുകയും ചെയ്യുന്നു. ഉച്ചമർദമേഖലയിൽ വായു താഴുകയും ഉപരിതലത്തിൽ വ്യാപിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു (ചിത്രം 10.5). ഇതിന് പുറമെ ചില ചുഴികൾ (Eddiies) സംവഹനപ്രവാഹങ്ങൾ, പർവതചരിവുകൾ എന്നിവയിലൂടെയും വാതമുഖ (Fronts) ങ്ങളിലൂടെയുമുള്ള വായുവിന്റെ ഉത്ഥാനം (Uplift) ഇവയൊക്കെ മേഘങ്ങളുടെ രൂപീകരണത്തിനും വർഷണത്തിനും അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്.

പട്ടിക 10.2: ചക്രവാതങ്ങളിലും പ്രതിചക്രവാതങ്ങളിലും കാറ്റിന്റെ ദിശാഘടന

മർദവ്യൂഹം	കേന്ദ്രത്തിലെ മർദാവസ്ഥ	കാറ്റിന്റെ ദിശാഗതി	
		ഉത്തരാർധഗോളം	ദക്ഷിണാർധഗോളം
ചക്രവാതം	കുറവ്	എതിർഘടികാരദിശ	ഘടികാരദിശ
പ്രതിചക്രവാതം	കൂടുതൽ	ഘടികാരദിശ	എതിർഘടികാരദിശ

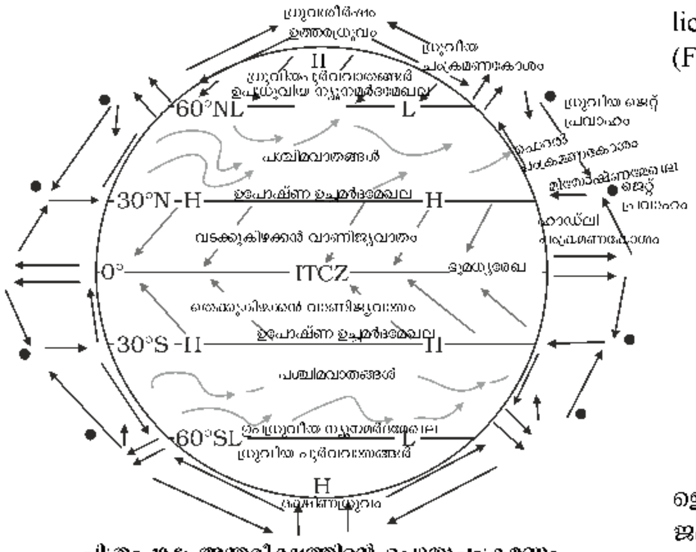


ചിത്രം 10.5: കാറ്റുകളുടെ സംയോജനവും വിയോജനവും

അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ പൊതുചംക്രമണം (General circulation of the atmosphere)

ആഗോളവാതങ്ങളുടെ ക്രമം താഴെ പറയുന്ന ഘടകങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു: (i) വിവിധ അക്ഷാംശങ്ങളിൽ അന്തരീക്ഷം ചൂടുപിടിക്കുന്നതിലെ ഏറ്റക്കുറച്ചിൽ, (ii) മർദമേഖലകളുടെ ആവിർഭാവം, (iii) സൂര്യന്റെ ആപേക്ഷികമാറ്റത്തിനനുസരിച്ച് മർദമേഖലകൾക്കുണ്ടാകുന്ന സ്ഥാനമാറ്റം, (iv) വൻകരകളുടെയും സമുദ്രങ്ങളുടെയും വിതരണം, (v) ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണം.

ആഗോളവാതങ്ങളുടെ സഞ്ചാരക്രമത്തെ അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ പൊതുചംക്രമണം എന്നറിയപ്പെടുന്നു. അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ പൊതുചംക്രമണം സമുദ്രജലചലനങ്ങൾക്ക് കാരണമാകുന്നു. അത് ആഗോളകാലാവസ്ഥയെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ പൊതുചംക്രമണവ്യൂഹങ്ങളെ വിശദമാക്കുന്ന ചിത്രം താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. (ചിത്രം 10.6)



ചിത്രം 10.6: അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ പൊതുചംക്രമണം

ഉയർന്ന സൗരവികിരണംമൂലം അന്തർ ഉഷ്ണമേഖലാ സംക്രമണമേഖല (Inter Tropical Convergence Zone - ITCZ) യിലെ വായു സംവഹനത്താൽ ഉയരാൻ ഇടയാകുകയും അവിടെ ന്യൂനമർദം രൂപംകൊള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു. ഉഷ്ണമേഖലയിൽ നിന്നുള്ള വായു ഈ ന്യൂനമർദമേഖലയിൽ സംഗമിക്കുന്നു. ഇങ്ങനെ സംഗമിച്ച വായു സംവഹനകോശത്തോടൊപ്പം ഉയരുകയും ഏതാണ്ട് 14 കിലോമീറ്ററോളം ഉയരത്തിൽ ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിന്റെ മുകൾപരപ്പിൽ എത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. തുടർന്ന് ഇത് ധ്രുവങ്ങളിലേക്ക് നീങ്ങുന്നതുമൂലം ഏകദേശം 30° വടക്ക് 30° തെക്ക് അക്ഷാംശങ്ങളിൽ വായു കുന്നുകൂടുന്നതിന് കാരണമാവുന്നു. ഇതിലൊരുഭാഗം തറനിരപ്പിലേക്ക് താഴുകയും ഉപോഷ്ണ ഉച്ചമർദം ആവുകയും ചെയ്യുന്നു. 30° വടക്കുതെക്ക് അക്ഷാംശങ്ങളിൽ എത്തുമ്പോഴേക്കും വായു തണുക്കുന്നതാണ് മേൽപ്പറഞ്ഞ താഴ്ന്നിറങ്ങലിന് മറ്റൊരു കാരണം. ഇങ്ങനെ വൻതോതിൽ ഭൗമോപരിതലത്തേക്ക് താഴ്ന്നിറങ്ങുന്ന വായു അവിടെനിന്നും പൂർവവാതങ്ങളായി മധ്യരേഖാപ്രദേശത്തേക്ക് വീശുന്നു. മധ്യരേഖയ്ക്ക് ഇരുവശത്തുനിന്നും എത്തുന്ന പൂർവവാണിജ്യവാതങ്ങൾ അന്തർ ഉഷ്ണമേഖലാ സംക്രമണമേഖല (ITCZ) യിൽ സംഗമിക്കുന്നു.

ഭൗമോപരിതലത്തിൽനിന്നും മുകളിലേക്കും തിരികെയുമുള്ള വായുവിന്റെ ചാക്രികഗതിയെ ചംക്രമണകോശങ്ങൾ (Cells) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഉഷ്ണമേഖലയിലെ ചംക്രമണകോശമാണ് ഹാഡ്‌ലിചംക്രമണകോശം (Hadley Cell). ഉപോഷ്ണ ഉച്ചമർദമേഖലയിൽനിന്നും വീശി ഉയരുന്ന ചൂടുവായുവും ധ്രുവങ്ങളിൽനിന്നും വീശിതാഴുന്ന ശീതവായുവും സൃഷ്ടിക്കുന്ന ചംക്രമണമാണ് മധ്യ അക്ഷാംശമേഖലയിൽ ഉള്ളത്. ഭൗമോപരിതലത്തിൽ ഈ കാറ്റുകളെ പശ്ചിമവാതങ്ങൾ (Westerlies) എന്നും ചംക്രമണകോശത്തെ ഫെറൽസെൽ (Ferrel Cell) എന്നും വിളിക്കുന്നു.

ധ്രുവപ്രദേശങ്ങളിൽ താഴ്ന്നിറങ്ങുന്ന തണുത്തുറഞ്ഞ സാന്ദ്രത കൂടിയ വായു മധ്യഅക്ഷാംശപ്രദേശത്തിലേക്ക് ധ്രുവീയപൂർവവാതങ്ങളായി വീശുന്നു. ഇതാണ് ധ്രുവീയചംക്രമണകോശം (Polar Cell). മേൽപറഞ്ഞ മൂന്ന് ചംക്രമണകോശങ്ങളും ചേർന്ന് അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ പൊതുചംക്രമണക്രമം നിശ്ചയിക്കുന്നു. താഴ്ന്ന അക്ഷാംശങ്ങളിൽനിന്നും ഉയർന്ന അക്ഷാംശങ്ങളിലേക്കുള്ള താപകൈമാറ്റം നിലനിർത്തുന്നത് അന്തരീക്ഷത്തിലെ പൊതുചംക്രമണമാണ്.

അന്തരീക്ഷത്തിലെ പൊതുചംക്രമണം സമുദ്രങ്ങളെയും സ്വാധീനിക്കുന്നുണ്ട്. ആഗോളവാതങ്ങൾ സമുദ്രജലം സാവധാനം ഒരിടത്തുനിന്നും മറ്റൊരിടത്തേക്ക് വൻതോതിൽ നീങ്ങുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു. പകരമായി സമുദ്രങ്ങൾ അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് ഊർജ്ജവും ഈർപ്പവും പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു. അതിവിസ്തൃതമായ സമുദ്രത്തിൽ ഈ കൈമാറ്റങ്ങൾക്ക് താരതമ്യേന വേഗത കുറവാണ്.

അന്തരീക്ഷത്തിലെ പൊതുചംക്രമണവും അവ സമുദ്രങ്ങളിൽ ഉണ്ടാക്കുന്ന പ്രഭാവങ്ങളും

അന്തരീക്ഷ ചംക്രമണത്തിന്റെ ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട ഫലമാണ് പസഫിക് സമുദ്രത്തിന്റെ ചൂടാകലും തണുക്കലും. മധ്യപസഫിക് സമുദ്രത്തിലെ ഉഷ്ണജലം, സാവകാശം തെക്കേ അമേരിക്കൻ തീരത്തേക്കു നീങ്ങുകയും തണുത്ത പെറുവിയൻ പ്രവാഹങ്ങളെ തള്ളിമാറ്റുകയും ചെയ്യുന്നു. അതിന്റെ ഫലമായി പെറുവിന്റെ തീരത്ത് ഉഷ്ണജലം എത്തുന്നു. ഈ പ്രതിഭാസമാണ് എൽനിനോ (El Nino) എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. ഇതിന് മധ്യപസഫിക് സമുദ്രത്തിലേയും ആസ്ട്രേലിയയിലേയും മർദസാഹചര്യങ്ങളുമായി അടുത്ത ബന്ധമുണ്ട്. പസഫിക് സമുദ്രത്തിലെ മർദസാഹചര്യത്തിലുണ്ടാകുന്ന മാറ്റമാണ് ദക്ഷിണ ആന്ദോളനം (southern oscillation) എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. ദക്ഷിണ ആന്ദോളനം, എൽനിനോ എന്നീ പ്രതിഭാസങ്ങളുടെ സംയോജിതഫലമാണ് ENSO. ENSO ശക്തമാകുന്ന വർഷങ്ങളിൽ ആഗോളതലത്തിൽ വലിയതോതിൽ കാലാവസ്ഥാ വ്യതിയാനങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. തെക്കേ അമേരിക്കയുടെ വരണ്ട പടിഞ്ഞാറൻ തീരത്ത് ശക്തമായ മഴ ലഭിക്കുന്നതും ആസ്ട്രേലിയയിലും ചില സമയത്ത് ഇന്ത്യയിലും വരൾച്ച അനുഭവപ്പെടുന്നതും ചൈനയിൽ വെള്ളപ്പൊക്കമുണ്ടാകുന്നതുമെല്ലാം ഇതിന്റെ ഫലമായാണ്. ഈ പ്രതിഭാസങ്ങളെ സൂക്ഷ്മമായി നിരീക്ഷിച്ചാണ് ലോകത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിലെ പ്രധാന മേഖലകളിലെ ദീർഘകാല കാലാവസ്ഥാപ്രവചനം നടത്തുന്നത്.

കാലികവാതങ്ങൾ (Seasonal Winds)

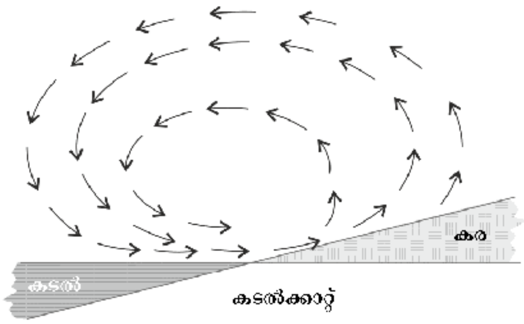
ഏറ്റവും കൂടുതൽ ചൂടാകുന്ന പ്രദേശം, മർദം, കാറ്റിന്റെ മേഖലകൾ എന്നിവയിൽ ഋതുഭേദങ്ങൾക്കനുസൃതമായി ഉണ്ടാകുന്ന സ്ഥാനമാറ്റം കാറ്റിന്റെ ചംക്രമണഗതിയെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. ഈ മാറ്റത്തിന്റെ ഏറ്റവും പ്രകടമായഫലം തെക്കുകിഴക്കൻ ഏഷ്യയിലെ മൺസൂണുകളിലാണ്. അതിന്റെ വിശദാംശങ്ങൾ നിങ്ങൾ, ഇന്ത്യ: ഭൗതികപരിസ്ഥിതി (എൻസിഇആർടി, 2006) എന്ന പുസ്തകത്തിൽനിന്നും മനസ്സിലാക്കുക. പൊതുചംക്രമണവ്യൂഹങ്ങളിൽ നിന്നുള്ള മറ്റ് പ്രാദേശിക വ്യതിയാനങ്ങൾ ചുവടെ ചേർക്കുന്നു.

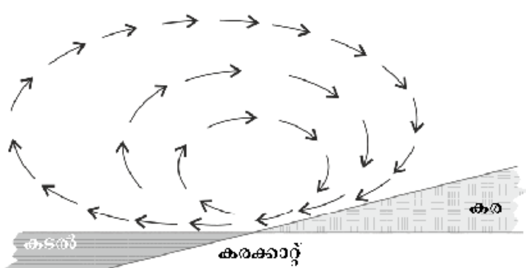
പ്രാദേശിക വാതങ്ങൾ (Local Winds)

ദൈനികമായോ കാലികമായോ ഭൗമോപരിതലം ചൂടാകുന്നതിലെയും തണുക്കുന്നതിലെയും വ്യത്യാസങ്ങൾ നിരവധി പ്രാദേശികവാതങ്ങൾക്ക് കാരണമാകുന്നു.

കരക്കാറ്റും കടൽക്കാറ്റും (Land and Sea Breezes)

കരയും കടലും താപം ആഗിരണം ചെയ്യുന്നതും കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്നതും വ്യത്യസ്തരീതിയിലാണ്. പകൽസമയത്ത് കര വേഗം ചൂട് പിടിക്കുകയും കടലിനേക്കാൾ ചൂടാകുകയും ചെയ്യുന്നു. അപ്പോൾ കരയുടെ മുകളിലെ വായു ചൂടായി ഉയരുകയും അവിടെ ഒരു ന്യൂനമർദം രൂപംകൊള്ളുകയും ചെയ്യും. അതേസമയം താരതമ്യേന തണുത്ത കടലിനുമുകളിൽ ഉയർന്ന മർദമായിരിക്കും. അതിന്റെ ഫലമായി മർദചരിവുമാനം കടലിൽനിന്നും കരയിലേക്കാവുകയും കടലിൽനിന്നും കരയിലേക്കു കാറ്റ് വീശുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതാണ് കടൽക്കാറ്റ് (Sea Breeze). രാത്രിയിൽ ഇതിനുനേർ വിപരീതമായ സാഹചര്യമാണ്. കര കടലിനേക്കാൾ വേഗത്തിൽ താപം നഷ്ടപ്പെടുത്തുകയും തണുക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. മർദചരിവുമാനം കരയിൽനിന്നും കടലിലേക്കാകുകയും അതിനെതുടർന്ന് കരയിൽനിന്നും കടലിലേക്ക് കാറ്റ് വീശുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതാണ് കരക്കാറ്റ് (Land Breeze) (ചിത്രം 10.7).





ചിത്രം 10.7 : കരക്കാറ്റും കടൽക്കാറ്റും

പർവതക്കാറ്റും താഴ്‌വരക്കാറ്റും (Mountain and Valley Winds)

പകൽസമയത്ത് പർവതചരിവുകളിലെ വായു ചൂടുപിടിച്ച് ഉയരുന്നു. അപ്പോൾ അവിടെ ഉണ്ടാകുന്ന വായുവിന്റെ കുറവ് നികത്തുന്നതിനായി താഴ്‌വരകളിൽനിന്നും കാറ്റ് വീശിയെത്തുന്നു. ഇതാണ് താഴ്‌വരക്കാറ്റ് (Valley breeze). രാത്രികാലങ്ങളിൽ പർവതചരിവുകളിലെ വായു തണുക്കുന്നു. ഭാരംകൂടിയ ഈ വായു താഴ്‌വരകളിലേക്ക് നീങ്ങുന്നതാണ് പർവതക്കാറ്റ് (Mountain breeze). ഹിമപാളികളിലെയും ഉയർന്ന പീഠഭൂമികളിലെയും തണുത്ത വായു താഴ്‌വരകളിലേക്ക് ഒഴുകി ഇറങ്ങുന്നതിനെ

കാറ്റബാറ്റിക് (Katabatic) കാറ്റ് എന്നറിയപ്പെടുന്നു. പർവതചരിവുകളിലൂടെ ഉയരുന്ന വായു തണുക്കുകയും അതിലെ ഈർപ്പം ഘനീഭവിച്ച് മഴ പെയ്യുകയുംചെയ്യുന്നു. തുടർന്ന് പർവതങ്ങളുടെ മറുചരിവിലേക്ക് കടക്കുന്ന വരണ്ട വായു അഡിയാബാറ്റിക് (Adiabatic) പ്രക്രിയയിലൂടെ (വായു ഭൗമോപരിതലത്തിലേക്ക് താഴുന്നതിനെ തുടർന്ന് ചൂടുപിടിക്കുന്ന പ്രക്രിയ) ചൂടാകുന്നു. ചുരുങ്ങിയ സമയംകൊണ്ട് ഈ വരണ്ട കാറ്റ് പർവതച്ചരിവുകളിലെ മഞ്ഞുരുക്കുന്നു.

വായുസഞ്ചയങ്ങൾ (Air Masses)

സമാനസവിശേഷതകൾ പുലർത്തുന്ന ഒരു പ്രദേശത്തിനുമുകളിൽ വായു വേണ്ടത്ര സമയം നിലകൊള്ളുകയാണെങ്കിൽ ആ പ്രദേശത്തിന്റെ സവിശേഷതകൾ ആ വായുവിലേക്ക് പകരുന്നു. അതിവിശാലമായ സമുദ്രോപരിതലം, വിസ്തൃതമായ സമതലങ്ങൾ ഇവയൊക്കെ ഒരേ സവിശേഷതകളുള്ള പ്രദേശങ്ങളാണ്. താപം, ആർദ്രത ഇവയിലൊക്കെ സവിശേഷത പ്രകടിപ്പിക്കുന്നതാണ് ഓരോ വായുസഞ്ചയങ്ങളും. താപം, ആർദ്രത ഇവ തിരശ്ചീനതലത്തിൽ ഒരേപോലെയുള്ള ബൃഹത്തായ വായുപിണ്ഡങ്ങളാണിവ. ഈ വായുപിണ്ഡങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്ന ഐകരൂപ്യമുള്ള പ്രദേശങ്ങളെ ഉത്ഭവപ്രദേശങ്ങൾ (Source regions) എന്നു വിളിക്കുന്നു.

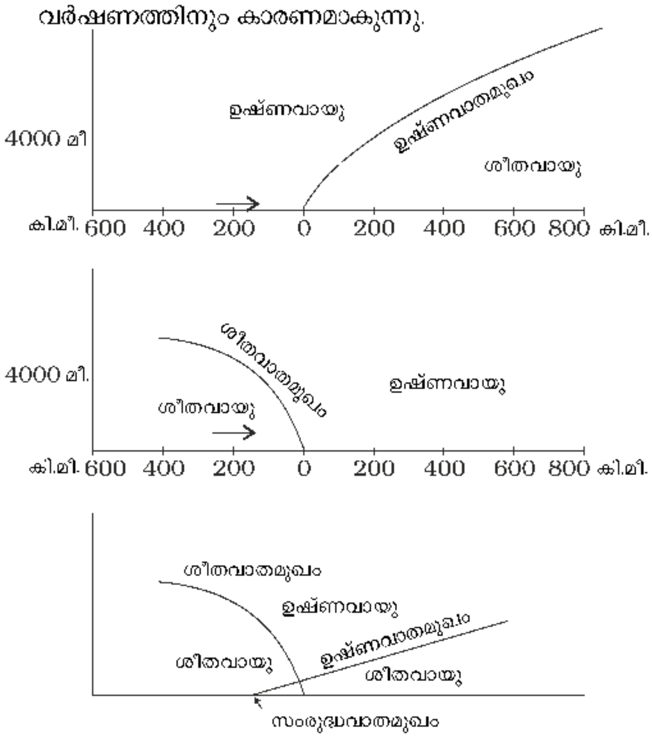
വായുസഞ്ചയങ്ങളെ അവയുടെ ഉത്ഭവപ്രദേശങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അഞ്ചായി തരംതിരിക്കാം. അവ: (i) ചൂടേറിയ ഉഷ്ണമേഖലയിലെയും ഉപോഷ്ണമേഖലയിലെയും സമുദ്രങ്ങൾ, (ii) ഉപോഷ്ണമേഖലയിലെ ഉഷ്ണമരുഭൂമികൾ, (iii) ഉയർന്ന അക്ഷാംശങ്ങളിലെ താരതമ്യേന തണുപ്പുള്ള സമുദ്രങ്ങൾ, (iv) ഉയർന്ന അക്ഷാംശങ്ങളിലെ മഞ്ഞ് മൂടിയ തണുപ്പേറിയ വൻകരകൾ, (v) ആർട്ടിക്-അന്റാർട്ടിക് പ്രദേശങ്ങളിലെ മഞ്ഞ് മൂടിയ വൻകരകൾ. അതിൻപ്രകാരം ചുവടെ ചേർക്കുന്ന തരം വായുസഞ്ചയങ്ങൾ (Airmasses) ഉള്ളതായി തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്: (i) ഉഷ്ണമേഖലാ സമുദ്രവായുസഞ്ചയം (Maritime tropical) (mT); (ii) ഉഷ്ണമേഖലാ വൻകരവായുസഞ്ചയം (Continental tropical) (cT); (iii) ധ്രുവീയ സമുദ്രവായുസഞ്ചയം (Maritime polar) (mP); (iv) ധ്രുവീയ വൻകരാവായുസഞ്ചയം (Continental polar) (cP); (v) ആർട്ടിക് വൻകരവായുസഞ്ചയം (Continental arctic) (cA).

ഉഷ്ണമേഖലാ വായുസഞ്ചയങ്ങൾ ചൂടുള്ളവയും ധ്രുവീയവായുസഞ്ചയങ്ങൾ തണുപ്പുള്ളവയുമായിരിക്കും.

വാതമുഖങ്ങൾ (Fronts)

അഭിമുഖമായി നിൽക്കുന്ന രണ്ട് വ്യത്യസ്ത വായുസഞ്ചയങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അതിർവരമ്പാണ് വാതമുഖം എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. വാതമുഖങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്ന പ്രക്രിയയാണ് വാതമുഖോൽപ്പത്തി (Frontogenesis) എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. വാതമുഖങ്ങൾ നാലുതരമുണ്ട്: (a) ശീതവാതമുഖം (Cold front); (b) ഉഷ്ണവാതമുഖം (Warm front); (c) നിശ്ചലവാതമുഖം (Stationary front); (d) സംരുദ്ധവാതമുഖം (Occluded front).

സ്ഥിരമായി നിൽക്കുന്ന വായുസഞ്ചയ അതിർവരമ്പാണ് നിശ്ചലവാതമുഖം (Stationary front) എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. തണുത്ത വായുസഞ്ചയം ഉഷ്ണവായുസഞ്ചയത്തിനടുത്തേക്ക് നീങ്ങുന്ന സന്ദർഭത്തിൽ അവ തമ്മിൽ സമ്പർക്കത്തിലേർപ്പെടുന്ന മേഖലയാണ് ശീതവാതമുഖം (Cold front) എന്ന് വിളിക്കപ്പെടുന്നത്. ഉഷ്ണവായുസഞ്ചയം ശീതവായുസഞ്ചയത്തിനടുത്തേക്കാണ് നീങ്ങുന്നതെങ്കിൽ അവിടത്തെ സമ്പർക്കമേഖല ഉഷ്ണവാതമുഖ (Warm front) മായിരിക്കും. ഒരു വായുസഞ്ചയം ഭൗമോപരിതലത്തിൽനിന്നും പൂർണമായും ഉയർത്തപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ അത് സംരുദ്ധവാതമുഖം (Occluded front) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. മധ്യ അക്ഷാംശപ്രദേശങ്ങളിൽ രൂപംകൊള്ളുന്ന വാതമുഖങ്ങളിലെ താപം, മർദം എന്നിവയിൽ കുത്തനെയുള്ള ചരിവുമാനം നിലനിൽക്കുന്നു. താപനിലയിൽ പൊടുന്നനെ മാറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്ന ഇവ ഉയർന്ന് മേഘരൂപീകരണത്തിനും വർഷണത്തിനും കാരണമാകുന്നു.



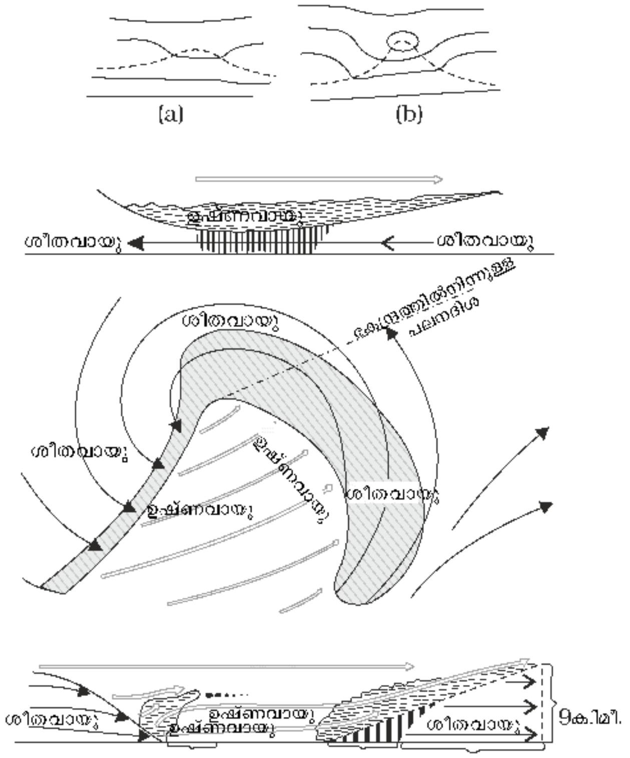
ചിത്രം 10.8 : (a) ഉഷ്ണവാതമുഖം, (b) ശീതവാതമുഖം, (c) സംരുദ്ധ വാതമുഖം എന്നിവയുടെ ലംബതലഛേദദൃശ്യം

മിതോഷ്ണ മേഖലാചക്രവാതങ്ങൾ (Extra Tropical Cyclones)

ഉഷ്ണമേഖലക്കപ്പുറത്ത് മധ്യ അക്ഷാംശങ്ങളിലും ഉയർന്ന അക്ഷാംശങ്ങളിലും രൂപംകൊള്ളുന്ന ന്യൂനമർദ

വ്യൂഹങ്ങളാണ് മിതോഷ്ണമേഖലാചക്രവാതങ്ങൾ. വാതമുഖങ്ങൾ കടന്നുപോകുന്നത് മധ്യഅക്ഷാംശങ്ങളിലെയും ഉയർന്ന അക്ഷാംശങ്ങളിലെയും കാലാവസ്ഥയിൽ പ്രകടമായ മാറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുവാൻ ഇടയാക്കുന്നു.

നിശ്ചലമായ ധ്രുവീയവാതമുഖങ്ങളിലാണ് മിതോഷ്ണമേഖല ചക്രവാതങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്നത്. വ്യത്യസ്ത ഊഷ്മാവ് അനുഭവപ്പെടുന്ന വാതമുഖങ്ങൾ തമ്മിൽ കൂടിച്ചേരുമ്പോഴാണ് ഇത്തരം ചക്രവാതങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. ഉത്തരാർധഗോളത്തിൽ ഉഷ്ണവായു വാതമുഖത്തിന് വടക്കുനിന്നുമാണ് വീശുന്നത്. വാതമുഖത്തിൽ മർദം കുറയുന്നതോടുകൂടി ഉഷ്ണവായു വീണ്ടും വടക്കോട്ടും ശീതവായു തെക്കോട്ടും നീങ്ങുന്നു. ഇത് ഒരു എതിർഘടികാര ചക്രവാതചംക്രമണം (Anti-clockwise cyclonic circulation) രൂപംകൊള്ളുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു. തുടർന്ന് ഇത് ഉഷ്ണവാതമുഖവും ശീതവാതമുഖവുമുള്ള മിതോഷ്ണമേഖലാചക്രവാതമായി വികാസം പ്രാപിക്കുന്നു. പൂർണവികാസം പ്രാപിച്ച മിതോഷ്ണമേഖലാചക്രവാതത്തിന്റെ രൂപരേഖയും ഛേദമുഖവും ചിത്രം 10.9-ൽ നൽകിയിരിക്കുന്നു.



ചിത്രം 10.9 : മിതോഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ

ശീതവായുമേഖലയുടെ മുൻഭാഗത്തിനും പിൻഭാഗത്തിനും ഇടയിലായി ഉഷ്ണവായു അകപ്പെട്ടുകിടക്കുന്നുണ്ട്. ഈ ഉഷ്ണവായു ശീതവായുവിന് മുകളിലേക്ക് തെന്നിക്കയറുന്നതോടെ ഉഷ്ണവാതമുഖത്തിന് മുന്നിലായി ആകാശത്ത് മേഘങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുകയും വർഷണമുണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു. അതേസമയം ശീതവാതമുഖം ഉഷ്ണവായുവിനെ പിന്നിൽനിന്നും തള്ളിനീക്കുന്നു. അതിന്റെ ഫലമായി ശീതവാതമുഖത്ത് ക്യൂമുലസ് മേഘങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്നു. തുടർന്ന് ശീതവാതമുഖം ഉഷ്ണവാതമുഖത്തെ മറികടക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് ഉഷ്ണവായു ഭൗമോപരിതലത്തിൽനിന്നും പൂർണമായും ഉയർത്തപ്പെടാൻ ഇടയാക്കുകയും സംരുദ്ധ (Occluded) വാതമുഖം രൂപംകൊള്ളുകയും ചക്രവാതം ദുർബലമാവുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഭൗമോപരിതലത്തിലും ഉയരങ്ങളിലുമുള്ള കാറ്റിന്റെ ചംക്രമണപ്രക്രിയകൾക്ക് തമ്മിൽ അടുത്തബന്ധമുണ്ട്. മിതോഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങളിൽനിന്നും വളരെയധികം വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. മിതോഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾക്ക് വ്യക്തമായ വാതമുഖവ്യവസ്ഥയുണ്ട്. ഇത് ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങളിൽ ഉണ്ടായിരിക്കുകയില്ല. മിതോഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ കരയുടെയും കടലിന്റെയും മുകളിൽ രൂപംകൊള്ളാം. ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ കടലിന് മുകളിൽമാത്രമെ രൂപംകൊള്ളാറുള്ളൂ, ഇവ കരയിലെത്തുന്നതോടെ ദുർബലമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. മിതോഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങളെക്കാൾ കൂടുതൽ സ്ഥലത്ത് വ്യാപിക്കുന്നു. ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങളിൽ കാറ്റിന് തീവ്രത കൂടുതലായതിനാൽ നാശനഷ്ടങ്ങളുടെ അളവും കൂടുതലായിരിക്കും.

മിതോഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ പടിഞ്ഞാറുനിന്നും കിഴക്കോട്ട് സഞ്ചരിക്കുന്നു. അതേസമയം ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങളുടെ സഞ്ചാരഗതി കിഴക്കുനിന്നും പടിഞ്ഞാറോട്ടാണ്.

ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ (Tropical Cyclones)

ഉഷ്ണമേഖലയിലെ സമുദ്രങ്ങൾക്ക് മുകളിൽ രൂപംകൊണ്ട് തീരത്തേക്ക് വീശുന്ന അതിതീവ്രമായ കൊടുങ്കാറ്റുകളാണ് ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ. ഇവ തീവ്രതയോടെ വീശുന്നതിനാൽ അതിശക്തമായ മഴയ്ക്കും കടലേറ്റത്തിനും വൻതോതിൽ നാശനഷ്ടങ്ങൾക്കും കാരണമാകുന്നു. ഏറ്റവും വിനാശകാരികളായ പ്രകൃതിദുരന്തങ്ങളിലൊന്നാണിത്. ഇന്ത്യൻ മഹാസമുദ്രത്തിൽ സൈക്ലോൺ (Cyclones), അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രപ്രദേശങ്ങളിൽ ഹരികെയ്ൻസ് (Hurricanes), പശ്ചിമ ശാന്തസമുദ്രപ്രദേശത്തും തെക്കൻ ചൈനാകടലിലും ടൈഫൂൺ (Typhoons), പശ്ചിമ ആസ്ട്രേലിയിൽ വില്ലിവില്ലീസ് (Willy-Willes) എന്നിങ്ങനെ വിവിധ രാജ്യങ്ങളിൽ വിവിധ പേരുകളിലാണ് ഇവ അറിയപ്പെടുന്നത്.

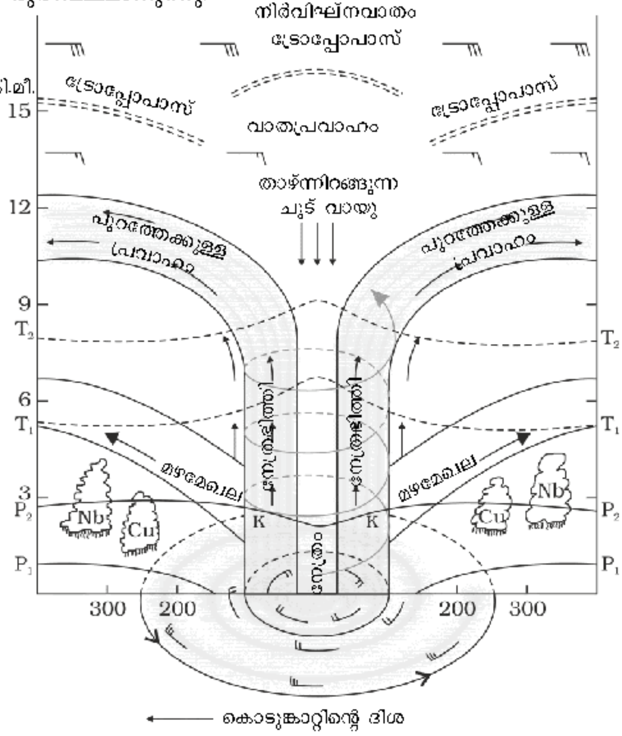
ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്നതും ശക്തിപ്രാപിക്കുന്നതും ചൂടേറിയ ഉഷ്ണമേഖലാ സമുദ്രങ്ങളുടെ മുകളിലാണ്. ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ രൂപംകൊള്ളുന്നതിനും ശക്തിപ്രാപിക്കുന്നതിനും അനുകൂലമായ സാഹചര്യങ്ങൾ: (i) 27°C-ൽ കൂടുതൽ ഊഷ്മാവുള്ള വിശാലസമുദ്രോപരിതലം; (ii) കൊറിയോലിസ് പ്രഭാവത്തിന്റെ സാമീപ്യം; (iii) കാറ്റിന്റെ ലംബതലവേഗതയിൽ ഉണ്ടാകുന്ന നേരിയ വ്യത്യാസങ്ങൾ; (iv) നേരത്തെതന്നെ നിലനിന്നിരുന്ന ഒരു ദുർബല ന്യൂനമർദമേഖല; (v) സമുദ്രനിരപ്പിന് മുകളിലായി ഉയർന്നതലത്തിലെ വായുവിന്റെ വിയോജനം.

ചക്രവാതകേന്ദ്രത്തിന് ചുറ്റുമായി ഉയരങ്ങളിലേക്ക് വ്യാപിച്ചിട്ടുള്ള ക്യൂമുലോനിംബസ് മേഘങ്ങളുടെ രൂപീകരണപ്രക്രിയയിലൂടെയാണ് ഇവയ്ക്ക് വേണ്ടത്ര ഊർജം ലഭിക്കുന്നത്. സമുദ്രത്തിൽനിന്നും തുടർച്ചയായി ലഭിക്കുന്ന ഈർപ്പം ചക്രവാതത്തിന്റെ തീവ്രത വർധിപ്പിക്കുന്നു. കരയിലെത്തുന്നതോടുകൂടി ഇവയ്ക്ക് ഈർപ്പം ലഭിക്കാതാവുകയും ചക്രവാതങ്ങൾ ദുർബലമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതങ്ങൾ കരയിലേക്ക് കടക്കുന്ന പ്രദേശത്തെ ചക്രവാതത്തിന്റെ ലാന്റ് ഫാൾ (Land fall) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. 20° ഉത്തര അക്ഷാംശം മറികടക്കുന്ന ഇത്തരം ചക്രവാതങ്ങൾക്ക് ദിശാവ്യതിയാനം സംഭവിച്ച് കൂടുതൽ വിനാശകാരിയായി മാറുന്നു.

പൂർണവികാസം പ്രാപിച്ച ഒരു ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതത്തിന്റെ ലംബതല ഛേദദൃശ്യം ചിത്രം 10.10-ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിന് ചുറ്റുമായി അതിശക്തിയിൽ സർപ്പിളാകൃതിയിൽ കാറ്റ് കറങ്ങികൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഈ ഭാഗത്തിനെ ചക്രവാതനേത്രം (eye of cyclone) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ചുഴറ്റിവീശുന്ന ഈ വായുവ്യൂഹത്തിന്റെ വ്യാസം 150 കിലോമീറ്റർ മുതൽ 250 കിലോമീറ്റർവരെയാണ്.

വായു താഴ്ന്നിറങ്ങുന്ന ശാന്തമായ മേഖലയാണ് ചക്രവാതനേത്രം. ചക്രവാതനേത്രത്തിന് ചുറ്റുമായി നേത്രഭിത്തി (eye wall) യുണ്ട്. ഇവിടെ അതീവവേഗത്തിൽ ശക്തമായി ചുഴറ്റിവീശുന്ന വായു ഉയർന്ന് ട്രോപ്പോപ്പാസിലെത്തുന്നു. കാറ്റിന് ഏറ്റവും വേഗം കൂടിയ മേഖലയാണിത്. ശക്തമായി മഴ ലഭിക്കുന്ന ഇവിടെ കാറ്റിന്റെ വേഗം മണിക്കൂറിൽ 250 കിലോമീറ്ററിലും അധികമാണ്. നേത്രഭിത്തിയിൽനിന്നും മഴമേഖല (Rain bands) ചുറ്റിലും വ്യാപിക്കുകയും ക്യൂമുലസ്, ക്യൂമുലോ-നിംബസ് മേഘങ്ങൾ പുറത്തേക്ക് നീങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. ബംഗാൾ ഉൾക്കടലിലും അറബിക്കടലിലും ഇന്ത്യൻ മഹാസമുദ്രത്തിലും രൂപംകൊള്ളുന്ന ഈ ചക്രവാതങ്ങൾക്ക് 600 മുതൽ 1200 കിലോമീറ്റർവരെ വ്യാസമുണ്ടായിരിക്കും. ഈ ചക്രവാതവ്യൂഹം ദിവസേന 300–500 കിലോമീറ്റർ ദൂരംവരെ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഇവ കടലേറ്റം (ചക്രവാതങ്ങൾ കാരണം സമുദ്രനിരപ്പിലുണ്ടാകുന്ന അസാധാരണ ഉയർച്ച) ഉണ്ടാക്കുകയും തീരപ്രദേശങ്ങളെ വെള്ളത്തിലാഴ്ത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. കരയിലെത്തിച്ചേരുന്നതോടെ ഉഷ്ണമേഖലാചക്രവാതങ്ങൾ ദുർബലമാകുന്നു.



ചിത്രം 10.10: ഉഷ്ണമേഖലാ ചക്രവാതത്തിന്റെ ലംബതല ഛേദദൃശ്യം (രാമശാസ്ത്രിയുടെ അഭിപ്രായപ്രകാരം)

ഇടിമിന്നലോടുകൂടിയ കൊടുങ്കാറ്റുകളും ടൊർണാഡോകളും (Thunderstorms and Tornadoes)

ശക്തിയേറിയ മറ്റു പ്രദേശിക കൊടുങ്കാറ്റുകളാണ് ഇടിമിന്നലോടുകൂടിയ കൊടുങ്കാറ്റുകളും ടൊർണാഡോകളും. താരതമ്യേന ചെറിയ പ്രദേശങ്ങളിൽ ഹ്രസ്വനേരത്തേക്കുമാത്രം നിലനിൽക്കുന്ന ഇവ അതിശക്തമായി വീശുന്നു. ആർദ്രതയും അത്യുഷ്ണവും അനുഭവപ്പെടുന്ന ദിവസങ്ങളിലെ ശക്തമായ സംവഹനപ്രക്രിയ (convection) യിലൂടെയാണ് ഇവ രൂപംകൊള്ളുന്നത്. യഥാർഥത്തിൽ ഇടിയും മിന്നലുമുണ്ടാക്കുന്ന പൂർണവികാസം പ്രാപിച്ച ക്യൂമുലോ-നിംബസ് മേഘങ്ങളാണിവ. ഈ മേഘങ്ങൾ വളർന്ന് പൂജ്യം ഡിഗ്രി ഊഷ്മാവിലും താഴെയുള്ള ഉയരങ്ങളിലെത്തുമ്പോൾ അത് ആലിപ്പഴം (Hails) രൂപംകൊള്ളാൻ കാരണമാവുകയും ആലിപ്പഴവീഴ്ച (Hail storms) യുണ്ടാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. മേഘപാളികളിൽ വേണ്ടത്ര ഈർപ്പമില്ലാതെവരുമ്പോൾ ഇവ പൊടിക്കാറ്റു (Dust stroms) കളുണ്ടാക്കുന്നു. ശക്തമായി ചൂടുപിടിച്ച വായു കൂടുതൽ ഈർപ്പം ആഗിരണം ചെയ്ത്

ഉയരുന്നതിലൂടെ മേഘങ്ങൾ വലുതാവുകയും വർഷണ ത്തിന് കാരണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. മേഘം ഘനീഭ വിച്ച് താഴേക്ക് മഴയായി പെയ്തിറങ്ങുന്നു.

ഇടിമിന്നലോടുകൂടിയ ഈ കൊടുങ്കാറ്റുകളിൽനിന്നും ചില സമയങ്ങളിൽ കാറ്റ് ഒരു ചുഴിപോലെ കറങ്ങി തുമ്പി ക്കൈയുടെ ആകൃതിയിൽ അതീവശക്തിയോടെ ഭൗമോപരിതലത്തിലേക്ക് താഴ്ന്നിറങ്ങി വരാറുണ്ട്. സഞ്ചാരപാതയിൽ അത്യധികം നാശനഷ്ടങ്ങളുണ്ടാക്കു ന്നതും കേന്ദ്രസ്ഥാനത്ത് അതീവ ന്യൂനമർദമുള്ളതുമായ ഈ പ്രതിഭാസം ടൊർണാഡോ (Tornado) എന്നറിയ പ്പെടുന്നു. മധ്യ-അക്ഷാംശ പ്രദേശങ്ങളിലാണ് ഇവ സാധാരണയായി ഉണ്ടാകുന്നത്. കടലിനുമുകളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ടൊർണാഡോകളാണ് വാട്ടർസ്പ്രൗട്ടുകൾ (Water sprouts).

താപവിതരണത്തിലെ അസന്തുലിതാവസ്ഥയോട് താദാത്മ്യം പ്രാപിക്കാനുള്ള അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ശ്രമ മാണ് കൊടുങ്കാറ്റുകളുടെ രൂപത്തിൽ പ്രകടമാവുന്നത്. ഈ കൊടുങ്കാറ്റുകളിലെ താപോർജവും സ്ഥിതി കോർജവും ഗതികോർജമായി മാറ്റപ്പെടുകയും, അസ്ഥി രമായ അന്തരീക്ഷം അതിന്റെ സുസ്ഥിരസ്ഥിതി (Stable state) യിലേക്ക് തിരികെ എത്തിച്ചേരുകയും ചെയ്യുന്നു.

ചോദ്യങ്ങൾ

1. ശരിയുത്തരം തെരഞ്ഞെടുത്തെഴുതുക.
   (i) ഭൗമോപരിതലത്തിലെ അന്തരീക്ഷമർദം 1000 മില്ലീബാർ ആണെങ്കിൽ ഉപരിതലത്തിന് 1 കിലോമീറ്റർ മുകളിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന അന്തരീക്ഷ മർദം:
   (a) 700 മില്ലീബാർ (b) 900 മില്ലീബാർ (c) 1100 മില്ലീബാർ (d) 1300 മില്ലീബാർ
   (ii) അന്തർ ഉഷ്ണമേഖലാ സംക്രമണമേഖല (ITCZ) സാധാരണ കാണപ്പെടുന്നത്:
   (a) ഭൂമധ്യരേഖയ്ക്ക് സമീപം (c) ഉത്തരായനരേഖയ്ക്ക് സമീപം
   (b) ദക്ഷിണായനരേഖയ്ക്ക് സമീപം (d) ആർട്ടിക് വൃത്തത്തിന് സമീപം
   (iii) ഉത്തരാർധഗോളത്തിൽ ന്യൂനമർദകേന്ദ്രത്തിനു ചുറ്റുമുള്ള കാറ്റിന്റെ ദിശ:
   (a) ഘടികാരദിശ (c) എതിർഘടികാര ദിശ
   (b) സമ മർദരേഖകൾക്ക് ലംബം (d) സമ മർദരേഖകൾക്ക് സമാന്തരം
   (iv) താഴെപ്പറയുന്നവയിൽ വായുസഞ്ചയങ്ങളുടെ ഉത്ഭവപ്രദേശം ഏതാണ്?
   (a) ഭൂമധ്യരേഖാ വനപ്രദേശം (c) സൈബീരിയൻ സമതലം
   (b) ഹിമാലയം (d) ഡക്കാൻ പീഠഭൂമി
2. താഴെ തന്നിരിക്കുന്ന ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 30 വാക്കിൽ കുറയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക:
   (i) മർദം അളക്കുന്ന ഏകകമേതാണ്? കാലാവസ്ഥാ ഭൂപടങ്ങൾ നിർമിക്കുമ്പോൾ ഓരോ കേന്ദ്രങ്ങളിലെയും അന്തരീക്ഷമർദത്തെ സമുദ്രനിരപ്പിലേക്ക് ക്രമീകരിക്കുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?
   (ii) മർദചരിവുമാന ബലം വടക്കുനിന്ന് തെക്കോട്ടാണെങ്കിൽ അതായത്, ഉത്തരാർധഗോളത്തിൽ ഉപോഷ്ണ ഉച്ചമർദ മേഖലയിൽനിന്നും ഭൂമധ്യരേഖയിലേക്കാണെങ്കിൽ എന്തുകൊണ്ട് കാറ്റുകൾ ഉഷ്ണമേഖലയിൽ വടക്കുകിഴക്ക് ദിശയിൽ വീശുന്നു?
   (iii) ഭൂവിക്ഷേപവാതങ്ങൾ എന്നാലെന്ത്?
   (iv) കരക്കാറ്റിനെയും കടൽക്കാറ്റിനെയും കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കുക.
3. താഴെ തന്നിരിക്കുന്ന ചോദ്യങ്ങൾക്ക് 150 വാക്കിൽ കുറയാതെ ഉത്തരമെഴുതുക:
   (i) കാറ്റിന്റെ ദിശയേയും വേഗതയെയും നിയന്ത്രിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളെക്കുറിച്ച് ചർച്ചചെയ്യുക.
   (ii) ഭൗമോപരിതലത്തിലെ അന്തരീക്ഷവായുവിന്റെ പൊതുചംക്രമണത്തെ കാണിക്കുന്ന ചിത്രം വരയ്ക്കുക. 30° വടക്കും തെക്കും അക്ഷാംശങ്ങളിൽ ഉപോഷ്ണ ഉച്ചമർദമേഖല രൂപംകൊള്ളാനുള്ള കാരണങ്ങൾ എന്തൊക്കെയാണ്?
   (iii) ഉഷ്ണമേഖലാചക്രവാതങ്ങൾ കടലിനുമുകളിൽ രൂപംകൊള്ളുന്നതെന്തുകൊണ്ട്? ഇത്തരം ചക്രവാതങ്ങ ളുടെ ഏത് ഭാഗത്താണ് ശക്തമായ മഴയും തീവ്രവേഗതയോടുകൂടിയ കാറ്റുകളും ഉണ്ടാകുന്നത്? എന്തുകൊണ്ട്?

പ്രോജക്ട് പ്രവർത്തനം

(i) കാലാവസ്ഥാ പ്രതിഭാസങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കുന്നതിനായി വർത്തമാനപത്രം, ടെലിവിഷൻ, റേഡിയോ തുട ങ്ങിയവയിൽനിന്നും കാലാവസ്ഥയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട വിവരങ്ങൾ ശേഖരിക്കുക.

(ii) വർത്തമാന പത്രങ്ങളിൽനിന്നും വിശേഷിച്ചും ഉപഗ്രഹചിത്രങ്ങൾസഹിതം നൽകിയിട്ടുള്ള കാലാവസ്ഥാ വാർത്തകൾ വായിക്കുക. അതിൽ മേഘാവൃതമായപ്രദേശങ്ങൾ അടയാളപ്പെടുത്തുക. മേഘങ്ങളുടെ വിതരണം നിരീക്ഷിച്ച് അന്തരീക്ഷചംക്രമണം മനസ്സിലാക്കുക. നിങ്ങൾക്ക് ടെലിവിഷൻ ഉണ്ടെങ്കിൽ അതിലും ഇല്ലെങ്കിൽ പത്രങ്ങളിൽ വരുന്നതുമായ കാലാവസ്ഥാപ്രവചനങ്ങൾ നിങ്ങളുടെ നിഗമനങ്ങളുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുക. എത്ര ദിവസങ്ങളിൽ പ്രവചനം ശരിയായിരുന്നു എന്ന് വിലയിരുത്തുക.