

ရူပဒေဏာ တိုနံနံ

အပိုင်း ၁ - ဝတ္ထုများ ရွေးလျားခြင်း

အရစ္စတိုတယ်၊ ဂယ်လီလီယို နဲ့ အီနားရှား



အရစ္စတိုတယ်ကပြောတယ်။ အားဆိုတာ ဝတ္ထုရွေ့ဖို့ ပေးရတဲ့ အရာတဲ့။ သူပြောတာလည်း ဟုတ်တာပဲ။ လှည်းတစ်စီး ရွေ့စေချင်တယ်။ ဘာလုပ်ရမလဲ။ တွန်းရမှာပေါ့။ ဒါမှမဟုတ် ဆွဲရမှာပေါ့။ ဒါ အားတစ်ခု သက်ရောက် လိုက်တာပဲ မဟုတ်လား။

ပြင်ပအား သက်ရောက်မှု မရှိရင် ဝတ္ထုဟာ ငြိမ်နေတယ်။ မရွေ့ဘူး။ အီနားရှားပုံစံမှာ ရှိနေတယ်။ အီနားရှား ဆိုတဲ့ ဝေါဟာရက ဘာလဲ။ အီနားရှားဆိုတာ ပြင်ပကနေ အားတစ်ခု မသက်ရောက်စေတဲ့ အခြေအနေကို ပြောတာပါ။ ဆိုလိုတာကတော့ ပြင်ပကနေ အားတစ်ခု မသက်ရောက်ရင် ဝတ္ထုသည် ရပ်နေရကနေ မရွေ့။ ပြင်ပကနေ အားတစ်ခု မသက်ရောက်မချင်း အီနားရှား ဖြစ်နေဆဲ။ အရစ္စတိုတယ် ပြောချင်တဲ့ အီနားရှားဆိုတာ ရပ်တည်နေမှု။

ဂယ်လီလီယိုကတော့ အဲ့လို မတွေးဘူး။ ဝတ္ထုဟာ အီနားရှားဖြစ်နေတာ ရပ်တည်နေမှ မဟုတ်ဘူး။ ပြင်ပအား မသက်ရောက်ဘဲ ရွေ့လျားနေတဲ့ အခါတွေ ရှိတယ်တဲ့။ စိတ်ကူးကြည့်ပါ။ ဘောလုံးတစ်လုံးပြေးဖို့ လမ်းကြောင်းပါတဲ့ ရာဘာပြားတစ်ပြားကို ကွေးမယ်။ ပြီးရင် အဲ့ဒီ လမ်းကြောင်းကို ချောဆီသုတ်ပြီး ဘောလုံး တင်လိုက်မယ်။ ဒီဖက်အကွေးကနေ ဘောလုံးကို စလှိမ့်ချလိုက်မယ်။ လမ်းကြောင်း အကွေးလေးအတိုင်း ကွေးတက်သွားပြီး ဟိုဘက် အကွေးထိပ် အရောက် ဒီဘက်ကို ပြန်လှိမ့်ဆင်းလာမယ်။ နောက်တော့ ကြာလာတော့ တဖြည်းဖြည်း ရပ်တန့်သွားမယ်။ ချောဆီသာ သုတ်မထားရင် ရပ်တာ အချိန် ပိုမြန်တယ်။

ဒီစမ်းသပ်ချက်ကနေ ဘာတွေ မြင်သွားသလဲ။ ဘောလုံးဟာ လမ်းကြောင်းကို ချောဆီ သုတ်လိုက်တဲ့ အခါမှာ ချောဆီ မသုတ်ထားတဲ့ အခါထက် ပိုပြီး ကြာကြာ သွားနေတယ်။ ဟိုဖက်ထိပ်ကနေ ဒီဖက်ထိပ် ကူးနေတယ်။

ဒီစမ်းသပ်ချက်က ဘာကိုပြောချင်တာလဲ ဆိုတော့ ရွေ့လျားခြင်းနဲ့ ပြင်ပအား external force တို့ အကြောင်းပါ။ ဘောလုံးနဲ့ ရာဘာပြား လမ်းကြောင်း ကြားမှာ ပွတ်မှုအား friction တစ်ခု ရှိနေတယ်။ ဒီပွတ်မှုအားဟာ ပြင်ပ သက်ရောက် အားပဲ။ ဒီပွတ်မှုအားကြောင့် ဝတ္ထုတွေ ရပ်တယ်။ မြဲတယ်။ ချောဆီ သုတ်လိုက်တာဟာ ပွတ်မှုအားကို နည်းစေတယ်။ ဒါကြောင့်ပဲ တော်တော် ကြာကြာမှ ဘောလုံးလေး လှိမ့်နေတာဟာ ရပ်တန့်တယ်။

ပွတ်မှုအားနည်းလေ ဘောလုံးလှိမ့်တဲ့အချိန် အကန့်အသတ်များလေ ပွတ်မှုအားများလေ ဘောလုံး လှိမ့်တဲ့အချိန် အကန့်အသတ်နည်းလေ။ ဒါဆိုရင် ပွတ်မှုအားဆိုတာ လုံးဝ မရှိရင်ရော။ ဘယ်လို ဖြစ်မယ် ထင်သလဲ။ ဘောလုံး လှိမ့်နေမယ့် အချိန်ဟာလည်း အကန့်အသတ်မဲ့သွားမှာပေါ့။ တစ်နည်း ဘောလုံးဟာ ထာဝရ ရွေ့နေတော့ မှာပေါ့။ ပြင်ပသက်ရောက်အား ဆိုတာ လုံးဝ မရှိရင် အဲ့ဒီဝတ္ထုဟာ လွတ်လွတ်လပ်လပ် ထာဝရ ရွေ့နေမှာပေါ့။

ဂယ်လီလီယိုက ပြင်ပက သက်ရောက်အား မရှိမချင်း ဝတ္ထုဟာ ဆက်ရပ်တည်နေမယ်။ ဒါမှမဟုတ်ရင် ရွေ့နေတယ်ဆိုလည်း ရွေ့လျားတဲ့ပုံစံ မပြောင်းလဲဘဲ ဆက်လက် ရွေ့လျားနေတဲ့ ဂုဏ်သတ္တိကို အီနားရှား inertia လို့ ခေါ်ကြောင်း အရစ္စတိုတယ်ရဲ့ အီနားရှားကို တစ်ခု ထပ်တိုးလိုက်ပါတယ်။

အီနားရှားမှာ ရွေ့လျားမှုပုံစံ မပြောင်းလဲဘဲ ဆိုတာ ဘာကို ပြောတာလဲ။ ဂယ်လီလီယိုကတော့ အဖြောင့် ပုံစံအတိုင်း တသတ်မတ်တည်း ရွေ့နေတာလို့ ဆိုတယ်။ လမ်းကြောင်းမှာ ချိုင့်တွေ ခွက်တွေ မပါတာပေါ့။ ဒါကို တသတ်မတ်တည်း ရွေ့လျားခြင်းလို့

ခေါ်တာပါ။ တသတ်မတ်တည်း ရွေ့လျားခြင်းဆိုတာ ဘာလဲ။ အခြေအနေတွေကို တသတ်မတ်တည်း ဖြစ်တယ် မဖြစ်ဘူးဆိုတာ ဘာကိုကြည့် ဆုံးဖြတ်သလဲ။ လမ်းကြောင်းမှာ ချိုင့်တွေ ခွက်တွေ ပါလာရင်ရော။ ဒါကို ဘာလို့ တသတ်မတ်တည်းလို့ မခေါ်တော့တာလဲ။ စိတ်ကူးကြည့်ပါဦး။

စက်ဘီးတစ်စီး မူသေအလျင် constant velocity တစ်ခုနဲ့ နင်းလာတယ်။ လျှောစောင်းတစ်ခု ရောက်သွားတဲ့အခါ ဖရောဆိုပြီး မူသေနှုန်းထားနဲ့ နင်းနေတာကို ပိုမြန်လာတယ်။ ဒါကို အရှိန်ရသွားတယ် ခေါ်မှာပေါ့။ နောက်တော့ အစကလို မူသေအလျင်နဲ့ပဲ ဆက်နင်းမယ်။ လမ်းမပေါ်က ချိုင့်ခွက်ထဲ ကျသွားတယ်။ အလျင်လျော့သွားတာပေါ့။ အရပ်သုံးဆို အရှိန်လျော့ သွားတယ်ပေါ့။ တကယ်က ဆုတ်ရှိန်တစ်ခု deceleration ဖြစ်ပေါ်တယ်လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ဒါဆို အလျင်ဆိုတာ ဘာလဲ။ အရှိန် acceleration ဆိုတာ ဘာလဲ။ ဆုတ်ရှိန်ဆိုတာ ဘာလဲ။

အလျင်ဆိုတာ အချိန်နဲ့ လိုက်ပြီး တည်နေရာ ပြောင်းနေတာကို ခေါ်ပါတယ်။ စက်ဘီးဟာ ပထမ တစ်စက္ကန့်မှာ ငါးကိုက် ဒုတိယ တစ်စက္ကန့်မှာလည်း ငါးကိုက် တတိယတစ်စက္ကန့်မှာလည်း ငါးကိုက် ဒီလို တစ်စက္ကန့်ခြားလေးတိုင်း ငါးကိုက် သွားနေရင် ဒါဟာ မူသေအလျင်ပဲ။ မူသေအမြန်လို့လည်း ခေါ်နိုင်တယ်။ မူသေအမြန် တစ်စက္ကန့်လျှင် ငါးကိုက်စီနှုန်းဖြင့်လို့ ဆိုနိုင်ပါတယ်။

နောက်တစ်ခု အရှိန်။ ခြုံငုံပြီး ပြောရရင် အရှိန်ဆိုတာ အလျင် မြန်/နှေးဖြစ်ပေါ်တာကို ခေါ်တာပါ။ တစ်နည်း အလျင်ပြောင်းလဲတဲ့ နှုန်းကို အရှိန်လို့ ခေါ်တာပါ။ လျှောစောင်းလေးဆီ ရောက်တော့ မူသေတစ်စက္ကန့် ငါးကိုက်ကနေ ဆယ်ကိုက်လောက် ဖြစ်သွားတယ်။ ဒါအလျင် (ဝါ) အမြန်တိုးလာတာပဲ။ ဒီလို အလျင် တိုးလာတာဟာ အရှိန်ဖြစ်လာတာပဲ။ နောက်တစ်ခု ဆုတ်ရှိန်။ ဆုတ်ရှိန်ဆိုတာ စက်ဘီးက ချိုင့်ခွက်ထဲ ကျသွားတဲ့အခါ အလျင် လျော့သွားတယ်။ အမြန်လျော့ သွားတယ်ပေါ့။ ဒါလည်း အရှိန် တစ်ခုဖြစ်လာတာပါပဲ။ ဒါပေမယ့် ဒါကိုတော့ ဆုတ်ရှိန်လို့ ခေါ်ပါတယ်။

မူလက တသတ်မတ်တည်းဆိုတဲ့ စကားစုက ဘာကိုဆိုလိုသလဲဆို အဲ့သလို ချိုင့်တွေ ခွက်တွေ အလျှောတွေ မရှိတဲ့ ပြင်ညီမျက်နှာပြင်လို့ ပြောချင်တာပါ။ တကယ်တော့ ချိုင့်တွေ ခွက်တွေ လျှောစောင်းတွေ မတ်နေတဲ့ ကုန်းတွေ မရှိဘူးဆိုတာ မူသေအလျင် တစ်နည်းဆို မူသေအမြန်နဲ့ သွားနေတာလို့ ပြောတာပဲ မဟုတ်လား။ ဒီတော့ အိန်းဂျန်းဆိုတဲ့ အယူအဆကို

ပြင်ပက အားတစ်ခု သက်ရောက်မှု မရှိမချင်း ရပ်နေတဲ့ ဝတ္ထုဟာ ရပ်မြဲ ရပ်နေမယ်။
မူသေအလျင်နဲ့ ရွှေ့နေတဲ့ ဝတ္ထုဟာ မရပ်မနား ဆက်လက်ရွှေ့နေမယ့် ဂုဏ်သတ္တိလို့
သတ်မှတ်လိုက်ပါတယ်။

နယူတန်ရဲ့ ရွှေ့လျားမှု ဥပ ဒေသ ၃ ရပ်

သမိုင်းတ လျှောက်မှာ အကြီးမြတ်ဆုံး ရူပ ဗေဒပညာရှင်ကို ပြပါဆိုရင်
နယူတန်ပဲဖြစ်လိမ့်မယ်လို့ အမ်တိုင်အီမှာ ရူပ ဗေဒသင်တဲ့ ပါ မောက္ခဝယ်လ်တာလူဝင်က

ပြောပါတယ်။ နယူတန်လို တခြားကြီးမြတ်တဲ့ ရူပ ဗေဒပညာရှင် တွေ ရှိ ပေမဲ့လည်း သေချာပြန်စဉ်းစားကြည့်ရင် သူ ပြောတာလည်း မမှား။ နယူတန်က အလင်းအ ကြောင်း လေ့လာတယ်။ ဂြိုဟ် တွေရဲ့ ရွေ့လျားမှု တွေကို လေ့လာဖို့ သူ ရှေ့က ဂယ်လီလီယိုလိုပဲ ကိုယ်တိုင် တယ်လီစကုပ် တစ်ခု လုပ်တယ်။ ဒီတယ်လီစကုပ်ဟာ နောက်ပိုင်း အာကာသ ဗေဒ ပညာရှင် တွေ အသုံးပြုမယ့် တယ်လီစကုပ် တွေကို အများကြီး လမ်းပြ ပေးခဲ့တယ်။ နောက်ပြီး သင်္ချာပညာရဲ့ မဏ္ဍိုင်ကြီးတစ်ခု ဖြစ်လာမယ့် ကဲကုလပ်စ်ကို ထွင်တယ်။ နယူတန် လုပ်သွားသမျှ တွေထဲက တန်ဖိုးအရှိဆုံးက သူ့ရဲ့ ရွေ့လျားမှု ဥပ ဒေသ တွေပါ။



ပြင်ပမှ အားတစ်စုံတစ်ရာ မသက် ရောက်မချင်း ရပ်တန့် နေ သောဝတ္ထုသည် ဆက်လက်ရပ်တန့် နေပြီး ကိန်း သေ အလျင်ဖြင့် ရွေ့လျား နေ သော ဝတ္ထုသည် ထိုကိန်း သေအလျင်နှင့်ပင် ဆက်လက်၍ ရွေ့လျား နေမည် ဆိုတဲ့ နယူတန်ရဲ့ ပထမ ဥပ ဒေသ အီနားရှားကို မကြားဖူးတဲ့ ကျောင်းသား မရှိနိုင်ပါဘူး။ တကယ် တော့ အီနားရှား သ ဘောတရားဟာ ကျွန် နော်တို့နဲ့လည်း ရင်းနှီးတဲ့ နိယာမတစ်ခု ဖြစ် နေပါတယ်။

ဘုတ်ပြားတစ်ချပ် ပေါ်မှာ ဂေါက်သီးတစ်လုံးကို လှိမ့်လိုက်တဲ့အခါ ဂေါက်သီး လိမ့်သွားပါတယ်။ ဒါ ပေမဲ့ တစ်ခု သော အ နေအထားမှာ ရပ်တန့်သွားတယ်။ အိနားရှား သ ဘောတရားကို မသိတဲ့သူက တော့ ဒါဟာ ဂေါက်သီးကို ပေးလိုက်တဲ့ အားပမာဏ ကုန်သွားလို့ပဲ။ အချိန်တစ်ခု မှတ်လိုက်မယ်။ ဒီအချိန်အတွင်းမှာ ဒီအား ပမာဏ ကုန်ဆုံးရင် ဂေါက်သီးရပ်သွားမှာပဲလို့သာ ထင်စရာရှိပါတယ်။ ဒါဆို ဒီ ဂေါက်သီးကိုပဲ တူညီတဲ့ အားပမာဏနဲ့ ဘုတ်ပြား ပေါ်မှာ နောက်တစ်ကြိမ် လှိမ့်ပါမယ်။ ခုနက ဘုတ်ပြား ပေမဲ့ ဒီတစ်ခါ တော့ ချောဆီ သုတ်ထားလိုက်မယ်။ ဒါဆို ခုနကအချိန်အတွင်းမှာတင်ကို အကွာအ ဝေး ပိုပီး ရောက်တာ တွေ့ရပါလိမ့်မယ်။

ဒီ တော့ ကျွန် နော်တို့မှာ စဉ်းစားဖို့ လိုလာပါပြီ။ ဘယ်လိုမျိုးများ ဒီ ဂေါက်သီးကို ပေးလိုက်တဲ့ အားပမာဏ ကုန်ဆုံးသွားတာလဲ။ အချိန် ပေါ် မသက်ဆိုင်တာ တော့ သေချာပြီ။ ဒါဆို သူ့ကို ချေဖျက် နေတဲ့ ဆန့်ကျင်ဖက် အားတစ်ခုများ ရှိ နေမလား။ အ သေအချာပါပဲ။ ဒီအားကို ပွတ်မှုအားလို့ ခေါ်ပါတယ်။ အင်္ဂလိပ်လိုဆိုရင် တော့ frictional force ပေါ့။ နယူတန်က သူ့ရဲ့ ပထမဥပ ဒေသမှာ ဒီပုန်းကွယ် နေတဲ့ အားအ ကြောင်း ဖော်ပြခဲ့တာပါ။

နယူတန်ဟာ ပထမဥပ ဒေသမှာ ဒီပုန်းလျိုးကွယ်လျိုး လုပ် နေတဲ့ အား တွေရဲ့ သဘာဝကို ဖော်ပြပြီး ဒုတိယဥပ ဒေသမှာ တော့ ဒီအား တွေကို ဘယ်လို ဖော်ထုတ် တိုင်းတာမလဲဆိုတာ ဖော်ပြပါတယ်။ သူ့ရဲ့ ဒုတိယ ဥပ ဒေသကို သင်္ချာလို ရေးရမယ်ဆိုရင် တော့ $F = ma$ ပေါ့။ စာနဲ့ ဘာသာပြန်ရမယ်ဆို ဝတ္ထုတစ်ခု ပေါ်မှာရှိတဲ့ အသားတင်အားသည် ထိုဝတ္ထုရဲ့ ခြပ်ထုပမာဏနဲ့ ထိုဝတ္ထု ရရှိ သော အရှိန်ပမာဏ မြောက်လဒ်တို့နဲ့ တူညီသည်တဲ့။ ရိုးရိုး လေး ပြောမယ်ဆိုရင် ခြပ်ထု mass m ရှိတဲ့ ဝတ္ထုကို အရှိန် acceleration a ရဖို့အတွက် အားပမာဏ Force F လိုတယ် ပေါ့။

X ray စက် တွေမှာဆိုရင် အီလက်ထရွန် အမှုန် တွေကို သုံးတယ်။ အဲ့ဒီအမှုန် တွေရဲ့ အရှိန် တွေ လိုချင်ရင် အရင်ဆုံး စက် တွေရဲ့ လျှပ်စစ်စက်ကွင်းပြင်းအားနဲ့ အီလက်ထရွန် တစ်လုံးရဲ့ လျှပ်စစ်ပမာဏနဲ့ကို သိရင် ရပါပြီ။ အဲ့ ၂ ကောင်က နေ လျှပ်စစ်အားကိုရမယ်။ အဲ့က နေမှ အရှိန်ကို အကြမ်းအားဖြင့် တွက်ထုတ်ပြနိုင်တာ ပေါ့။

$$\Sigma F = F_{\text{net}} = ma$$

တကယ်တမ်း ပြောရမယ်ဆိုရင် နယူတန်ရဲ့ ဥပဒေသ ၃ ခုလုံးဟာ အား တွေအကြောင်း ပြောတာပါပဲ။ ဒါကြောင့်ပဲ နယူတန်ကို ဂုဏ်ပြုတဲ့ အနေနဲ့ အားရဲ့ ပမာဏကို တိုင်းတာတဲ့ ယူနစ်(မတ္တာ)ကို newton နယူတန်လို့ စံစနစ်မှာ သတ်မှတ်ထားပါတယ်။ ဒုတိယဥပဒေသအရဆို $1 \text{ newton} = 1 \text{ kg meter per second per second}$ ဖြစ်တာ ပေါ့။ ဒီနေရာမှာ m per sec per sec ဆိုတာ လေး သိဖို့ လိုပါမယ်။ m per sec ဆိုတာ တစ်စက္ကန့်မှာ တစ်မီတာရွေ့သွားခြင်း ပေါ့။ နောက် per sec ဆိုတာ အဲ့နှုန်းဟာ စက္ကန့်နဲ့အလိုက် ဆက် ပြောင်းနေခြင်းပါ။

အရွေ့တစ်ခုရှိတယ်ဆိုတာ အရာဝတ္ထုတစ်ခု တစ်နေရာက နေတစ်နေရာ ပြောင်းတာပါ။ လမ်းကြောင်းရှိရှိနဲ့ အဆက်လိုက် သွားနေရင် ဒါက အလျင် velocity တစ်ခု ရှိနေတယ်လို့ ပြောလို့ရပါတယ်။ ဒါကြောင့် အလျင်ရဲ့ ယူနစ်က meter per sec တဲ့။ တစ်စက္ကန့်မှာ ရွေ့သွားသော တစ်မီတာ ပေါ့။ တကယ်တော့ အရှိန်ဆိုတာ အလျင်ရဲ့ ပြောင်းလဲနှုန်းသာ ဖြစ်ပါတယ်။ အလျင်ဟာ အချိုးတစ်ခုအတိုင်း ပြောင်းလဲနေရင် အရှိန်က ကိန်းသေပါ။ ဥပမာ အဆောက်အဦအမြင့် ပေါ်က နေ ခဲတလုံး မျဉ်းဖြောင့်အတိုင်း လွတ်ချလိုက်မယ်ဆိုရင် အလျင်ဟာ အချိုးညီညီတိုးသွားလိမ့်မယ်။ အဲ့ဒီတိုးနှုန်းကို အရှိန်လို့ ခေါ်တာပါပဲ။ (အလားတူပဲ အလျင် လျော့ရင် လျော့နှုန်းကို ဆုတ်ရှိန် deceleration လို့ ခေါ်ပါတယ်။)

ခုလို အလျင်ရဲ့ တိုး/ လျော့နှုန်း တွေက အရှိန်ဖြစ်တယ်ဆိုတော့ အလျင်သာ ကိန်းသေ(မတိုးမလျော့)ဆိုရင် အရှိန်က သုညဖြစ်ပါတယ်။ ဆိုလိုတာက ပြင်ပသက်ရောက်အား မရှိဘူး။ ကိန်းသေအလျင်ဖြင့် ရွေ့လျားနေသော ဝတ္ထုသည် ထိုကိန်းသေအလျင်နဲ့ပင် ဆက်လက် ရွေ့လျားနေမယ်။ ပြင်ပသက်ရောက်အား မရှိလို့ဆိုတဲ့ ပထမဥပဒေသနဲ့ ပြန်ကိုက်ညီပါတယ်။

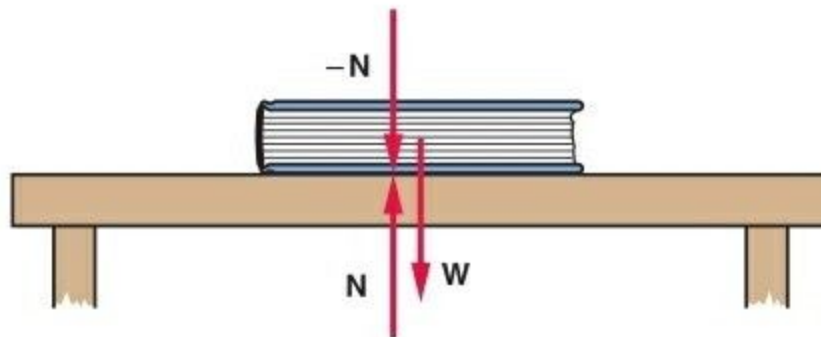
ကျွန် နော်တို့ အ ပေါ်မှာတုန်းက ဝတ္ထုပစ္စည်း လေးကို လွှတ်ချရင် အလျင်တိုးလာတာနဲ့အမျှ အရှိန်တစ်ခု ရလာတယ်လို့ ပြောခဲ့ပါတယ်။ သို့ သော် ဒီအရှိန်က ကိန်း သေဖြစ် နေပါတယ်။ အချက် ၂ ချက် ကြောင့်ပါ။ ပထမတစ်ချက်က အလျင် တွေက တိုးနှုန်းမှန်မှန်ကြီးပဲ တိုးလို့ပါ။ နောက်တစ်ချက်က တော့ အောက်ကို ပြုတ်ကျတယ်ဆိုတာ ကမ္ဘာ မြေကြီးယဲ့ ဆွဲငင်အား ကြောင့်ပါ။ ဝတ္ထုတစ်ခုရဲ့ အ လေးချိန်ကို ကမ္ဘာ မြေဆွဲအားလို့ ခေါ်ပါတယ်။ လေရဲ့ ခုခံမှုရှိငြား အင်မတန်နည်းပါးလွန်းတာ ကြောင့် ဝတ္ထုရဲ့ အ လေးချိန်က ကိန်း သေလို့ ယူဆတယ်လို့ပဲ အလွယ်ဆိုနိုင်ပါတယ်။ ဒီ နေရာမှာ တွေ့ရတဲ့ ကမ္ဘာဆွဲရှိန်ဆိုတာ acceleration due to gravity လို့ ခေါ်ပါတယ်။ တန်ဖိုးအားဖြင့် $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ရှိပါတယ်။ ဒီအရှိန်နဲ့ အဲ့ဒီဝတ္ထုရဲ့ အ လေးချိန်ကို ရှာဖို့ ညီမျှခြင်းတစ်ခုရှိပါတယ်။ $F = mg$ တဲ့။

မျက်စိရှုပ်မသွားကြဖို့ မျှော်လင့်ပါတယ်။ F က ဝတ္ထုအ လေးချိန် m က ခြပ်ထုတဲ့။ တူတူပဲ မဟုတ်ဘူးလားဆိုပြီး မ ယောင်သွားပါနဲ့။ တကယ် တော့ မတူပါဘူး။ ကျွန် နော်တို့ ခန္ဓာကိုယ်ဆိုတာ တကယ် တော့ ခြပ် တွေ့နဲ့ ဖွဲ့စည်း ထားတာ မဟုတ်လား။ ကျွန် နော်တို့မှ မဟုတ်ပါဘူး။ ဘယ်ပစ္စည်းမဆို အက်တမ် တွေ့နဲ့ ဖွဲ့စည်းထားတာချည်းပဲ။ ဆို တော့ ခြပ်ထု mass ဆိုတာ ဒီရပ်ခြပ်အစုကြီး ပမာဏပါ။ weight တစ်နည်းအားဖြင့် force F ဆိုတာ ဒီခြပ်ထုကြီး တည်ရှိ နေတဲ့ ဂြိုဟ်ရဲ့ အဲ့ဒါကြီး ပေါ် သက် ရောက်အားပါ။ ဆိုလိုချင်တာက ခြပ်ထုဆိုတာ စကြဝဠာတစ်ခုလုံးမှာ ဘေးပ ယောဂ ကြောင့် ရပ်ခြပ် တွေ မပဲ့ထွက်သ ရွေ့ တည်မြဲတယ်။ အ လေးချိန်ဆိုတာ နေရာ ဒေသလိုက်ပြီး ပြောင်း သေးတာ။ ဒါ ကြောင့် ကိုယ်အ လေးချိန် ၆ ပေါင် လျော့ချင်ရင် လ ပေါ်ကို သွားချိန်တဲ့။ နေရာတစ် နေရာနဲ့တစ် နေရာ acceleration due to gravity က ကွာခြားပါတယ်။

ဒါဆို လေထုရှိ နေတဲ့ ကမ္ဘာမှာ အထပ်မြင့်က ပြုတ်ကျလာတဲ့ ခဲ လေးဆို သူ့မှာ အ လေးချိန်ဆိုတဲ့ အားတစ်ခု ရှိမှာပဲ လေ။ ဒီအားကို ပြန်ခုခံ နေတဲ့ လေထုရဲ့ ခုခံမှုကို ရော ထည့်တွက်စရာမလိုဘူးလားဆို တော့ လိုပါတယ် သေးငယ်လွန်းလို့ မတွက် တော့တာပါ။ တတိယဥပ ဒေသအ ကြောင်း ကျွန် နော်တို့ မ ဆွေး နွေးခင် ကျွန် နော် ပြောချင်တာ တစ်ခု ရှိပါ သေးတယ်။ ခုခံအားအ ကြောင်းပါ။ ပထမဥပ ဒေသအ ကြောင်း ဆွေး နွေးတုန်းက ဆန့်ကျင်ဘက် အားတစ်ခုလို့ ပြောခဲ့ပါတယ်။ ရူပ ဗေဒမှာ မတ္တာ တွေကို ခွဲခြားကြတဲ့အခါ ပမာဏသပ်သပ် scalar နဲ့ လားရာ ရော ပမာဏပါပါတဲ့ vector ဆိုပြီး ၂ မျိုး ကွဲပါတယ်။ အားဟာ ဗက်တာအမျိုးအစားထဲမှာပါဝင်လို့ လားရာကိုပါ ထည့်ပြီး စဉ်းစားရပါတယ်။

ဆိုပါစို့ ဘောလုံး လေးကို တောက်လိုက်တယ်။ အား 5 N ရသွားတယ်။ ဒါ ပေမဲ့ ပွတ်မှုအားက 2 N ဆိုရင် အသားတင်အား F ဟာ $5 - 2 = 3 \text{ N}$ သာကျန်ပါမယ်။ $F = ma$ ဆိုတဲ့ ညီမျှခြင်းက F ဟာ အသားတင်အား 3 N ဖြစ်ပါတယ်။ ကျွန် နော်တို့ သက် ရောက်လိုက်တဲ့ အားနဲ့ ပမာဏ တူတဲ့ ပွတ်မှုအားရှိ နေတယ်လို့ တွေးကြည့်ကြပါဗျာ။ ဒါဆို အသားတင်အားက သုညဖြစ်မယ်။ $ma = 0 \text{ N}$ ဖြစ်ပြီး အရှိန် a ကလည်း သုညပါ။ ဒီ တော့ ပြင်ပ သက် ရောက်အား တွေ ကြေသွားလို့ မရှိဘူးလို့ ယူဆလို့ ရပါတယ်။ ရပ် နေ သော ဝတ္ထုသည် ဆက်လက်ရပ်တည် နေပြီး ။ ဪ... အိန်းရှား။

အား တွေက လားရာရှိတယ်ဆို တော့ အား တွေရဲ့ တန်ပြန်သက် ရောက်ပုံကို နယူတန်က တတိယဥပ ဒေသမှာ ဖော်ပြထားပါတယ်။ ဒီအား တွေက တော့ ပွတ်မှုအားလို ကြေသွားမှာ မဟုတ်ပါဘူး။ တူညီတဲ့အရှိန် တူညီတဲ့အားနဲ့ လားရာပဲ ကွဲပြီး ပြန်လာမှာပါ။ သက် ရောက်မှုတိုင်းတွင် တူညီ သော တန်ပြန်သက် ရောက်မှုရှိသည်ဆိုတာ ပေါ့။



ဘောလုံးကို နံရံဆီ ပစ် ပေါက်တာ၊ ကော် သေနတ်ကို ကော်စံထည့် မောင်းတင်ပစ်တာ၊ သေနတ်ပစ်ရင် ပစ်တဲ့သူပါ တန်ပြန်သက် ရောက်အားကို ခံစားရတာ၊ ရေပိုက် ခေါင်းက နေ ရေ တွေ တ ဝေါ ဝေါလာလို့ ရေပိုက်ကြီးက မြွေကြီးလို ထ ထောင်ပြီးပန်းကုန်တာ စတဲ့ နေ့စဉ်အ တွေအကြုံ တွေကအစ ဂျက် လေယာဉ် တွေ ခုံးပျံ တွေအထိ တတိယဥပ ဒေသက ပေါ်လွင်ပါတယ်။ ဂျက် လေယာဉ် တွေဆိုလည်း သူတို့ သွားချင်တဲ့ လမ်း ကြောင်းကို ရောက် အောင် ခါတ် ငွေ တွေကို ဆန့်ကျင်ဘက်ဆီ ထုတ်လွှတ်ပြီး သွားရတာပဲ။

မေးစရာရှိတာက ခုလို သက် ရောက်မှုတိုင်းမှာ တန်ပြန်သက် ရောက်မှု ရှိတယ်ဆို တော့ ကမ္ဘာကြီးက ကျွန် နော်တို့ကို ဆွဲငင်တဲ့အခါ ကျွန် နော်တို့က ရော ကမ္ဘာကြီးကို ပြန်ဆွဲငင်သလားဆိုတာပါ။ တစ် နေ့မှာ ပန်းသီးတစ်လုံး နယူတန် ခေါင်း ပေါ် ပြုတ်ကျ လေသည် ဆိုတဲ့ ပုံပြင်တစ်ခု အစပြုလို့ ဖော်ပြတတ်ကြတဲ့ နယူတန်ရဲ့ ခြပ်ဆွဲအားဥပ ဒေသကြီးကို ဆွေး နွေးကြရ အောင်ပါ။



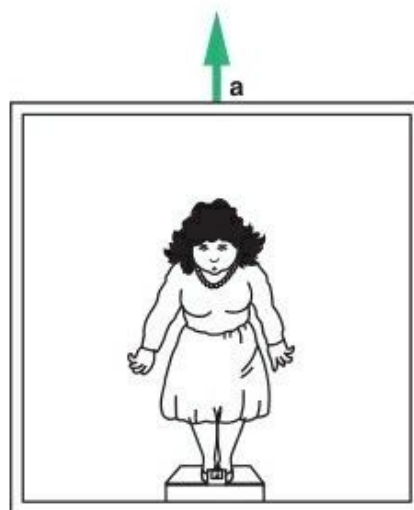
$F = GmM/r^2$ ဆိုတဲ့ ညီမျှခြင်းဟာ နယူတန်ရဲ့ ခြပ်ဆွဲအားဥပ ဒေသပုံဖြစ်ပါတယ်။ အဲဒီမှာပါတဲ့ G ဆိုတာ ဂရယ်ဗတီကိန်း သေဖြစ်ပါတယ်။ m နဲ့ M က ခြပ်ထု တွေဖြစ်ပြီး r က တော့ သူတို့ကြား အကွာအ ဝေး ပေါ့။ နယူတန်ရဲ့ အချိန်တုန်းက G ရဲ့ တန်ဖိုးကို သူ့စာအုပ်ထဲမှာ ရေးမထားပါဘူး။ ဒါ ပေမဲ့ နောက်ပိုင်း အနီးစပ်အတိကျဆုံး တန်ဖိုး တွေ တော့ ထွက် ပေါ်လာခဲ့ပါတယ်။ ($G = 6.67428 \pm 0.00067 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$) ဒါဆို ပန်းသီးက နေ

ကမ္ဘာကို ပြန်ဆွဲတဲ့ပမာဏ ကို ရှာကြည့်လို့ရပါတယ်။ အဲဒါက အက်တမ်အမှုန်ထဲမှာ ပါတဲ့ ပရိုတွန်ထက်ကို သေးငယ် နေတဲ့ ပမာဏဖြစ်တာ ကြောင့် မသိသာ တော့ပါ။ အများအပြားမှာ တော့ ပန်းသီးကြီးက ကမ္ဘာ ပေါ် ပြုတ်ကျလာတယ်ပဲ ဖြစ်ပါ တော့တယ်။

ကမ္ဘာဆွဲအားနဲ့ ပက်သက်လို့ တတိယဥပ ဒေသနဲ့ ပြောမယ်ဆို ကမ္ဘာဆွဲအားနဲ့ ပမာဏတူ အားတစ်ခုဟာ ကမ္ဘာဆွဲအားရဲ့ လားရာ ပြောင်းပြန် (အ ပေါ်ဖက်)ကို ဦးတည်ပြီး တစ်ခုရှိ နေပါတယ်။ ဒါကို Normal Force ထောင့်မှန်ကျအားလို့ ခေါ်ပါတယ်။

ထောင့်မှန်ကျအားလို့ ခေါ်ရတဲ့ အ ကြောင်းအရင်းက တော့ ဝတ္ထုပစ္စည်း တစ်ခု ပေါ်မှာ သက် ရောက် နေတဲ့ normal force ဆိုတာ အဲဒီပစ္စည်း တင်ထားတဲ့ မျက်နှာပြင်က မ,တင် သက် ရောက်တာဖြစ်လို့ပါ။ ဆိုပါစို့ စာအုပ် လေးတစ်အုပ်ကို စားပွဲ ပေါ် တင်ထားမယ်။ ဒီစာအုပ် လေးမှာ အ လေးချိန် W ရှိမယ်။ ဒီစာအုပ် လေးကို စားကွဲက မ,တင်ထားတဲ့ ထောင့်မှန်သက် ရောက်အား n ရှိမယ်။ $n = W$ ဖြစ်တဲ့အခါ စာအုပ် လေးက စားပွဲ ပေါ်မှာပဲ ရှိ နေပါမယ်။ ဒါ ပေမဲ့ W က များ နေရင် တော့ စားပွဲကျိုးကျသွားတယ်။ မ,တင်နိုင်ခြင်းမရှိ တော့ဘူး လေ။

ကိုယ်အ လေးချိန်တိုင်းစက် (အရပ်အ ခေါ် ပေါင်ချိန်စက်)တွေကလည်း ဒီလိုပါပဲ။ ကျွန် နော်တို့ရဲ့ အ လေးချိန်ကို တိုင်းတာတယ်ဆိုတဲ့ နေရာမှာ ကမ္ဘာက ကျွန် နော်တို့ကို ဆွဲတဲ့အားထက် ပေါင်ချိန်စက်က ကျွန် နော်တို့အတွက် ပင့်တင် ပေးထားရတဲ့ အားကိုသာ ယူပါတယ်။ ဥပမာ ကိုယ်အ လေးချိန်အ တော်များတဲ့သူ တက်လိုက်ရင် ပေါင်ချိန်စက်ကြီး ဝှမ်းခနဲကျိုး ရော ဆိုတာမျိုး ... ။



ဒါဖြင့် ကျွန် နော်တို့ ဒီကိုယ်အ လေးချိန် တိုင်းတဲ့စက်ကိုပဲ ဓါတ် လှေကားထဲ ယူသွားကြတာ ပေါ့။ ဓါတ် လှေကားက ပထမငြိမ် နေမယ်။ နောက် တော့ ရပ် နေရာက နေ ထပ်ခနဲ အရှိန်မြင့်သွားပြီး အ ပေါ်တက်သွားမယ်ဗျာ။ အဲလိုဆိုရင် ခြပ်ဆွဲအားကို ဆန့်ကျင် ဘက် လားရာပြု နေတဲ့ အားတစ်ခုက ဓါတ် လှေကားထဲက လူအ ပေါ် သွား သက် ရောက် ရော။ ဒီ တော့ နယူတန်ရဲ့ ဒုတိယဥပ ဒေသ $F = ma$ အရ နဂို ရှိတဲ့ $F = mg$ မဟုတ် တော့ဘူး။ $2 \text{ m per sec per sec}$ နှုန်းနဲ့ ရုတ်တရတ် ထိုးတက်သွားတယ်ပဲထား။ အဲအခိုက်အတန့် လေးမှာ သူ့အ ပေါ် သက် ရောက် နေတဲ့ အားက $F = m(g+2)$ ဖြစ်သွား ရော။

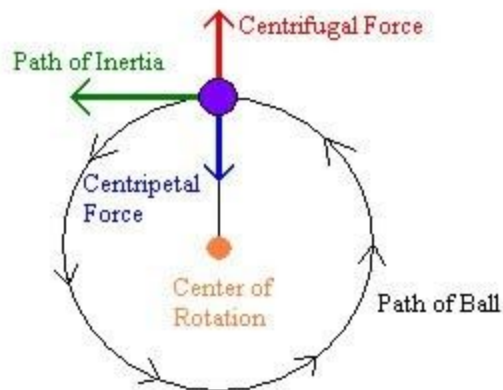
အ ပေါ်ကို တက်တဲ့အခါ ရုတ်တရတ် အရှိန်ရတဲ့အခိုက်အတန့် လေးမှာ ပေါင်ချိန်စက်က ဂဏန်း တွေ တက်သွားတယ်ဆိုရင် ရုတ်တရတ် အောက်ကို ဆင်းတဲ့အခါ ရော ? ရှင်းပါတယ်။ လျော့ကျသွားမှာ ပေါ့။ ခုနကနှုန်းအတိုင်းဆို $F = m(g-2)$ ဖြစ်သွား မှာ ပေါ့။ ဒါဆိုရင် အ တွေးစမ်းသပ်ချက်တစ်ခု ရဲရဲကြီး လုပ်ပလိုက်ရ အောင်။ တကယ်လို့ ဓါတ် လှေကားက ချည်ထားတဲ့ ကြိုးကို ဖြတ်ချလိုက်ရင် ရော ?

ဓါတ် လှေကားမှာ ချည်ထားတဲ့ကြိုးကို ဖြတ်ချလိုက်ရင် အောက်ကို ကျတဲ့ acceleration က ကမ္ဘာက ဆွဲတဲ့ acceleration due to gravity g နဲ့ တူတူ ဖြစ်သွားပါမယ်။ ဒီ တော့ $F = m(g-g) = m(0)$ သုည ပေါ့။ သ ဘောက တော့ ကျွန် နော်တို့ ခြပ်ဆွဲအားကင်းမဲ့မှုကို ခံစားရမှာပါတဲ့။ အဲဒီလို ဖြစ် နေတဲ့အ ခြေအ နေကို လွတ်လပ်စွာ ကျဆင်းခြင်း freely falling လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ဒီလိုအ ခြေအ နေမှာ အရာဝတ္ထုတိုင်းက အီနားရှားအညွှန်း ဘောင် inertial reference frame ထဲမှာပဲ ရှိတယ်။ တစ်နည်း ပြောရမယ်ဆိုရင် တော့ ဒီအ ခြေအ နေမှာ ရပ် နေ သော ဝတ္ထုသည် ဆက်လက်ရပ်တည် နေပြီး မူသေအလျင်ဖြင့် ရွေ့လျား နေ သော ဝတ္ထုသည် ထိုအလျင်နဲ့ပင် ဆက်လက် ရွေ့လျား နေမည် ပေါ့။

ဓါတ် လှေကားကို ကြိုးဖြတ်ချတာထက်ပိုပြီး စွန့်စားရမယ့် အ တွေးစမ်းသပ်ချက်တစ်ခု လုပ်ကြည့်ရ အောင် ... ။ ဒါက တော့ ဓါတ် လှေကား အောက်မှာ ဒုံးပျံတစ်ခုတပ်လိုက်မှာပါ။ သ ဘောက တော့ အောက်ဖက်က နေ အရှိန် ပေးတဲ့အခါ အရှိန်ရဲ့ ဦးတည်ဘက်က အ ပေါ်ဖြစ်လို့ ဓါတ် လှေကားကြီးက မိုး ပေါ် ထောင်တက်သွားပါမယ်။ အရှိန်က တော် တော် များတဲ့အခါ ဓါတ် လှေကားထဲကလူ ဘယ်လိုဖြစ်မယ်ထင်သလဲ။ ဓါတ် လှေကားကြမ်းပြင်မှာ ကပ် နေမှာပါ။



ဒီလို အရှိန် ပေးတဲ့နည်းနဲ့ အာကာသယာဉ်မှာ အာကာသယာဉ်မှူး တွေအတွက် ဂရယ်ဗတီအတု ဖန်တီး ပေးပါတယ်။ ဒါ ပေမဲ့ ဒီလို အတိအကျ တော့ မဟုတ်ပါဘူး။ ကျွန် နော်တို့ အာကာသယာဉ်ဟာ ခုံးပျံတစ်စင်းနဲ့ လျှောက်ပတ် နေလို့ မဖြစ်ပါဘူး။ သတ်မှတ်ထားတဲ့ နေရာ မှာ စောင့်ကြည့်ရတာမျိုး တွေလည်း ရှိနိုင်မှာ ပေါ့။ ဒီအတွက် ဂရယ်ဗတီအတု ဖန်တီးလိုတဲ့ယာဉ်ဟာ စက်ဝိုင်းပုံစံအတိုင်း ယာဉ်ရဲ့ အလယ် နေရာကို ဗဟိုပြုပြီး အရှိန် ပေးရပါတယ်။ ဒါ ကြောင့်ပဲ စီမံကိန်းနဲ့ အာကာသစခန်း တွေဟာ အဝိုင်း ပုံတွေပါ။ ဘာနဲ့စတိုင် တူသလဲဆို ခဲတလုံးကို ကြိုးချည်ပြီးရမ်း နေသလိုပါပဲ။ ဒီခဲမှာ ဘေးပတ် နေတဲ့အားရှိသလို ဒီခဲကို ဆွဲထားတဲ့ ကြိုးက တင်းအားလည်း ရှိ နေပြန်တယ်။ အဲဒီခဲ ပေါ်မှာ ခင်ဗျားတို့ ပါတယ်လို့ စိတ်ကူးယဉ်ကြည့်ပါလား။ ခင်ဗျားတို့ ခဲ ပေါ်မှာ ကပ် နေမှာပဲ။



တကယ် တော့ နေအဖွဲ့အစည်းမှာ ဂြိုဟ် တွေ ရွေ့လျားတယ်ဆိုတာလည်း ဒီအတိုင်းပါပဲ။ လဟာကမ္ဘာကို လှည့်ပတ်တယ်။ ဒီအတိုင်းပဲ။ ကမ္ဘာက လကို ဆွဲတဲ့အားကို ဗဟိုချဉ်းအား centripetal force လို့ ခေါ်တယ်။ အာကာသစခန်း တွေက ဂရယ်ဗတီအတု တွေကလည်း ဗဟိုချဉ်းအား တွေပဲ။ ဒီ နေရာမှာ မေးစရာတစ်ခုရှိလိမ့်မယ်။ နယူတန်ရဲ့ တတိယဥပ ဒေသအရဆို ဆန့်ကျင်အားတစ်ခု ရှိရဦးမှာလား။ ရှိပါတယ်။ centrifugal force ဗဟိုခွာအားလို့ ခေါ်တယ်။ ခဲကို ကြိုးချည် ဝှေ့တဲ့ ဖြစ်စဉ်မှာ ထင်ရှားတယ်။ ဂရယ်ဗတီအတုလို ကိစ္စမှာ တော့ မထင်ရှားဘူး။ သ ဘောတရားအရသာ ထင်ရှားတယ်။ ဒါ ကြောင့် ဒီလို ဖြစ်စဉ်မှာ ဒီလိုအား တွေကို fictitious forces စိတ်ကူးယဉ်အား တွေလို့ ခေါ်ပါတယ်။

နေ့စဉ်ဘဝထဲက ရူပဗေဒ ဖိအားများ

ပါမောက္ခ ဝယ်လ်တာလူဝင်က စာသင်ခန်းထဲမှာ သေနတ်တစ်ချက် ဖောက်လိုက်တယ်။ ကျည်ဆံက သံဘူး ၂ ဘူးကို ဖောက်ထွက်သွားပြီး ၁ ဘူးရဲ့ အဖုံးက အပေါ်ကို ပွင့်ထွက်သွားတယ်။ သံဘူး ၂ ဘူးမှာ ၁ ဘူးက လေ၊ ၁ ဘူးက ရေ အပြည့်ရှိတယ်။

လေပဲရှိတဲ့သံဘူးမှာ ကျည်ဆံက ဖိအားကို ရတာနဲ့ လေမော်လီကျူးတွေက ပူးသွားပြီး ကျည်ဆံပေါ်ကို ဖော့တုံးပေါ် ဖင်ထိုင်ချသလို သက်ရောက်တယ်။ ရေမှာတော့ ဒီလို မဟုတ်ဘူး။ ကျည်ဆံ ဝင်သွားတဲ့အတွက် သံဘူးရဲ့ နံရံတွေပေါ်မှာ အားတွေ ဖိအား pressure တွေ အများကြီး သက်ရောက်သွားပြီးတော့ အဖုံးဟာ ကန်ထွက်သွားတာ ဖြစ်ပါတယ်။

တကယ်တော့ ဖိအား ဆိုတဲ့ သဘောတရားဟာ ကျနော်တို့နဲ့ အစိမ်းသက်သက်တော့ မဟုတ်ပါဘူး။ ကျနော်တို့ရဲ့ ဘေးပတ်ပတ်လည်မှာလည်း ဖိအားတွေ သက်ရောက်နေတာပါ။ လူမှုရေး ဖိအားတွေ အသာဖယ်ပြီး ရူပဗေဒနည်းကျ ကြည့်မယ် ဆိုရင်တောင် လေထုဖိအားက ကျနော်တို့ကို စက္ကန့်မလပ် သက်ရောက်နေတာ ဖြစ်ပါတယ်။

ဖိအား pressure ဆိုတာ ဧရိယာတစ်ယူနစ်ပေါ် သက်ရောက်နေတဲ့ အား အဖြစ် နားလည်နိုင်ပါတယ်။ သင်္ချာပုံစံနဲ့ဆို $P = F/A$ ဖြစ်ပါတယ်။ ပင်လယ်ရည် မျက်နှာပြင်မှာရှိတဲ့ လေထုဖိအား atmospheric pressure ဟာ 1 kg per 1 cm² ဖြစ်ပါတယ်။ ၁ စင်တီမီတာ စတုရန်းကွက်ပေါ်မှာ လေထုက သက်ရောက်နေတဲ့ အားပမာဏကို ၁ ယူနစ် ဖိအားလို့ ဆိုနိုင်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် အား သက်ရောက်ရာ ဧရိယာပမာဏ များလေလေ ဖိအား ပမာဏနည်းလေလေ ဆိုပြီး ကျနော်တို့ လက်ခံနိုင်ပါတယ်။

ဥပမာ ကျနော်တို့ သူငယ်ချင်း တယောက် ရေခဲပြင်ထဲ ကျွံကျသွားတယ်ဆိုပါစို့ ကျနော်တို့ သူနားကို ဘာလိုသွားမလဲ။ ကျနော်ကတော့ မှောက်လျက်သွားဖို့ ရွေးမိမှာပါ။ ဘာကြောင့်လဲဆိုတော့ ကျနော်တို့ရဲ့ ခန္ဓာကိုယ် အလေးချိန်က သက်ရောက်အားပါ။ ဒီသက်ရောက်အား သက်ရောက်ရာ ဧရိယာ ပမာဏကို ပိုများစေခြင်းအားဖြင့် ရေခဲပေါ် ကျနော်တို့ရဲ့ ဖိအားကို သက်သာစေမှာပါ။ ကျနော်ပြောတာ မယုံရင် အိမ်မှာတင် ပျဉ်ပြားတချပ်ပေါ် မှောက်လျက်တခါ မတ်တပ်တခါ စမ်းကြည့်နိုင်ပါတယ်။ မတ်တပ်သွားတဲ့အခါ ဖိအားက ပျဉ်ပြားကို ကွေးပါစေလိမ့်မယ်။ မကျိုးသေးလို့ လက်မခံချင်ရင်တော့ စုံခုန်ကြည့်ပါ။ (အန္တရာယ်တော့ များပါလိမ့်မယ်။)

ဒီနေရာမှာ စိတ်ဝင်စားစရာ ကောင်းတာတစ်ခုက ပျဉ်ပြားမှာ လေထုဖိအားတစ်ခု အောက်ဖက်ကနေ သက်ရောက်နေတာ ရှိနေသေးတာပါပဲ။ ဒါပေမဲ့ လေထုဖိအား + ခင်ဗျားဖိအားကြောင့် ပျဉ်ပြားက ကျိုးသွားတာပါ။ လေထုဟာ ကျနော်တို့ရဲ့ ပတ်ပတ်လည်မှာ ရှိလို့ ဖိအားကလည်း နေရာပေါင်းစုံက သက်ရောက်နေပါတယ်။ ဥပမာ ခင်ဗျားက ရေထဲမှာ ရောက်နေရင် ရေဖိအားက ခင်ဗျားကို နေရာစုံက သက်ရောက်နေတာ ပိုပြီး ခံစားမိပါလိမ့်မယ်။ ရေသမုဒ္ဒရာထဲက ငါးတွေအတွက် ရေထုက မသိသာသလို လေသမုဒ္ဒရာထဲက လူတွေအတွက် လေထုက မသိသာတာသာ ရှိပါတယ်။

နေရာဘက်စုံကနေ ဖိအားတွေ သက်ရောက်နေတယ်ဆိုရင် ဘာလို့ ပစ္စည်းတွေ ကြေမသွားတာလဲ။ ဥပမာ စက္ကူသေတ္တာတစ်ပုံးဆိုပါစို့။ ဟိုကလည်း သက်ရောက် ဒီကလည်း

သက်ရောက်ဆို ကြေသွားရမှာ မဟုတ်လား။ စိတ်ဝင်စားစရာ ကောင်းတဲ့အချက်က သေတ္တာဟာ ပိတ်ထားသော်ငြားလည်း အတွင်းထဲမှာ လေရှိနေသေးတဲ့အတွက် ကြေမသွားတာပါ။

ဒါဆို လက်ချောင်းတွေကရော ဘာလို့ မကြေသွားသလဲ အတွင်းထဲမှာ လေရှိလို့လား။ လက်ချောင်းတွေရဲ့ အရိုးတွေက လေထုဖိအားကို ခံနိုင်လောက်အောင် သန်မာနေလို့ပါ။ ဥပမာ ကျနော်တို့ ရင်ဘတ်ဆိုရင် တစ်တန်အားက ရှေ့ရော နောက်ရောက ဖိနေတယ်။ အဆုတ်တွေ ဘာလို့ ကြေမသွားတာလဲ။ အဆုတ်ထဲမှာ လေရှိလို့ပါ။ လေ အမြဲရှူနေတော့ ပုံမှန်အားဖြင့် အဆုတ်ထဲမှာလည်း ၁ ယူနစ် လေထုဖိအား ရှိနေတဲ့အတွက်ကြောင့် ခံနိုင်ပါတယ်။ ဒါကို pressure equilibrium လို့ ခေါ်ပါတယ်။

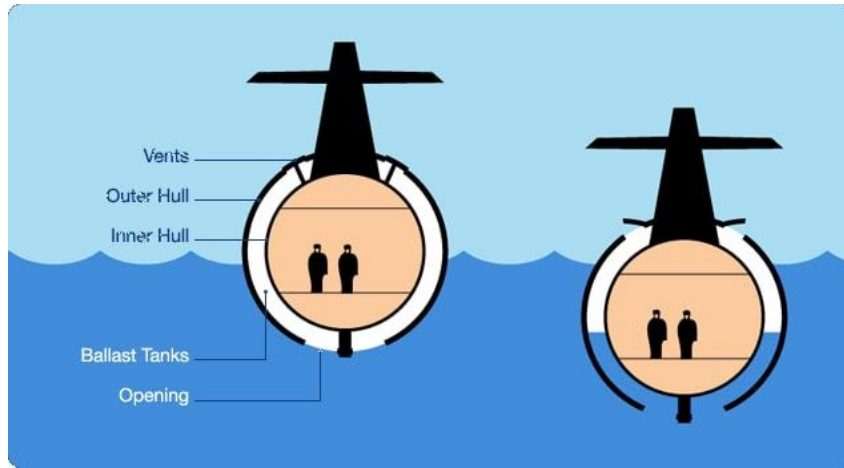
ကျနော်တို့ဟာ လေထဲမှာ ဖိအားရှိသလို ရေထဲမှာလည်း ရှိနေနိုင်ပါတယ်။ ရေ သို့မဟုတ် အရည် တခုခုက သက်ရောက်တဲ့ ဖိအားကိုတော့ hydrostatic pressure လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် ကျနော်တို့က ရေငုပ်နေရင် ရေဖိအားရော လေဖိအားပါ သက်ရောက်တာကို ခံရမှာ ဖြစ်ပါတယ်။

ပိုက်တချောင်းကို ရေခွက်ထဲ ထည့်လိုက်တဲ့အခါ ပိုက်ထဲမှာ ရေခွက်ထဲက ရေရဲ့ မျက်နှာပြင်နဲ့ အညီ ရေတွေ ဝင်သွားတာ တွေ့မြင်နိုင်ပါတယ်။ ဒါဟာ ပိုက်ထဲမှာရှိတဲ့ လေထုဖိအားထက် ရေထုဖိအားက များတဲ့အတွက် ဖြစ်ပါတယ်။ သို့သော် ပိုက်တချောင်းလုံး ရေတွေ ပြည့်မသွားတာဟာ ရေမျက်နှာပြင်အထက်မှာတော့ လေထုဖိအားက ပိုမိုများပြားနေလို့ပါ။ လေစုပ်လိုက်တယ်ဆိုရင် အဆုတ်ထဲမှာ ပါးစပ်ကတဆင့် လေတွေ ဝင်သွားပြီး လေထုဖိအား များသွားပါတယ်။

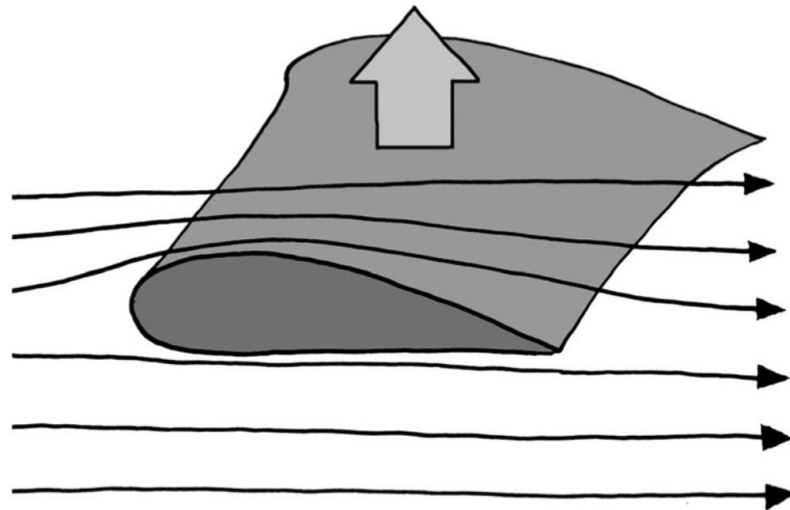
ပါးစပ်တွင်းမှာတော့ လေထုဖိအား လျော့နည်းနေပြီး ဒီဖြစ်စဉ်ကို ရေပိုက်မှာ စမ်းသပ်ကြည့်ရင် ပိုက်ထဲက လေထုဖိအားက ပိုများနေလို့ ပိုက်ထဲက လေတွေ ပါးစပ်ထဲဝင် ပိုက်ထဲမှာ လေထုဖိအားလျော့သွားပြန်၊ ထိုကတဆင့် ရေတွေက ပိုက်ထဲမှာ လျော့သွားတဲ့ လေဖိအားနေရာ အစားဝင် .. စသဖြင့် ပိုက်နဲ့ ရေစုပ်ယူခြင်း ဖြစ်စဉ် ဖြစ်ပါတယ်။

hydrostatic pressure နဲ့ ပက်သက်လို့ နောက်ထပ် ပြစရာကတော့ ရေငုပ်သမားတွေနဲ့ ရေငုပ်သင်္ဘောတွေ ဖြစ်ပါတယ်။ ရေငုပ်သမားတွေအနေနဲ့ ရေထဲမှာ အောက်ကို ရောက်လာ ပိုပြီး အောက်စီဂျင်လိုအပ်လေ ဖြစ်ပါတယ်။ သူတို့ရဲ့ အဆုတ်ကို လေထက် ပိုပြီး သိပ်သည်းဆများတဲ့ ရေထုက ဖိထားလို့ ဖြစ်ပါတယ်။ ရေငုပ်သင်္ဘောတွေ တည်ဆောက်တဲ့အခါမှာဆိုရင်လည်း အတွင်း

လေထုဖိအားနဲ့ အပြင် ရေထုဖိအား ကွာဟချက်ဟာ အဓိကအကျဆုံး စဉ်းစားရတဲ့ အချက်တစ်ခု ဖြစ်ပါတယ်။

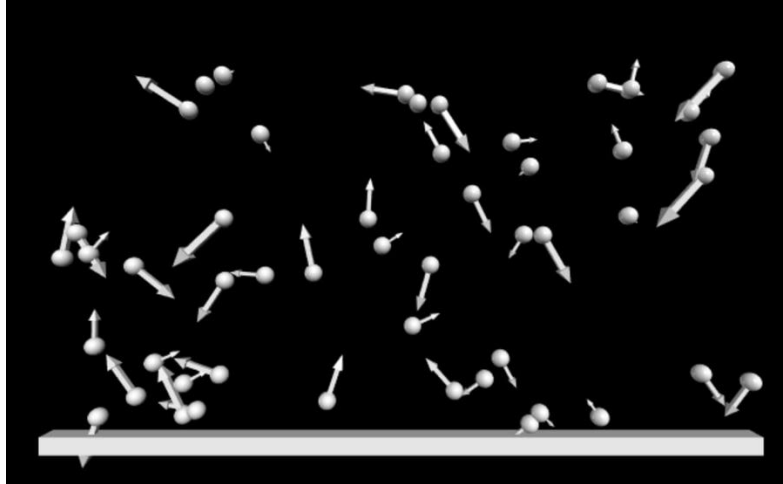


Bernoulli ဆိုတဲ့ သင်္ချာပညာရှင်ရဲ့ ၁၇၃၈ ခုထုတ် Hydrodynamica စာအုပ်မှာ Bernoulli's principle လို့ နောင် တွင်လာမယ့် နိယာမတစ်ခုကို မိတ်ဆက်ခဲ့ပါတယ်။ အရည်ဖြစ်စေ၊ အငွေ့ဖြစ်စေ စီးကြောင်း flow တခုခုမှာ အလျင် speed ကို တိုးလိုက်ရင် ဖိအား pressure လျော့သွားပါမယ်တဲ့။



ဒါကို စက္ကူတစ်ရွက်နဲ့တင် သက်သေပြလို့ ရပါတယ်။ စက္ကူတစ်ရွက်ကို ယူမယ်။ ပါးစပ်ဝမှာ တွေ့ထားမယ်။ ဖြူး ဆိုပြီး မှုတ်ထည့်လိုက်ပါ။ စက္ကူရွက်ဟာ ဂရယ်ဗတီကြောင့်

ကွေးနေရာကနေ တဖြောင့်တည်း ဖြစ်သွားတယ်။ တကယ်တော့ မျက်လှည့် မဟုတ်ပါဘူး။ စက္ကူကို အပေါ်ဖက်မှာ သက်ရောက်နေတဲ့ ဖိအားကို လျော့လိုက်တာပါ။



လေထုဖိအားဟာ လေထုကနေ စက္ကူရွက်ပေါ် ဘက်ပေါင်းစုံက သက်ရောက်ပါတယ်။ အပေါ်ဖက်က သက်ရောက်တာက အောက်ဖက်က သက်ရောက်တာထက် များပါတယ်။ တကယ်တော့ လေထုဆိုတာ လေမှုန်လေးတွေနဲ့ပါ။ လေထုဖိအားဆိုတာ လေမှုန်လေးတွေရဲ့ flow က ဖြစ်လာတဲ့ အားပါပဲ။ ဒီ flow ကို velocity တိုးပေးလိုက်မယ် ဆိုရင်တော့ စက္ကူပေါ်ဖက်မှာ သက်ရောက်နေတဲ့ ဖိအားလျော့သွားပြီး အောက်ဖက်က ရှိရင်းစွဲ ဖိအားကြောင့် စက္ကူဟာ အပေါ်ကို လွင့်လာတာဖြစ်ပါတယ်။

ဒီသဘောတရားကို သွေးဖိအား တိုင်းတဲ့ ကိရိယာ ထွင်တော့ အသုံးပြုခဲ့တဲ့အပြင် ရိုက်ညီနောင်ပေါ်လည်း လေယာဉ်တွေ တီထွင်စဉ်မှာ လွှမ်းမိုးခဲ့ပါတယ်။ ငွေ့ရည်တွေအကြောင်းကတော့ အအေးသောက်ခြင်းကစလို့ မိုးလေဝသ စနစ်တွေအထိ ကျယ်ကျယ်ပြန့်ပြန့် ဆက်လက် လေ့လာနိုင်ပါတယ်။

အပိတ်စနစ်ထဲက စွမ်းအင် နဲ့ အဟုန်

စွမ်းအင် energy ဆိုတဲ့ သဘောတရားဟာ ကျနော်တို့အဖို့တော့ အစိမ်းသက်သက် သဘောတရား မဟုတ်ပါဘူး။ ကျနော်တို့ နေ့တိုင်း အစားအစာ စားတယ်။ အစားအစာကနေ စွမ်းအင်ရတယ်။ ကျနော်တို့ ပြန်အသုံးချတယ်။ ဒါက နေ့ဒရူဝလိုပါပဲ။

စွမ်းအင်ဟာ အစာစားတဲ့ကိစ္စလို ပုဂ္ဂလ အခြေအနေတွေမှာ အရေးပါတာသာ မဟုတ်ပါဘူး။ လူ့ပတ်ဝန်းကျင် အသိုင်းအဝိုင်းမှာလည်း ကျနော်တို့က စွမ်းအင်ကို အသွင်ကူးပြောင်းပြီး အသုံးချနေပါတယ်။ ဟုတ်ပါတယ်။ စွမ်းအင်ကို အသွင်ကူးပြောင်းတာပါ။ ရေအားလျှပ်စစ်မှာဆိုလည်း ရေစီးက ရတဲ့ စွမ်းအင်ကို တာဘိုင်တွေမှာ လည်ပတ်စေပြီး လျှပ်စစ်စွမ်းအင်ထိ အဆင့်ဆင့် ကူးပြောင်း အသုံးချတာပဲလေ။

ဥပမာ နယူကလီးယား ဓါတ်ပေါင်းဖို တစ်ခု ဆိုပါစို့။ အဲဒီထဲမှာ ယူရေနီယံ သို့မဟုတ် ပလူတိုနီယံ ဓါတ်သတ္တိကြွပစ္စည်း တစ်ခုခု ရှိမယ်။ အဲဒီကနေ အပူစွမ်းအင်၊ အပူစွမ်းအင်ကနေ

ရေကို ရေငွေ့ဖြစ်စေပြီး တာဘိုင်တွေ လည်ပတ်စေဖို့ စက်စွမ်းအင်၊ ဒီကနေမှ လျှပ်စစ်စွမ်းအင် စသဖြင့် အဆင့်ဆင့် အသုံးပြုပါတယ်။ ရူပဗေဒ သဘောအရတော့ အလုပ်ပြီးမြောက်ခြင်း work done ဆိုတာ စွမ်းအင် အသွင်ပြောင်းခြင်းပါပဲ။

တကယ်တော့ စွမ်းအင် အသွင်ကူးပြောင်းခြင်းဆိုတဲ့ အယူအဆကို ဂယ်လီလီယိုက စတွေ့ရှိခဲ့တာပါ။ ချိန်သီးလေးကို ကြိုးနဲ့ ဆွဲပြီး ကြိုးက ကိုင်ထားမယ်။ ချိန်သီးလေးဟာ တွဲလောင်းလေး ကျနေမယ်။ ဒါဟာ ကမ္ဘာက ချိန်သီးအပေါ်ကို ခြပ်ဆွဲအား သက်ရောက်နေလို့ ဖြစ်ပါတယ်။ တွဲလောင်းကျနေတဲ့ ချိန်သီးကို ဘေးကို ဆွဲတင်လိုက်မယ် ဆိုရင် သူ့မှာ potential energy ရသွားပါတယ်။ ကမ္ဘာရဲ့ ဂရယ်ဗတီကို ဆန့်ကျင်ပြီး တနေရာမှာ တည်လျက်ရှိလို့ $PE = mgh$ အတည်စွမ်းအင်လို့ ခေါ်နိုင်ပါတယ်။

ချိန်သီးလေးကို ဆွဲထားရာကနေ လွှတ်လိုက်ရင် ချိန်သီးဟာ အတည်စွမ်းအင်ကနေ Kinematic energy အရွေ့စွမ်းအင် အဖြစ် ပြောင်းသွားပါတယ်။ ဒီလိုနဲ့ ဟာမိုနီကျကျ လွှဲထောင့်ပမာဏညီညီနဲ့ စွမ်းအင် ဖလှယ်ပြီး လွှဲနေပါတယ်။ သို့သော် အချိန်တစ်ခုမှာတော့ ရပ်သွားပါတယ်။

ဘာကြောင့် ရပ်သွားသလဲဆိုရင် လေထု ပွတ်တိုက်မှုကြောင့် ဖြစ်ပါတယ်။ လေထုပွတ်တိုက်မှုက ချိန်သီးရဲ့ အရွေ့စွမ်းအင်ကို ပြုန်းတီးစေပါတယ်။ လေထု ပွတ်တိုက်မှုသာ မရှိတဲ့ လေဟာနယ်မှာ ချိန်သီးကို ရမ်းစေရင် အတည် အရွေ့ စွမ်းအင် ၂ မျိုး ဖလှယ်ရင်း ပြင်ပအား တစ်စုံတစ်ရာ မသက်ရောက်မချင်း ရမ်းနေမှာ ဖြစ်ပါတယ်။ ဒါက စွမ်းအင်ဖလှယ်ခြင်းကို ပထမဆုံး သတိထားမိတာ ဖြစ်ပြီး ၎င်းဖာသာ ရှိနေတဲ့ စနစ် (အပိတ်စနစ်) တစ်ခုရဲ့ စုစုပေါင်းစွမ်းအင်ဟာ ဖျက်ဆီးလို့ မရသလို အသစ်ဖန်တီးလို့လည်း မရတာကို ပိုပြီး သိသာစေပါတယ်။

တကယ်တော့ စွမ်းအင်ဟာ နေရာတိုင်းမှာ ရှိပါတယ်။ ခြပ်ထုမှာပင်လျှင် သူ့မှာ စည်းနှောင်ထားတဲ့ စွမ်းအင် ရှိပါတယ်။ ဒါကြောင့်ပဲ အဲဒီ ရုပ်ဒြပ် ပြိုကွဲသွားတဲ့အခါ စည်းနှောင် စွမ်းအင် ထွက်လာပါတယ်။ အိုင်းစတိုင်းရဲ့ $E = mc^2$ ဟာ m ခြပ်ထုရှိ ရုပ်ဒြပ် ပြိုကွဲတဲ့အခါ စွမ်းအင် E ထွက်တာကို ပြတယ်လို့ အကြမ်းအားဖြင့် ဆိုနိုင်ပါတယ်။

စွမ်းအင်လိုပဲ အပိတ်စနစ်မှာ တည်တဲ့အရာက အဟုန် momentum ဖြစ်ပါတယ်။ အဟုန်ဆိုတာ အလျင်နဲ့ ခြပ်ထုကို မြှောက်ထားတဲ့ မဏ္ဍာတစ်ခုဖြစ်ပါတယ်။ အရာဝတ္ထုတစ်ခုကို နှေးစေဖို့ ဘယ်လောက်ထိ အားစိုက်ထုတ်ရမလဲဆိုတာ အဟုန်ပေါ်မှာ မူတည်ပါတယ်။ ခြပ်ထုရော

အလျင်ရောပေါ်မှာ မူတည်တာက စိတ်ဝင်စားစရာ ကောင်းပါတယ်။ ဥပမာပြောရရင် တစ်နာရီ မိုင် ၆၀ နဲ့ မောင်းလာတဲ့ အရုပ်ကားက ခင်ဗျားကို မသေစေပေမဲ့ ကုန်ကားကတော့ သေစေပါတယ်။

momentum ဟာ velocity ပါလို့ ဗက်တာ မဏ္ဍာတစ်ခု ဖြစ်ပါတယ်။ သူ့မှာ ဦးတည်ရာရော ပမာဏရော ရှိလို့ပါ။ ဥပမာ အရှေ့ဘက်သို့ ၁ နာရီ မိုင် ၆၀ အလျင်ဖြင့် သွားနေသော ကားတစ်စီးဆိုပါစို့။ ၁ နာရီ မိုင် ၆၀ က အလျင်ရဲ့ပမာဏ ဖြစ်ပြီး အရှေ့ဖက်က ဦးတည်ရာ ဖြစ်ပါတယ်။

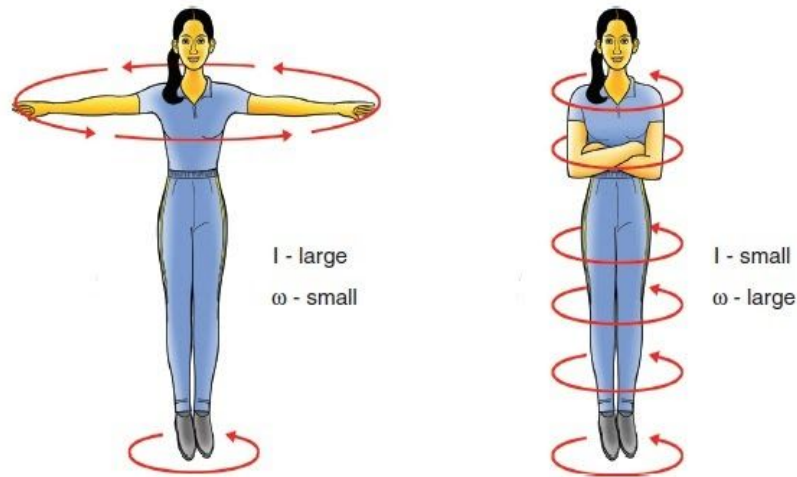
momentum ဟာ စွမ်းအင်လိုပဲ ဖလှယ်တဲ့ သဘောရှိပါတယ်။ ပမာဏအားဖြင့်ရော ဦးတည်ဖက်အားဖြင့်ပါ ဖလှယ်ပါတယ်။ ဥပမာ ဘီလီယက် ဘောလုံး ၂ လုံး အနီနဲ့ အစိမ်း မျက်နှာချင်းဆိုင် လာပြီး တိုက်မိပြီဆိုရင် အနီဟာ အစိမ်းရဲ့ အဟုန်ကို ဦးတည်ရာရော ပမာဏအရပါ ဖလှယ်ယူပြီး အစိမ်းကလည်း ထိုနည်းလည်းကောင်း ပြုမူပါတယ်။

ဒါကြောင့် ဖောင်း ဆို ဟိုဖက်ရော ဒီဖက်ရော လွင့်သွားတာ ဖြစ်ပါတယ်။ ရပ်နေတဲ့ ဘောလုံးကို တိုက်လိုက်မယ်ဆိုလည်း ဦးတည်ဖက် တစ်ခုတည်းကို အဟုန်ကြောင့် ရွှေ့သွားမှာပါ။ ကားက ဓါတ်တိုင်ကို ဝင်တိုက်တာ ဘာလို့ မရွှေ့သွားသလဲ ဆိုရင်တော့ ကားရော ဓါတ်တိုင်ရောရဲ့ ဒြပ်ထုတွေကြောင့် ဖြစ်ပါတယ်။ သို့သော် အဟုန်ရဲ့ အကျိုးဆက်အနေနဲ့ ချိုင့်ခွက် ဖုထစ် ပျက်စီးသွားတာကို တွေ့ရမှာပါ။ ဒီနေရာမှာ ကားကြီးတစ်စီးလုံးအစား ကားရှေ့ပိုင်းက မော်လီကျူးတွေ၊ ဓါတ်တိုင်တစ်ဖက်ခြမ်းက မော်လီကျူးတွေကို စိတ်ကူးနဲ့ မြင်ကြည့်သင့်ပါတယ်။

တိုက်မိခြင်းဆိုမှ တိုက်မိခြင်းမှာလည်း စွမ်းအင် တည်မြဲခြင်းကို ထုတ်ပြလိုရပါတယ်။ တိုက်မိခြင်း collision ၂ မျိုး ရှိပါတယ်။ ရုန်းပြန် elastic နဲ့ မရုန်းပြန်နိုင် inelastic တို့ ဖြစ်ပါတယ်။ ရုန်းပြန် သတ္တိရှိတဲ့ ဝတ္ထုတွေ တိုက်မိလျှင် စုစုပေါင်း (အရွေ့)စွမ်းအင်ဟာ တူတူပဲဆိုတာ သိရပါတယ်။ အပြည့်အဝ ရုန်းပြန်သတ္တိ ရှိတဲ့ ဝတ္ထုတွေဆို သိသာပါတယ်။ မရုန်းပြန်နိုင်တဲ့ ဝတ္ထုတွေမှာတော့ အခြား စွမ်းအင်အဖြစ် အသွင်ပြောင်း သွားပါတယ်။ ဥပမာ ကျောက်ခဲတစ်ခဲကို ပစ်ချလိုက်ပါ။ ဒေါက်ခနဲ အသံမြည်ပါတယ်။ အသံစွမ်းအင် အဖြစ်ပြောင်းသွားတာပါ။ ပြုတ်ကျသွားတဲ့အခါ လေမော်လီကျူးတွေကို တုန်ခါစေပြီး စွမ်းအင်ကို သယ်ဆောင်ဖို့ လှိုင်းတွေ ဖြစ်စေပါတယ်။ ဒါက နားထဲရောက်တဲ့အခါ အသံအဖြစ် ကြားရပါတယ်။ အသံစွမ်းအင်လို့ ဆိုနိုင်ပါတယ်။

အဟုန် ၂ မျိုး ရှိပါတယ်။ အထက်က အဟုန်ကိုတော့ linear momentum လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ဒါက အဖြောင့်အတိုင်း ရွေ့လျားခြင်းတွေမှာ ဖြစ်ပါတယ်။ လည်ပတ်ခြင်းဆိုတဲ့

Rotational movement တွေမှာတော့ angular velocity နဲ့ moment of inertia ကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားပါတယ်။ moment of inertia ဟာ mass ပါပဲ။ mass ဟာ အမြောင့်ရွေ့လျားမှုမှာ အရှိန် acceleration ကို ဟန့်ပေးသလို moment of inertia ကလည်း လည်ပတ်ခြင်းမှာ လည်ပတ်ရှိန်ကို ဟန့်စေပါတယ်။



Conservation of angular momentum နဲ့ ပက်သက်လို့ ဥပမာ ပြောရမယ်ဆို လူတယောက် ခန္ဓာကိုယ်ကို လှည့်နေတယ် ဆိုပါစို့။ လက် ၂ ဖက်ကို ဆန့်ထားတာထက် လက် ၂ ဖက်ကို စုထားတာက ပိုပြီး မြန်ပါတယ်။ ဆန့်ထားရင် moment of inertia က များလို့ angular velocity နည်းပြီး စုထားရင် moment of inertia နည်းပြီး angular velocity များလို့ ပိုမြန်တာဖြစ်ပါတယ်။ ဒါကို ကြည့်ခြင်းအားဖြင့် angular momentum ဟာလည်း တည်မြဲတယ်လို့ ဆိုနိုင်ပါတယ်။

အပိတ်စနစ်တွေနဲ့ စွမ်းအင်၊ အဟုန် တည်မြဲခြင်း အကြောင်းတရားတွေဟာ ရီလေတစ်ဗီတီနဲ့ ကွမ်တမ်ရူပဗေဒကို လေ့လာရာမှာ အတော်တန် အသုံးဝင်တဲ့ အခြေခံ အချက်တွေလည်း ဖြစ်တဲ့အပြင် လက်တွေ့ လောကမှာလည်း အင်ဂျင်နီယာတွေဟာ စက်ပစ္စည်းအမျိုးမျိုး ဒီဇိုင်းဆွဲတဲ့အခါမှာပါ ထည့်သွင်း စဉ်းစားကြပါတယ်။

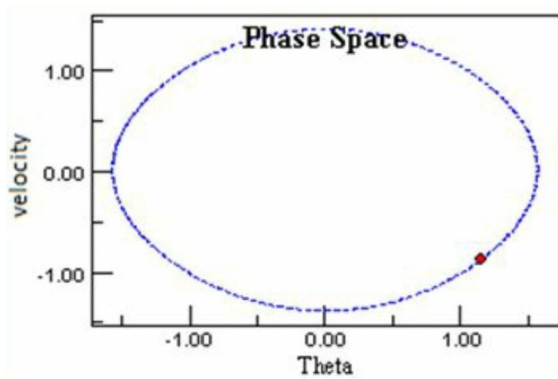
လောကကြီးရဲ့ အပွင့်စနစ်များ

တစ်ရက် ဂယ်လီလီယို တစ်ယောက် ဘုရားကျောင်းမှာ ဝတ်ပြုရင်း မီးဆိုင်းကြီး ရမ်းနေပုံကို သတိပြုမိတယ်။ မီးဆိုင်းဟာ လွှဲချိန် period မှန်မှန်နဲ့ ရမ်းနေတာ ဖြစ်ပါတယ်။ ဒါကို သွေးခုန်နှုန်းကို အချိန်မှတ် အနေနဲ့ အသုံးပြုပြီး သူက စမ်းသပ်ခဲ့တယ်။ မီးဆိုင်းလိုပဲ ချိန်သီးကလည်း လွှဲချိန် မှန်မှန်နဲ့ ရိုးရိုး စည်းချက်ကျ ရွေ့လျားခြင်းကို ဖြစ်စေတယ်ဆိုတာ စမ်းသပ်ချက်တွေအရ သတိထားမိသွားပါတယ်။

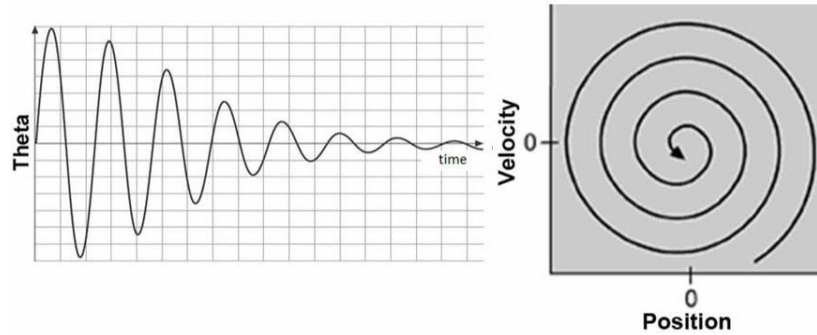
ဆိုပါစို့ ချိန်သီး လွှဲပုံကို 1 2 3 လို့ ၃ ပိုင်း ခွဲကြည့်ရင် ချိန်သီးဟာ 1 ကနေ 2, 2 ကနေ 3 ကို ရွေ့ပါတယ်။ 1-2 ကြာချိန်က 2-3 ကြာချိန်နဲ့ တူတူပါပဲ။ simple harmonic motion ရိုးရိုးစည်းချက်ကျကျ ရွေ့တယ်လို့ ဆိုနိုင်ပါတယ်။ ဒီလို ရိုးရိုး စည်းချက်ကျကျ ရွေ့တယ်ဆိုတာ စွမ်းအင်ကို အတည်ကနေ အရွေ့အဖြစ် ဖလှယ်ပြီး ရွေ့တာ ဖြစ်ပါတယ်။ ခုလို အခြေအနေပြပုံကို ဂရပ်ဆွဲကြည့်ရင် ပုံ(က)ပါအတိုင်း ရပါတယ်။ ဒီပုံအတိုင်းဆို ချိန်သီးက လုံးဝ မရပ်ပါ။ စွမ်းအင်တည်မြဲခြင်း ရှုထောင့်က ကြည့်မယ်ဆိုရင်လည်း ချိန်သီးက အတည်စွမ်းအင်၊ အရွေ့စွမ်းအင် ဖလှယ်ပြီး အမြဲလွှဲနေမှာ ဖြစ်ပါတယ်။

ဒါပေမဲ့ တကယ့်ချိန်သီး ဟာ တစ်ချိန်ချိန်မှာတော့ ရပ်သွားပါတယ်။ ဘေးနားက လေထုကြောင့်ပါ။ ပုံ(ခ)မှာ ပြထားပါတယ်။ လွဲခွင်က တဖြည်းဖြည်း ငယ်လာပြီး ရပ်သွားပါတယ်။ ရပ်သွားတယ်ဆိုတာက အလယ် အမှတ်ကို ရောက်သွားတဲ့ အခြေအနေပါ။ ဘာကြောင့် ရပ်သွားသလဲဆို လေကြောင့် ဖြစ်ပါတယ်။ အရွေ့စွမ်းအင်တွေဟာ လေထုပွတ်တိုက်မှုမှာ ပြုန်းတီးနေတာကြောင့်ပါ။ တကယ့် လောကကြီးဟာ အပိတ်စနစ်ထက် အပွင့်စနစ်က များတာ သတိပြုဆင်ခြင်ဖွယ် ဖြစ်ပါတယ်။

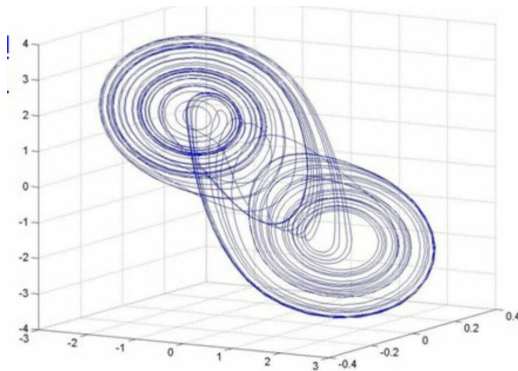
ချိန်သီးဟာ သူ့အတိုင်းဆို လေထုပွတ်တိုက်မှု မရှိရင် စည်းချက်ကျပါတယ်။ လေထု ပွတ်တိုက်မှု ရှိသည့်တိုင် ချိန်သီးဟာ အခြေအနေပြပုံ phase space graph ဆွဲရင် တည်ငြိမ် အနေအထား တစ်ခုကို ပြနိုင်ပါသေးတယ်။ ချိန်မှန်ကြော့ပါတယ်။ တည်ငြိမ်တဲ့ အနေအထားကို ပြတဲ့ ဂရပ်ကို အထက်ရက်တာ attractor လို့လည်း ခေါ်ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ ချိန်သီးကို တစ်ခါ လွှဲပြီး ရပ်သည်ထိ မကြည့်ဘဲ driven ဆက်တိုက် လွှဲနေမယ်ဆိုရင်ရော၊ ဥပမာ ဒန်းလွှဲနေမယ် ဆိုရင်ရော၊ ဒါဆိုရင်တော့ attractor က တည်ငြိမ်တယ်လို့ ပြောလို့ မရတော့ပါဘူး။ ပုံ(ဂ) လို ဖြစ်သွားပါတယ်။ မျဉ်းတွေက ကျော့တော့ ကျော့တယ်။ အချိန်မမှန်ဘူး။ မူမမှန်ဘူး။ ဒါမျိုးကို ထူးဆန်းတဲ့ အထက်ရက်တာ strange attractor လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ဒီအခြေအနေကို Chaos ဝင်တယ်လို့ ဆိုရပါမယ်။ လွှဲတဲ့အား driven force သင့်တာထက် ပိုများလေလေ ခေးအော့စ်က ပိုသိသာလေပါပဲ။



ဥပမာ စည်းချက်ကျတဲ့ အရာဆို သဘာဝ တရားမှာ ပြနိုင်တာက လူ့နှလုံး ဖြစ်ပါတယ်။ ကျန်းမာပြီး စိတ်တည်ငြိမ်နေတဲ့ လူ့နှလုံးဟာ သူ့ဖာသာ စည်းချက်ကျကျလေး ခုန်နေတာ ဖြစ်ပါတယ်။ အပေါ်က ပြောသလို အထက်ရက်တာ ဆွဲကြည့်ရင် ပုံ1 လို ကွင်းပိတ် ဖြစ်ပါလိမ့်မယ်။



စည်းချက်ကျကျ ကျန်းမာနေတဲ့ နှလုံးကို နှလုံးခုန်ရပ်အောင် ဆေးထိုးလိုက်တယ်ဆိုပါတော့ ဆေးပမာဏ သင့်တင့်ရင် ပုံ2လို တဖြည်းဖြည်းနဲ့ ငြိမ်ကျသွားပါလိမ့်မယ်။ ပမာဏ များများကို တပြိုင်နက်တည်း ထိုးထည့်လိုက်ရင်တော့ ခုန်ချက်တွေ ကသောင်းကနင်း ဖြစ်ပြီး လူလည်း မချိမဆန့် ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။



ပုံ3လို အထက်ရက်တာမျိုးကို ရပါလိမ့်မယ်။ သို့သော် အထက်ပါ ဥပမာဟာ ဥပမာသာ ဖြစ်ပါတယ်။ ကျန်းမာပြီး စိတ်တည်ငြိမ်တဲ့ အခြေအနေနဲ့ လူနှလုံးမျိုး လူတိုင်းမှာ မရှိနိုင်ပါဘူး။ ကျနော်မှာ မရှိတာတော့ သေချာပါတယ်။ အထက်ရက်တာရဲ့ ကသောင်းကနင်းဖြစ်မှုကြီး တအား မဆိုးရင် နေသာထိုင်သာ ရှိနေမှာပဲ ဖြစ်ပါတယ်။

လောကကြီးမှာ အပိတ်စနစ်က နည်းနည်း အပွင့်စနစ်က များများဖြစ်လို့ တသတ်မတ်တည်း ဖြစ်ခြင်း linear ထက် တသတ်မတ်တည်း ပြောမရခြင်း non-linear က ပိုပြီး များပါတယ်။ နန်းလီနီယာစနစ်တွေမှာ တသတ်မတ်တည်း မဖြစ်၊ မဖြစ်တော့ ထိန်း၊ ထိန်းတော့ မဖြစ်နဲ့ သံသရာ လည်တတ်ပါတယ်။

လိပ်ပြာတောင်ပံ ခတ်တာ တစ်ချက်က မုန်တိုင်းဖြစ်စေတယ်ဆိုတာ ဒီ သဘောတရားပါပဲ။ လိပ်ပြာတောင်ပံခတ်လို့ လေထုဖိအား အနည်းငယ် အပြောင်းအလဲကြောင့် မုန်တိုင်းလည်း ဖြစ်စေပါတယ်။ လူနှလုံးကစလို့ ရေဝဲဂယက်၊ မိုးလေဝသတွေအပြင် စတော့ဈေးကွက် အတက်အကျထိ အားလုံးဟာ တသတ်မတ်တည်း ပြောမရတဲ့ စနစ်တွေ ဖြစ်ပါတယ်။ သို့သော် ဒီတသတ်မတ်တည်း ပြောမရတဲ့ နန်းလီနီယာ စနစ်တွေဟာ ကသောင်းကနင်း chaos ဖြစ်စဉ်တော့ တစ်နေရာရာမှာ အစီအစဉ် အကွက်တော့ ဖော်လို့ ရနေပါသေးတယ်။ သိသာတဲ့ သင်္ချာ ဥပမာ Fractal တွေကို ဆက်လက် လေ့လာလို့ ရပါတယ်။

နေရာတိုင်းမှာ ခေးအောင့် သဘောတရား ရှိနေပါတယ်။ ကသောင်းကနင်း ဖြစ်မှုဆိုတာ တွေးကြည့်ရင် ပြေးကြည့်စရာ မလိုတဲ့ သဘောတရားဖြစ်ပါတယ်။ အပိတ်စနစ်တွေအတွင်းက တည်မြဲခြင်းအကြောင်း သိသင့်သလို အပွင့်စနစ်တွေများတဲ့ လက်တွေ့လောကအကြောင်းလည်း သိသင့်တယ်လို့ ကျနော်တော့ ယူဆပါတယ်။

ဘရောင်းရွှေ့လျားခြင်း

ချိန်သီးကို လွှဲတဲ့အခါ အတည်စွမ်းအင် ကနေ အရွှေ့စွမ်းအင် အဖြစ် စွမ်းအင် အသွင်ပြောင်းပြီး စွမ်းအင်တည်တံ့ပါတယ်။ သို့သော် အမှန်တကယ် ချိန်သီးကို လွှဲတဲ့အခါ လေထုနဲ့ ပွတ်တိုက်မှုကြောင့် လေလွင့်သွားပါတယ်။

လေလွင့်သွားတဲ့ စွမ်းအင်တွေကို ထည့်တွက်မှ စွမ်းအင်စုစုပေါင်းဟာ ကိန်းသေ ဖြစ်ပါလိမ့်မယ်။ အဲဒီ ပွတ်မှုအားကြောင့် လေလွင့်သွားတဲ့ စွမ်းအင်ဟာ ဘာဖြစ်မလဲ။ အပူစွမ်းအင်ပဲ ဖြစ်ပါတယ်။

အတွေးစမ်းသပ်ချက်တစ်ခု လုပ်ရအောင်ပါ။ ရိုလာကိုစတာလို အကွေ့အကောက်တွေ များတဲ့ ရထားလမ်းတစ်ခု ရှိမယ်။ အဲဒီ ရထားလမ်းပေါ်မှာ ထရော်လီကား တစ်စီးကို တင်ပြီး လွှတ်လိုက်မယ်ဆိုရင် ရထားလမ်းက အပေါ် ရောက်နေတဲ့ အခါ အတည်စွမ်းအင်က များမယ်။ အောက်ကျရင် အရွှေ့စွမ်းအင်က များမယ်။ ဒါပေမဲ့ တစ်နေရာမှာတော့ စွမ်းအင်ကုန်ပြီး ရပ်သွားတယ်။

စွမ်းအင်ဟာ တည်မြဲတယ်။ တည်တံ့တယ်ဆိုပြီး ဘယ်လိုများ ကုန်သွားသလဲ။ အဖြေက သံလမ်းလေးနဲ့ ထရော်လီမှာ ရှိပါတယ်။ လေထုက ထရော်လီကို ပွတ်မှုကို ဒီမှာ မသိသာလို့

လျစ်လျူရှုနိုင်ပေမဲ့ သံလမ်းလေးကို ကိုင်ကြည့်ရင် ပူနေတာ သိနိုင်ပါတယ်။ ပွတ်မှူအားကနေ အပူစွမ်းအင်ကို ကူးပြောင်းသွားတာပါ။

စွမ်းအင်ဆိုတာ တိုင်းတာလို့ ရပါတယ်။ အပူ heat ကို တိုင်းတာဖို့အတွက် မတ္တာကို အပူချိန် temperature လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ရေအိုးတစ်အိုးကို အောက်က မီးပြင်းတိုက်လိုက်ရင် ဒန်ခွက်ကတစ်ဆင့် ရေဆီ အပူစွမ်းအင် ရောက်သွားပါတယ်။ ကူးပြောင်းသွားတဲ့အပူစွမ်းအင်ကြောင့် ရေထဲမှာရှိတဲ့ မော်လီကျူးတွေက ပျံ့နှံ့ပြီး အပူချိန် အတိုင်းအတာ တစ်ခုရောက်တဲ့အခါ ရေဟာ ဆူပွက်လာပါတယ်။ အဲဒီအပူချိန်ကိုပဲ ရေဆူမှတ်လို့ ခေါ်ပါတယ်။

ဒီနေရာမှာ ရေလိုပဲ အိုးထဲမှာ ဓါတ်ငွေ့တစ်ခုခု ရှိတယ်ဆိုပါစို့။ အပူပေးလိုက်တဲ့အခါ ဓါတ်ငွေ့မော်လီကျူးတွေ အရွေ့စွမ်းအင်ရပြီး ပျံ့နှံ့ကုန်လို့ ဓါတ်ငွေ့ ထူထည်များလေ အပူချိန်များလေ ဖြစ်ပါတယ်။ ဒါကို ချားလ်စ် လောလို့ ခေါ်ပါတယ်။

အရွေ့စွမ်းအင်ရတဲ့အခါ ဓါတ်ငွေ့အမှုန်တွေ ရွေ့လျားပြီး ခွက်ရဲ့ ဘေးဖက် နံရံတွေကို အား သက်ရောက်ပါတယ်။ ဖိအား ဖြစ်စေပါတယ်။ သို့သော် ထူထည်ကြီးလေ တနည်း ခွက်က ကျယ်လေ သက်ရောက်မိ ဖိအား ပမာဏ နည်းလေ ဖြစ်ပါတယ်။ ဒါကို ဘွိုင်းစ် လောလို့ ခေါ်ပါတယ်တဲ့။

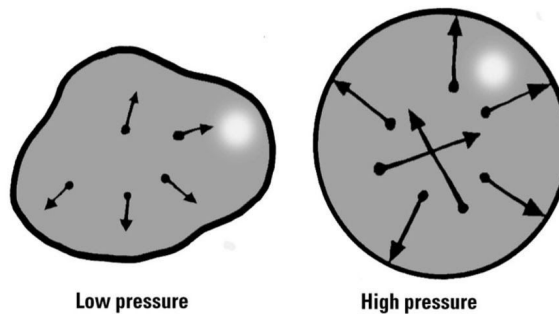
ဖိအားဟာ ဓါတ်ငွေ့ အမှုန်တွေ အရွေ့စွမ်းအင်ကနေ ဖြစ်လာတာ ဖြစ်ပြီး ၎င်းတို့ အရွေ့စွမ်းအင်ဟာ အပူစွမ်းအင်ကြောင့် ဖြစ်လာတာ။ ဒါကြောင့် အပူချိန်များလေ (အပူစွမ်းအင် များများရလေ ဓါတ်ငွေ့ အမှုန်တွေ အရွေ့စွမ်းအင် ကောင်းကောင်းရလို့) ဖိအားများလေ ဖြစ်ပါတယ်။ အဲလိုပဲ တနည်းပြန်ယူမယ်ဆို ဖိအားများလေ အပူချိန် များလေ ဖြစ်ပါတယ်။ ဒါကို ဂေး-လူစပ် လော လို့ ခေါ်ပါတယ်။

နောက်တစ်ခုက ထူထည်နဲ့ မိုးလ် အရေအတွက် ကြား ဆက်စပ်မှု၊ ထူထည်များလေ မိုးလ်တန်ဖိုး တိုးလေပဲ။ မိုးလ်ဆိုတာ ဓါတ်ငွေ့ အမှုန်တွေ ပမာဏကို ပြတဲ့ မတ္တာ တစ်ခုပါပဲ။ အယ်ဗိုဂါးဒရီး လောပေါ့။ ဒီ ဥပဒေသ လော တွေကို ဓါတ်ငွေ့လောတွေလို့ ခေါ်တယ်။ ဒါတွေကို အခြေခံပြီး ideal gas law ဆိုပြီး Emil Clapeyron ဆိုတဲ့ ပြင်သစ်ရူပဗေဒ ပညာရှင်က တွေးဆခဲ့တာပါ။

ဥပမာ ဖိအားနဲ့ ဟင်း ထမင်း ချက်မယ် ဆိုပါတော့။ ရေငွေ့ကို မထွက်စေဘဲ လုံအောင်ထားတဲ့အခါ ဖိအားများလာပြီး ဖိအားများလို့ အရွေ့စွမ်းအင်ကြောင့် အပူချိန်ပါ တိုးလာတဲ့အခါ ထမင်း၊ ဟင်းတွေဟာ မြန်မြန်နဲ့ ကျက်ပါတယ်။ အရသာလည်း ပိုမို

ကောင်းမွန်စေပါသတဲ့။ Iron man ကားထဲမှာ သူ့ရဲ့ ဝတ်စုံကို တီထွင်ပြီးပြီးချင်း မိုးပေါ်ပျံအတက် လေထုဖိအား ကျသွားလို့ ဘေးပတ်ဝန်းကျင် အပူချိန်ကျပြီး အေးခဲသွားတာကို တွေ့ရပါလိမ့်မယ်။

တကယ်တော့ ideal gas law ဟာ ယေဘုယျ ဥပဒေသသာ ဖြစ်တယ်။ အခြေခံ မကျဘူး။ ဒါကြောင့် ဓါတ်ငွေ့တိုင်းဟာ ဒီ ဥပဒေသကို မလိုက်နာပါဘူး။ နီယွန်၊ အာဂွန် စသဖြင့်သော နိုဘယ် ဓါတ်ငွေ့တွေကတော့ လိုက်နာကြပါတယ်။ တကယ်တော့ ဒီဥပဒေသဟာ ဓါတ်ငွေ့တွေရဲ့ သဘာဝကို ပြတာသာ ဖြစ်ပါတယ်။ ထုထည်၊ မိုးလ်ပမာဏ၊ ဖိအားနဲ့ အပူချိန် တို့ရဲ့ အဆက်အစပ်ကို ပြတာ ဖြစ်ပါတယ်။



အပူဟာ ပျံ့နှံ့တဲ့ သဘောရှိတယ်။ ပူရာကနေ အေးရာကို စီးဆင်းတဲ့ သဘောရှိတယ်။ အပူစွမ်းအင်ဟာ လေထဲ ရေထဲမှာ ပျံ့နှံ့သွားတဲ့အခါ လေမှုန် ရေမှုန်တွေမှာ အရွှေ့စွမ်းအင် ရရှိတယ်။ ဒါပေမဲ့ ဘယ်လို အရွှေ့စွမ်းအင် ရသွားသလဲ။ ဒါက စိတ်ဝင်စားစရာ ကောင်းပါတယ်။

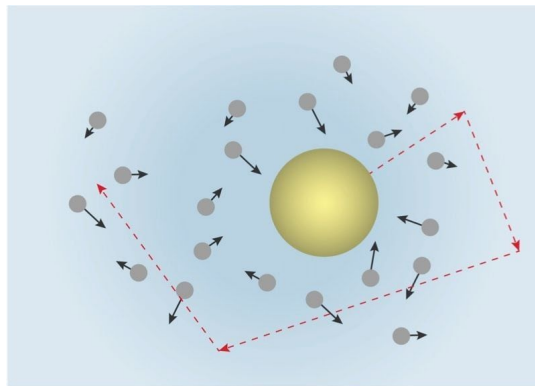
အထက်က ပြောခဲ့တဲ့ အပူစွမ်းအင်ကို အမှုန်တွေက လက်ခံရရှိပြီး အရွှေ့စွမ်းအင် ကူးပြောင်းတယ်။ တစ်ခုနဲ့ တစ်ခု တိုက်မိပြီး ဖလှယ်တယ် စတဲ့ သဘောတရားတွေကို ရှေးရိုးစံထား သာမိုဒိုင်းနမစ်ပညာ၊ စာရင်းအင်းမက္ကင်းနစ် သင်္ချာတွေကို အသုံးပြုပြီး ဘရောင်း ရွေ့လျားမှုကို သင်္ချာနည်းအရ သက်သေပြနိုင်ပါတယ်။ ဒါဖြင့် ဘရောင်း ရွေ့လျားမှုဆိုတာ ဘာလဲ

၁၈၂၈ မတိုင်ခင်က ဝတ်မှုန်တွေ ဝတ်ဆံတွေ လူးလာခတ်ပြီး ကျပန်းရွေ့လျားနေတာဟာ အသက်ရှိလို့ဖြစ်တယ်လို့ ယူဆခဲ့ကြပါတယ်။ ဒါကို ရုက္ခဗေဒပညာရှင် ရောဘတ် ဘရောင်းက လက်မခံပါ။ ဝတ်မှုန်မှ မဟုတ် တည်ငြိမ်နေတဲ့ ရေထဲမှာ ဖန်စ စသဖြင့် အမှုန်လေးတွေကို ချပြီး ကြည့်ကြည့်ပါ။ သူတို့လည်း ရွေ့လျားတယ်။ နေက အလင်းရောင်က အပူစွမ်းအင်ကို ရတယ်။ အပူစွမ်းအင်ကြောင့် ရေပြင်မှာ ရေစီးကြောင်းလေးတွေ ဖြစ်စေပြီးတော့ ဖန်စ စသဖြင့် အမှုန်လေးတွေ ရွေ့တာပါတဲ့။

ဒီဘရောင်းရွေ့လျားခြင်းဟာ သဘောတရားမျှနဲ့ ပြည့်စုံသော်လည်း သင်္ချာနည်းအရ သက်သေပြဖို့ ခဲယဉ်းနေဆဲ ဖြစ်ပါတယ်။ သို့သော် စာရင်းအင်းမက္ကင်းနစ်ပိုင်း သင်္ချာကို အသုံးပြုပြီး သက်သေပြခဲ့တာဟာ ရူပဗေဒ နာမည်ကျော် အိုင်းစတိုင်း ဖြစ်ပါတယ်။ သူ့ရဲ့ သက်သေပြချက်ကြောင့် အက်တမ်၊ မော်လီကျူး စတဲ့ အချင်းအရာတွေဟာ တိုင်းတာသတ်မှတ်လို့ ရတဲ့ အနေအထားမှာ ရှိတယ်ဆိုတာကို လမ်းစ ပွင့်သွားခဲ့ပါတယ်။

ရှေးရိုးစံထား အပူဒိုင်းနမစ်အရ အပူဟာ တဆက်တည်း စီးတဲ့ သဘော continuous ဆန်ပါတယ်။ တဖက်မှာလည်း molecular kinematic theory of heat အရ အပူဟာ မော်လီကျူးသဘော ဆောင်တဲ့ သဘောအနေနဲ့ရှိနေပါတယ်။ ဒီ ၂ ခုဟာ ပဋိပက္ခ ဖြစ်နေတာပါ။ မော်လီကျူးများ တိုက်မိခြင်း molecular collision သဘောတရားကို အခြေခံပြီး အိုင်းစတိုင်းက ဒီပြဿနာကို ဖြေရှင်းပြခဲ့ပါတယ်။

ရေခဲမျော တစ်ခုပေါ်မှာ ပင်ဂွင်းတွေ အညီအမျှ ရှိနေရင် ရေခဲမျောဟာ တည်ငြိမ်နေနိုင်ပြီး ရေခဲမျော တစ်ဖက်ဖက်မှာ ပင်ဂွင်းတွေ သွားစုလိုက်ရင် ရေခဲမျောဟာ ရွေ့လျားလှုပ်ရှားသွားတယ်။ တက်ကျခြေ မငြိမ်ခြင်း fluctuation ဖြစ်သွားတယ်ပေါ့။



အဲဒီလိုပဲ ရေထုထဲမှာ အက်တမ်တွေ မော်လီကျူးတွေဟာ တိုင်းတာလို့ရနိုင်တဲ့ အမှုန် ပုံစံနဲ့ ရှိတာလို့ ယူဆလိုက်ရင် ဒီအက်တမ်မှုန်လေးတွေ တက်ကျခြေ မငြိမ်လို့ ဝိုင်းပြီး တိုးတိုက်တဲ့အတွက် ဖန်စမှုန်တွေ သဲမှုန်တွေဟာ ရွေ့သွားတာ ဖြစ်ပါတယ်။

ဒီလိုနည်းနဲ့ အိုင်းစတိုင်းဟာ စာရင်းအင်း မက္ကင်းနစ် သင်္ချာနည်းအရ သက်သေပြနိုင်ခဲ့သလို အနုလောက အက်တမ်၊ မော်လီကျူး စတာတွေဟာ သဘောမျှသာ မဟုတ်။ တိုင်းတာလို့ရတဲ့ အကောင်အထည်ရှိ ဒြပ်တွေ ဖြစ်တယ်ဆိုတာလည်း ပြသနိုင်ခဲ့တာ ဖြစ်ပါတယ်။

သာမိုဒိုင်းနမစ် မိတ်ဆက်



Zeroth law of Thermodynamics - အပူမျှခြေအကြောင်း ပြောပါတယ်။ တနည်းဆို အပူချိန် temperature အကြောင်း ပြောပါတယ်။ စနစ်သုံးခုရှိမယ်။ A - B - C ပေါ့။ A နဲ့ B ဟာ အပူမျှခြေ thermal equilibrium မှာ ရှိမယ် B နဲ့ C ဟာလည်း thermal equilibrium မှာရှိမယ်ဆို A နဲ့ C လည်း thermal equilibrium မှာ ရှိကိုရှိမယ်။ ဒီလို ရှိနေတယ်ဆိုတာ မျှခြေ ရောက်နေကြောင်း တိုင်းတာနိုင်တဲ့ အပူချိန်ဆိုတဲ့ မက္ကတရ ရှိနေလို့သာ ဖြစ်ပါတယ်။

$T = pV/Nk$ ပါ။ gas တခု ဘယ်လောက်ပူတယ် ဘယ်လောက် အေးတယ်ဆိုတာ ကျနော်တို့ စမ်းလို့ သပ်လို့ ရကောင်းရနိုင်မယ်။ ရချင်မှလည်း ရလိမ့်မယ်။ gas ထည့်ထားတဲ့ အခံရဲ့ volume V နဲ့ ဖိထားတဲ့ pressure p တို့ကို သိရင် ခုနက temperature ကို သိထားရင် gas ထဲမှာရှိတဲ့ N ဆိုတဲ့ atom အရေအတွက်ကိုပါ သိရင် temperature ကို တိတိကျကျတွက်လို့ရပါပြီ။ (k ဆိုတာ Boltzman constant ပါ)

First law of thermodynamics - စွမ်းအင်တည်မြဲခြင်း နိယာမပါပဲ။ law of conservation of energy ပါ။ work ဆိုတာ energy transfer မို့ energy ပါပဲ။ system တခုမှာ work ဖြစ်တယ် အလုပ်ပြီးတယ်ဆိုတာ energy transfer လုပ်တာ အောင်မြင်တာပဲပေါ့။ ရှေ့မှာ ပြောခဲ့ပါပြီ။ system တခုမှာ အလုပ်ပြီးမြောက်ရင် work ဟာ energy ပဲမို့ system ဟာ energy တိုးလာမယ်။ တိုးလာတဲ့ energy ΔE က ပြီးမြောက်သွားတဲ့ ခုနက work နဲ့ ဆုံးရှုံးသွားတဲ့ အပူ Q ပေါင်းလဒ်နဲ့ ညီပါတယ်။

$$\Delta E = Q + W$$

ပထမနိယာမကို ခပ်တိုတို ခပ်တုတ်တုတ် အလွယ်ပြောရမယ်ဆို Energy can neither be created nor destroyed စွမ်းအင်ကို ဖန်တီးလို့မရ ဖျက်ဆီးလို့မရ the total energy of the universe remain the same စုစုပေါင်း စွမ်းအင်ပမာဏဟာ ကိန်းသေပဲ။

Second law of thermodynamics

- Kelvin ရဲ့ နိယာမကိုတော့ Kelvin-Planck form second law of thermodynamics လို့ ခေါ်ကြတယ်။ အပူ Q ကို ပြောင်းမယ်ဆို 100% ပြောင်းလို့မရပါဘူး။ ဒါကို Carnot equation အရပါ။ စက်တလုံး mechanical energy ကနေ kinetic energy ကို ဖြစ်စေမယ်။ ဒါပေမယ့် kinetic energy ကိုအပြည့်အဝ ပြောင်းလိုက်နိုင်လားဆိုတော့ မပြောင်းနိုင်ဘူး။ ဘေးဘက်တွေကို အပူစွမ်းအင်အဖြစ် စွမ်းအင်တွေ လေလွင့်ကုန်တယ်။ ဒါကြောင့် ဘယ်စက်မှ (energy ရှုထောင့်ကကြည့်ရင်) 100% efficiency မရှိတာပါ။ တကယ်လို့ ခုနက လေလွင့် အပူစွမ်းအင်တွေကို ဒီပူနေတဲ့ စက်မှာပဲ ပြန်အသုံးပြုမယ်ဆို second law of thermodynamics မှာပါတဲ့ Carnot equation အရ efficiency = $1 - T(\text{low})/T(\text{high})$ ဖြစ်တော့ efficiency ကသုည

ဖြစ်သွားပါလိမ့်မယ်။ T က temperature ပါ။ ဒီတော့ temperature မြင့်တဲ့ နေရာကနေ မြင့်တဲ့နေရာပဲ ကူးမယ်ဆို non-sense အဓိပ္ပာယ်မရှိတော့ပါ။ ဒီတော့ ကျနော်တို့ သဘာဝတရားကို လွန်ဆန်လို့ မရသေးပါ။

- နောက်တခုကတော့ Clausius နိယာမပါ။ အပူဟာ အေးတဲ့နေရာက ပူတဲ့နေရာကို မစီးကူးဘူး။ တလမ်းသွား irreversible ဖြစ်စဉ် ပဲ။ system J ခုကို ထိစပ်ထားရင် thermal equilibrium ကို ရောက်သွားပြီး ထိစပ်လိုက်တဲ့ entropy ဟာ J ခုပေါင်း entropy ထက်များနေတာပါ။ system တခုမှာ entropy ဆိုတာ လျော့မနေပါ။ လျော့ချင်ရင် အပြင်ကနေ energy ထည့်ရပါမယ်။ နောက်ဆုံး second law of thermodynamics အဖြစ် ချနိုင်တဲ့ ကောက်ချက်ကတော့ universe တွင်းရှိ entropy ပမာဏ ဟာ အမြဲတမ်း တိုးမြဲ တိုးနေပါတယ်တဲ့။

Entropy ဆိုတာဘာလဲ။ entropy ဆိုတာ disorder ဖြစ်မှု ပရမ်းပတာဖြစ်မှုပါ။ entropy ဆိုတဲ့ concept ကို သင်္ချာအတွေးအခေါ်အရ ချဉ်းကပ်ရအောင်ပါ။ Boltzmann က entropy ကို statistical နည်းအရ ချဉ်းကပ်ခဲ့တာပါ။ entropy ကို သိဖို့ နားလည်ဖို့ ပထမဆုံး ကျနော်တို့ microstate နဲ့ macrostate တွေကို နားလည်ရပါမယ်။ microstate ဆိုတာ system တခုထဲမှာ ပါတဲ့ each တခုချင်းဆီကို ပြောတာပါ။ macrostate ဆိုတာ system ကြီး တခုလုံးကို ပြောတာပါ။ ဒီ state J ခုဟာ entropy နဲ့ ဘယ်လို ဆက်စပ်သလဲ ဆိုတာ သင်္ချာအနည်းငယ်နဲ့ ဆွေးနွေးသွားပါမယ်။ permutation နဲ့ combination J ခုရှိပါတယ်။ combination မှာ order အစီအစဉ်ဟာ အရေးမကြီးပါ။ permutation မှာကတော့ အရေးကြီးပါတယ်။ ဥပမာ number lock လိုပေါ့။ 1234 ဆိုတဲ့ order မှ မှန်မှာဆို 1324 ထည့်ရင် မပွင့်နိုင်ပါဘူး။

အကြွေစေ့တပြားကို ခေါင်းပန်းလှန်မယ်။ Head နဲ့ Tail ပေါ့။ H နဲ့ T ။ လိုချင်တာက သုံးပြားမှာ ခေါင်း J ပြား ပါချင်တယ်။ ဒါဆို လိုချင်တာက $2H$ ပေါ့။ တကယ်က H J ခုပါစေတဲ့ ($2H$ ကို ဖြစ်စေတဲ့) အစီအစဉ်တွေ ရှိပါတယ်။

HHT

THH

HTH တွေပါ။

ဖြစ်ချင်တဲ့ အခြေအနေ HH ကယေဘုယျ အခြေအနေ macrostate ပေါ့။ အသေးစိတ် ဖြစ်နိုင်မယ့် အခြေအနေ သုံးခုကတော့ microstate တွေပါ။ ဒီနေရာမှာ Boltzmann က binomial နည်းအရ တွက်လိုက်တာက macrostate ကို လိုချင်လို့ အသေးစိတ် ဖြန့်ကျဲလိုက်ရတဲ့ microstate စုစုပေါင်းကို w လို့ ခေါ်ပါတယ်တဲ့။ w = number of state ပါ။ ဖြစ်ရပ်တခုရဲ့ probability ဆိုတာ ဖြစ်ချင်တာကိုတည် ဖြစ်နိုင်တာနဲ့စားတဲ့ အဖြေပါ။ ဒီတော့ microstate တခုရဲ့ ဖြစ်နိုင်ခြေဆို $p = 1/w$ ပေါ့။

အကြွေစေ့တွေဟာ macrostate နဲ့ သုံးပြားလုံး Head ဆို microstate အနေနဲ့ကျ HHH ဆိုပြီး တခုပဲ ရှိတယ်။ ဒီတော့ $w = 1$ ပါ။ တကယ်လို့ သုံးပြားမှာ တပြားက Tail ဖြစ်သွားရင်

HHT

HTH

THH ဆိုပြီး ဟော ... microstate တိုးလာပါတယ်။ $w = 3$ ပါ။ နောက်တပြားထပ်လှန်။ ထပ်တိုးလာမယ်။ အစီအစဉ်မကျမှုဟာ တိုးလာပြီဆိုတာ သတိထားမိမှာပါနော်။ microstate w နဲ့ လိုက်ပြီး တိုးလာပြီနော်။ entropy ကို S လို့ သတ်မှတ်မယ်ဗျာ။ S varies w ပါ။ S ဟာ w နဲ့ လိုက်တိုးနေတယ်။ ဒါကို constant တခုနဲ့ ထိုးလိုက်မယ်။ k တဲ့။ Boltzmann's Constant ပါ။ ဒီတော့ $S = k w$ ဖြစ်ပါတယ်။ w က ရှုပ်ထွေးပါတယ်။ အဆမတန် ကြီးနိုင်ပါတယ်။ ဒါကို လျှော့ချဖို့ \log ယူရပါမယ်။ ဒီတော့ $S = k \ln w$ ပါ။ w ဆိုတာ microstate ပမာဏပါ။ gas အတွက်ဆိုရင်တော့ microstate ပမာဏဟာ သူ့ကိုထည့်ထားတဲ့ container ရဲ့ volume နဲ့ တူတာမို့ w နေရာ V ဝင်ပါမယ်။ system တခုရဲ့ entropy ဟာ $S = k \ln V$ ပါ။ system J ခုပေါင်းလိုက် ထိလိုက်တိုင်း entropy J ခုပေါင်းလိုက်လို့ entropy တန်ဖိုးမြင့်သွားပါတယ်။ entropy တန်ဖိုး ပရမ်းပတာ တန်ဖိုးဟာ always increases ပါ။ အမြဲတိုးပါတယ်။ သို့သော် ဖြစ်တန်စွမ်းအရ မူလအခြေအနေ ရောက်အောင်လည်း ပြန်သွားနိုင်ခြေ ရှိပါသေးတယ်တဲ့။ entropy maximum ဖြစ်ရင်တော့ စွမ်းအင်ကူးပြောင်းခြင်းဆိုတာတောင် ရှိမှာမဟုတ်တော့ဘူး။ အပူချိန်ကွာဟချက် မရှိတော့လို့ thermodynamics equilibrium ဖြစ်သွားပြီး efficiency သုညဖြစ်သွားပါပြီ။

Third law of thermodynamics - entropy minimum ဖြစ်တာကို ပြတာပါ။ အပူချိန် 0 K (-273°C) ဆို အကုန်အေးခဲသွားပြီ။ ဒီတော့ entropy လုံးဝ minimum ဖြစ်သွားပြီတဲ့။ အဲဒီ အပူချိန်ကိုတော့ absolute zero temperature လို့ခေါ်ပါတယ်။