હાલતી ચાલતી વસ્તુનું ડિજિટલ કેમેરા દ્વારા વિચિત્ર રેકોર્ડિંગ

સાયન્સ એન્ડ નોલેજ

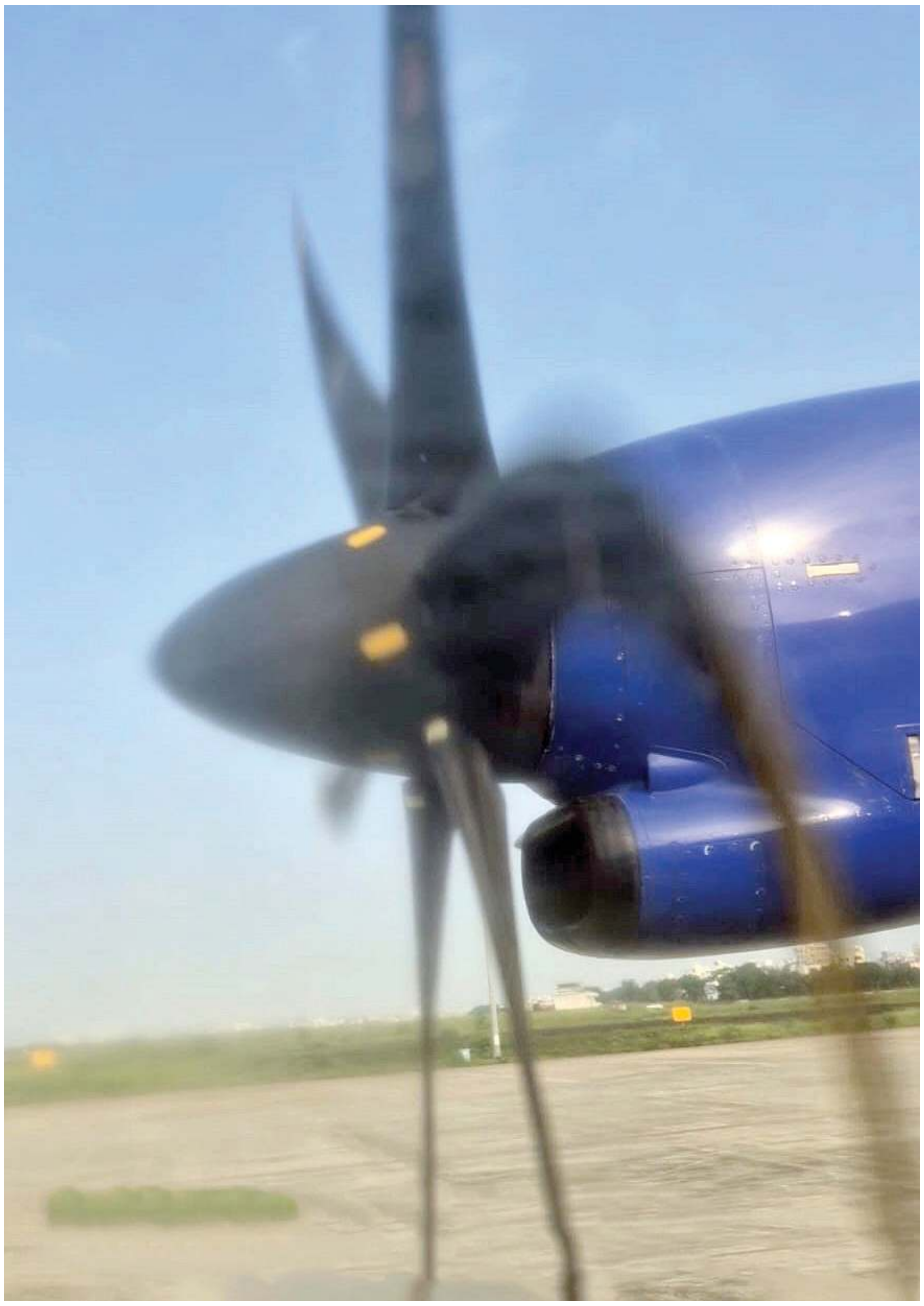
★ ધનંજય રાવલ

વિજ્ઞાન ઘણી વાર એવી ઘટનાઓ રજૂ કરે છે જે આંખને પણ છેતરે છે. ખાસ કરીને જ્યારે સમય, ગતિ અને પ્રકાશ વચ્ચેનો તફાવત અતિ સૂક્ષ્મ હોય ત્યારે આપણું મગજ હકીકતને ખોટી રીતે વાંચી લે છે. એવી જ એક અદ્ભુત ઘટના મારી સાથે બની. નાગપુર જવા માટે હું વિમાન માર્ગે પ્રવાસ કરી રહ્યો હતો. વિમાન નાનું હતું. મને બેસવાની જગ્યા વિમાનની પાંખ સાથે લાગેલા પ્રોપેલરની બાજુમાં જ મળી. વિમાન જ્યારે નાગપુર પહોંચ્યું ત્યારે પ્રોપેલર નજીક હોવાને કારણે તેનો વિડિયો ઉતારી લેવાની ઈચ્છા થઈ. મોબાઈલથી જ્યારે વિડિયો કેમેરા ઓન કર્યો ત્યારે મોબાઈલના સ્ક્રીન ઉપર વિમાનનું પ્રોપેલર ખૂબ જ ધીમે ધીમે ફરતું દેખાયું. નરી આંખે તો તે ખૂબ જ ઝડપથી ફરતું દેખાતું હતું. વળી લેન્ડિંગ સમયે પ્રોપેલરને ફરવાની ઝડપમાં વધઘટ થાય તેમ મોબાઈલ કેમેરાના સ્ક્રીન પર પ્રોપેલર ધીમું ધીમું ફરતું દેખાતું હતું. મનમાં પ્રશ્ન થયો આવું કેમ? વળતી વખતે રાતની ફ્લાઈટ હતી. વિમાન એનું એ જ હતું. વળી પાછી પ્રોપેલરની નજીક જ બેસવાની જગ્યા મળી એટલે મગજમાં ઊઠેલા પ્રશ્નોનો જવાબ મેળવવા માટે ફરીથી પ્રોપેલરનો વિડિયો ઉતારવાની શરૂઆત કરી. પરંતુ આશ્ચર્યની સાથે એ વખતે નરી આંખે ફરતું હતું એટલી જ ઝડપથી મોબાઇલના સ્ક્રીન પર ફરતું દેખાય. બીજો પ્રશ્ન ઊભો થયો કે આવું કેમ? જ્યારે વિમાનના પ્રોપેલર દિવસ દરમિયાન મોબાઇલ કેમેરાથી ધીમે ધીમે ફરતા કે ક્યારેક વિપરીત દિશામાં ફરતા દેખાય છે પરંતુ રાત્રિના અજવાળામાં એ જ પ્રોપેલર તેની અસલ ઝડપે ફરતો દેખાય છે. આ એક સામાન્ય દૃશ્ય છે પરંતુ તેના પાછળ છુપાયેલું વિજ્ઞાન અત્યંત રસપ્રદ છે.

તમે તમારી છત પર રહેલા સીલીંગ ફેનને ચાલુ કરીને વિડિયો રેકોર્ડિંગ કરશો અને તેની ઝડપમાં ફેરફાર કરશો તો પણ આવું જોવા મળશે. કોઈ ઝડપથી ચાલતા વાહનના પૈડા કે ગોળ ફરતી વસ્તુઓનું વિડિયો રેકોર્ડિંગ કરશો તો પણ તમને આ ઈફેક્ટ જોવા મળશે.

દિવસના તેજ પ્રકાશમાં કેમેરો ખૂબ જ ઝડપથી શટર ખોલ-બંધ કરે છે જેથી વધુ પ્રકાશ અંદર ન જાય. આથી તેની શટર સ્પીડ ઘણી ઊંચી હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે એક સેકન્ડમાં 1000 વખત શટર ખોલ બંધ થતું હોય (1/1000 સેકંડ) તો હવે વિચારીએ કે વિમાનનું પ્રોપેલર લગભગ 9000 RPM એટલે કે પ્રતિ સેકંડ 150ની ઝડપથી ફરતું હોય છે. એટલે કે દરેક ચક્કર માત્ર 1 સેકંડના 150 માં ભાગના સમયમાં પૂરુ થાય છે. હવે જો કેમેરો 150 ફ્રેમ પ્રતિ સેકંડ (FPS)ના દરે વિડિયો રેકોર્ડ કરે તો દરેક ફ્રેમ એ જ ક્ષણે લેવામાં આવે જ્યારે પ્રોપેલર પોતાના ચક્કરનો એક સંપૂર્ણ ફેરો પૂરો કરીને પાછો એ જ ખૂણેથી પસાર થાય. પરિણામે દરેક ફ્રેમમાં પ્રોપેલર એ જ સ્થિતિમાં દેખાય છે. એટલે કે તે સ્થિર (stationary) લાગે છે. પરંતુ જો કેમેરાનો ફ્રેમ રેટ થોડોક ઓછો હોય, જેમ કે 149 FPS, તો દરેક ફ્રેમમાં પ્રોપેલરની સ્થિતિ થોડીક પાછળ રહે છે. જેથી તે ધીમે ધીમે વિપરીત દિશામાં ફરતો દેખાય છે. જ્યારે ફ્રેમ રેટ થોડોક વધારે (151 FPS) હોય ત્યારે તે નિયમિત દિશામાં ધીમો ફરતો લાગે છે. આ જ અસરને ભૌતિકશાસ્ત્રમાં "એલિયાસિંગ ઈફેક્ટ" અથવા "સ્ટ્રોબોસ્કોપિક ઈફેક્ટ" કહેવાય છે.

રાત્રે પ્રકાશ ઓછો હોવાથી કેમેરો વધુ પ્રકાશ મેળવવા માટે શટર ધીમી ગતિએ ખોલે છે, જેમ કે 1/30 અથવા 1/60 સેકંડ. આ લાંબા એક્સપોઝર દરમિયાન પ્રોપેલર અનેક વખત ચક્કર મારી ચૂક્યું હોય છે. એટલે કે એક જ ફ્રેમમાં તેની ઘણી સ્થિતિઓનો મિશ્રણ થઈ જાય છે. પરિણામે, પ્રોપેલર હવે ધીમું કે વિપરીત દિશામાં ફરતું દેખાતું નથી. પરંતુ સતત ઝડપથી ફરતું દેખાય છે.



દિવસે મોબાઇલ કેમેરા દ્વારા ફરતા વિમાનના પ્રોપેલરનું વિડિયો રેકોર્ડિંગ કરીએ ત્યારે સ્ક્રીન પર આવું દૃશ્ય દેખાય છે.

આ રીતે દિવસ અને રાત્રિના ફોટોગ્રાફી વચ્ચેનો તફાવત મુખ્યત્વે ફ્રેમ રેટ અને શટર સ્પીડની ક્રિયામાં છે. દિવસ દરમિયાન ફ્રેમ્સ વચ્ચે સમયનું અંતર મોટું હોય છે, જ્યારે રાત્રે એક ફ્રેમ લાંબા સમય સુધી ચાલે છે. આથી રાત્રે ગતિ સતત દેખાય છે.

વિડિયો કે ફિલ્મ એ હાલતી ચાલતી ક્રિયા નથી. તે હકીકતમાં દર સેકંડે લેવામાં આવેલી એક પછી એક તસવીરોની શ્રેણી છે. સામાન્ય રીતે ફિલ્મો 24 અથવા 30 ફ્રેમ પ્રતિ સેકંડ પર રેકોર્ડ થાય છે. માનવીનું મગજ આશરે 20 થી 25 દૃશ્યો પ્રતિ સેકંડ સુધીની માહિતી જોડીને સતત ગતિરૂપ દૃશ્ય બનાવે છે. આ પ્રક્રિયાને 'Persistence of Vision' કહેવામાં આવે છે.

જો ફ્રેમ રેટ ઓછો હોય, તો ગતિ ત્રુટક ત્રુટક દેખાય છે, જ્યારે જો ગતિ (જેમ કે પ્રોપેલર અથવા વ્હીલની) ખૂબ વધુ હોય, તો ફ્રેમ્સ વચ્ચેની સ્થિતિમાં ખોટો અનુસંધાન બને છે. જેના પરિણામે દૃષ્ટિભ્રમ જન્મે છે. ધારો કે વિમાનનું પ્રોપેલર 9000 RPM એટલે કે પ્રતિ સેકંડ 150 ચક્કર કાપે છે. જો કેમેરો 150 FPS પર રેકોર્ડ કરે, તો દરેક ફ્રેમ એ જ પરિસ્થિતિમાં લેવામાં આવશે એટલે પ્રોપેલર સ્થિર દેખાય. જો કેમેરો 149 FPS પર રેકોર્ડ કરે, તો દરેક ફ્રેમમાં પ્રોપેલર થોડુંક પાછળ ખસી જશે એટલે તે વિપરીત દિશામાં ધીમે ધીમે ફરતુ દેખાય છે .જો ફ્રેમ રેટ 151 FPS હોય તો તે સાચી દિશામાં ધીમું ધીમું ફરતુ દેખાય છે.

આ જ અસર કારના વ્હીલ્સ અથવા હેલિકોપ્ટરના પાંખોમાં પણ જોવા મળે છે. ફિલ્મો કે વિડિયો રેકોર્ડિંગમાં ઘણીવાર એવું લાગે છે કે વ્હીલ્સ પાછળ ફરતા હોય, જ્યારે હકીકતમાં તેઓ ઝડપથી આગળ વધી રહ્યા હોય છે. દિવસના તેજ પ્રકાશમાં કેમેરો ઝડપથી શટર બંધ કરે છે. જેથી દરેક ફ્રેમ ખૂબ શાર્પ અને સ્પષ્ટ બને છે. પરંતુ તે ગતિની સામ્યતા ગુમાવે છે. જેના કારણે દૃષ્ટિભ્રમ વધુ સ્પષ્ટ બને છે. રાત્રે ધીમા શટર સ્પીડના કારણે એક ફ્રેમમાં પ્રોપેલરની ઘણી સ્થિતિઓનું સરેરાશ (એવરેજ ઈમેજ) દેખાય છે. એટલે વીડિયોમાં ઝાંખપ (motion blur) ઊભી થાય છે. આ ઝાંખપ જ આપણા મગજ માટે ગતિના સતત અભ્યાસનું ભાન પેદા કરે છે.

જૂના ટીવી મોનિટર સામાન્ય રીતે 50Hz (PAL) અથવા 60Hz (NTSC) પર પ્રકાશ ઝબકાવતા હોય છે. એટલે કે પિક્ચર ટ્યુબવાળા ટીવીમાં એક સેકન્ડમાં 50 કે 60 વખત દૃશ્ય ઉત્પન્ન કરીને હાલતી ચાલતી પરિસ્થિતિ ઊભી કરવામાં આવતી હતી. જ્યારે ફિલ્મ કેમેરા 24fps પર ચલાવવામાં આવે અને પ્રોપેલર સેકંડે સો-બસો 100-200 ફેરા લેતું હોય ત્યારે આ ત્રણ અલગ અલગ આવર્તનો ફ્લિકર રેટ, ફ્રેમ રેટ અને રોટેશન રેટ એકબીજા સાથે "ટકરાય" છે.

વિમાનના ફરતા પ્રોપેલર કે ઝડપથી ચાલતા વાહનનાં પૈડાંનું ડિજિટલ કેમેરા વિડિયો રેકોર્ડિંગ થાય ત્યારે વિચિત્ર ભ્રમ ઉત્પન્ન થાય છે. આવું કેમ થાય છે તેની વૈજ્ઞાનિક સમજ

આ અસંગત આવર્તનોથી એક પ્રકારની "બીટ ફ્રિક્વન્સી" ઊભી થાય છે, જેના કારણે ક્યારેક પ્રોપેલર ધીમું ફરતુ દેખાય છે, ક્યારેક વિપરીત દિશામાં ફરતો લાગે છે અને ક્યારેક ટમટમતુ દેખાય છે. આ દૃશ્ય ભૌતિકશાસ્ત્રમાં "મોઈરે પેટર્ન" જેવી જ સમય આધારિત અસર છે. જેને ક્યારેક "ટેમ્પોરલ મોઈરે" પણ કહેવામાં આવે છે. માનવ મગજ સતત મળતી માહિતી જોડીને એક સમાન દૃશ્ય બનાવે છે. પરંતુ જ્યારે તેને પ્રોપેલરની જુદી જુદી સ્થિતિઓ જેવી અસંગત સમયાંતરે મળતી તસવીરો મળે ત્યારે મગજ ખોટી રીતે અનુમાન કરે છે. એ વખતે વસ્તુ ધીમે અથવા વિપરીત દિશામાં ચાલતી હોય એવું લાગે છે.

...અનુસંધાન પાના નં. 10 પર

રાત્રે મોબાઇલ કેમેરા દ્વારા વિમાનના ફરતા પ્રોપેલરનું વિડિયો રેકોર્ડિંગ કરીએ ત્યારે આવું દૃશ્ય દેખાય છે.