ဗက်တာ ကဲကုလပ်

လူသားတွေဟာ ပိုင်ဆိုင်မှုကို ရေတွက်ဖို့ကြိုးစားရာကနေ 1,2,3,4,... စတဲ့ သဘာဝကိန်းတွေကို တွေ့ရှိခဲ့တယ်။ဘာတာစနစ်နဲ့ အပေး၊အယူ လုပ်ရာကနေ +−×÷ တွေကို တွေ့ရှိပြန်တယ်။ ဒါဟာ algebra ရဲ့ အစပေါ့။

ဂရိတွေ လယ်ကွက်ကို အခွန်ကောက်ဖို့ ကြိုးစားရာကနေ shape တွ အကြောင်း ဂဲသြမေထရီ ပေါ်လာရတယ်။ အိန္ဒိယက သုည နဲ့ အနှုတ်ကိန်းတွေကို ထွင်ခဲ့ပြီး ၊ ပိုင်သာဂိုရပ်စ် သီ အိုရမ်လိုဟာ မျိုးကနေ √2 လို irrational number ကို တွေ့တော့ နောက်ပိုင်းမှာ real number line ဟာ ပြည့်စုံလာရတယ်။

Real number line ၊ algebra နဲ့ ဂဲသြမေထရီတို့ရဲ့ ပေါင်းစပ်မှုက calculus ကို မွေးဖွားပေးခဲ့ပါတယ်။ ဒေးကား ရဲ့ ယင်ကောင် ကြောင့်ပေါ့။

ဒေးကားဟာ မျက်နှာကြက်က သူ့ယင်ကောင်ရဲ့ တည်နေရာကို အတိအကျဖော်ပြနိုင်ဖို့ ကြိုးစားရာကနေ သူရဲ့ ကာတက်စီယံ ကိုသြဒိနိတ် စနစ်ကို တွေ့ရှိခဲ့တော့ ဒါဟာ ယူကလစ်ဒီယံစပေ့ လို အယူအဆမျိုးရဲ့ အစပေါ့။

ဒီကနေ function, dimension, vector , space , manifold ,calculus , tensor လို သင်္ချာ အယူအဆ တွေဟာ တဖြည်းဖြည်း ပေါ်ထွက်လာရပါတယ်။ ဒါတွေက သဘာဝကိုသိဖို့ ၊ General relativity လို သီအိုရီ ကြီးမျိုးကို သိဖို့ ၊ ကွမ်တမ်စက်ကွင်း သီအိုရီ လို ဟာ မျိုးကို သိဖို့ အရေးပါတဲ့ သင်္ချာတွေပါပဲ။

ပထမဆုံးကတော့ ဒေးကားရဲ့ x-y plane ရဲ့ အရေးပါပုံက စလိုက်ရအောင်ပါ။ A4 စာရွက်တရွက်လို ၊ chess board တခုလို ဒီ ပြင်ညီ ဟာ တွေ့နေကြ အရာ တခု လို့ ထင်ရပေမဲ့ အတော် ရှုပ်တဲ့ concept ပါ။

သူ့ ရဲ့ အရေးကြီးဆုံးအခက်ကတော့ real number line ပေါ့။ line ခုကို ယူလိုက်ပီး အမှတ် တစ်နေရာမှာ သုည ကို မှတ်လိုက်ရင် သုည ရဲ့ ညာဘက်မှာ အပေါင်းကိန်းတွေ ရှိမယ်။ ဘယ်ဘက်မှာ အနှုတ်ကိန်းတွေ ရှိမယ်။ ဒါများ ဘာခက်လည်းမေးရင် ခက်ပါတယ်။ ကိန်းစစ် စနစ် ဖြစ်လာဖို့ လူဟာ ဂရိခေတ်ကနေစတွက်ရင်တောင် နှစ် နှစ်ထောင်ကြာခဲ့ပါတယ်။ ကိန်းစစ်ရဲ့ ဒီမှာဘက်မှာတော့ အာကာသခေတ် အဏုမြူခေတ်ရောက်ဖို့ လူဟာ နှစ် ၅၀၀ ကျော်ပဲ အချိန်ယူရပါတယ်။

Real number line ရဲ့ ထူးခြားချက်က လိုင်းတလျှောက်မှာ hole (အပေါက်) တွေ မရှိတာပါပဲ။ ပြီးတော့ အနှုတ်ကိန်းလို ဟာမျိုးကိုလည်း ခွင့်ပြုလိုက်ပါတယ်။ အပေါက်တွေကို √2 လို π လို e လို irrational number တွေနဲ့ လိုက်ဖြည့်လိုက်တဲ့အခါ ဒီ line ဟာ အဆက်အစပ် ရှိတဲ့ တဆက်တည်းဖြစ်တဲ့ 1 dimensional space တခုကို ရစေတာပါပဲ။

အရင်ပို့စ်တွေက ပြောခဲ့တဲ့ limit ဆိုတဲ့ concept ကလည်း ဒီအပေါက်တွေ ဖြည့်ရမှာ အကူအညီပေးပါတယ်။ တကယ်လို့ real number line ဟာ ဟိုင်းဝေးလမ်းမကြီးဆိုရင် irrational number တွက ချောက်တွေကို ဖြတ်ထိုးပေးထားတဲ့ တံတားတွေပေါ့။ အဲ့ဒီအခါမှာ ဒီဟိုင်းဝေး လမ်းမကြီးပေါ်မှာ ဖန်ရှင်(function) ဆိုတဲ့ အဝေးပြေးကားတွေ ကုန်ကားတွေဟာ ကောင်းကောင်း ပြေးနိုင်ပါပြီ။

ဒီအချိန်မှာ ဒေးကားက ယင်ကောင်ရဲ့ကျေးဇူးနဲ့ ဒီ real number line ကို ကော်ပီ ထပ်ပွားလိုက်ပါတယ်။ သူ့ဆီမှာ real number line နှစ် ကြောင်း ရှိပါပြီ။ တခုကို သူက x လို့ နာမည်ပေးပြီး နောက်တခုကို y လို့ခေါ်လိုက်တယ်။ ပြီတော့ အဲ့ နှစ်ခုကို ထောင့်မှန်ကျ ဖြတ် လိုက်တဲ့အခါ အဲ့ ဒီ အရာက chess board လိုလို သံဇကာကွက်လိုလို ပုံစံမျိုးရှိတဲ့ x-y plane ဖြစ်လာတယ်။ x လိုင်းကို ရေပြင်ညီ ထားပြီး y လိုင်းကို ထောင်ထားတဲ့ အခါ ဒေးကား အိုင်ဒီယာက x ပေါ်က ပွိုင့်တွေကို ဟိုရွှေ့ဒီရွှေ့ လုပ်တိုင်းမှာ y ပေါ်က ပွိုင့်တွေ ဘယ်ကို ရွှေ့သွားသလဲ လိုက်ရှာတာပေါ့။ ဒါက ဖန်ရှင် ပါပဲ။

y= f(x) လို့ ရေးရမှာ f(x) ဆိုတာက x ကို ထည့်ရင် y ကို ပြန်ထုတ်ပေးတဲ့ မရှင်း (machine)ပေါ့။ f(x) ဆိုတာက ယေဘူယျ အယူအဆ ပေါ့။ သီးသန့်တခုခုကို ပြောချင်ရင်တော့ $f(x)= x^2$, $f(x)= xy$,$f(x)= x+ay$ စသဖြင့် အတိအကျပေးတာပေါ့။

မရှင်း (စက်) ဆိုတာ ယေဘူယျ စကားလုံးဖြစ်ပီး ကားဆိုတာ ရွှေ့တဲ့ မရှင်း၊ အဲကွန်းဆိုတာ အေးစေတဲ့ မရှင်း ၊ ဟော့ပလိတ်ဆိုတာ ပူစေတဲ့ မရှင်း စသဖြင့် ဒါတွေက specific example တွေပေါ့။ ဒီလိုပဲ f(x) ဆိုတာက ယေဘူယျ ပြောတာဖြစ်ပီး ၊ ပြဿနာ ကိုလိုက်ပီး လိုအပ်တဲ့ ဖန်ရှင်တွေကို x^2,xy,x+ay … စသဖြင့် ပေးမှာပါ။ ဒါကြောင့်လည်း f(x) ရဲ့ ယေဘူယျ သဘာဝကို သိခြင်းဟာ ပြဿနာ မျိုးစုံကို ဖြေ ရှင်းနိုင်စေတာပါ။

ဘာကြောင့်ဆို လောကမှာ ဖြစ်ဖြစ်သမျှဟာ ပြောင်းလဲမှုတွေ ဖြစ်ပီး ၊ ပြောင်းလဲမှုတိုင်းက တခုခု ကနေ တခုခု ကို ပြောင်းသွားတာပါ။ တနည်းတခုခုကိုယူပြီးတခုခု ကို ပြန်ထုတ်ပေးတာနဲ့ အတူတူပါပဲ။ နောက်ဆုံး မပြောင်းလဲ ခြင်းဆိုတာတောင် တခုခု ကို ယူပီး အဲ့ဒီ တခုခု ကို အတိအကျ ပြန်ထုတ်ပေးတယ်လို့ ယူဆရင် မပြောင်းလဲခြင်းဟာ လည်း ပြောင်းလဲခြင်းတမျိုးပါပဲ။ ဒီ အယူအဆကို ဖမ်းဆုပ်ယူထားတာက f(x) ပါ။ f(x) ထဲကို x ထည့်လိုက်ပါ။ သူက f(x) ကိုပြန်ထုတ်ပေးပါတယ်။ ဒေးကားက ဒီမှာတော့ အထွက် f(x) ကို y လို့ ယူဆပီး ထောင်လိုက် မျဉ်းပေါ်တင်ပေးလိုက်ပါတယ်။

ဒေးကားရဲ့ x-y plane ရဲ့ ထူးခြားမှုက သူက line နှစ်ခု ကနေတည်ဆောက်ထားပေမဲ့ ယခု အခါမှာ ပြင်ညီ (2 dimensional surface) ဖြစ်နေတာပါပဲ။ line ပါမှာ ပွိုင့် တွေလောက်ပဲ သိုလှောင် ထားနိုင်ပေမဲ့ ၊ plane ပေါ်မှာကြတော့ point,line ,curve နဲ့ plane တွေ အကုန် တင်ထားလို့ရပါတယ်။

ခုပြောတဲ့ ဂဲသြမေတြီ ပုံတွေကို ပွိုင့်တွေကနေ တည်ဆောက်ယူလို့ ရပါတယ် ။ ဒါကြောင့် ပွိုင့်တွေကို uniquely နာမည်ပေးနိုင်ရင် တွက်နိုင်ရင် ကျန်တာ အကုန် လွယ်ကူပါတယ်။ ဒေးကားက ပွိုင့်တခုကို (x,y) အနေနဲ့ ပေးပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ y အမှတ်ကို x နဲ့ y= f(x) အားဖြင့်ဆက်စပ်ပေးတဲ့ အခါ (x,y=f(x)) တနည်း (x,f(x)) လို့ x-y plane ပေါ်မှာ စမှတ်တာပါပဲ။ ဒီလို (x,f(x)) တွေအများကြီးကို f(x) ပါ်မူတည်ပြီး လိုက်ဆက်တဲ့ အခါ x-y ပြင်ညီပေါ်မှာ point တွေ၊ line အမျိုးမျိုး၊ curve အမျိုးမျိုး ၊ တြိဂံ၊ စတုဂံ၊ စက်ဝိုင်းလို plane figure အမျိုးမျိုးကို ဆွဲနိုင်ပါပြီ။

x-y plane ဟာ ကင်းဗတ်စဆို x ဟာ စုတ်ချက်ဖြစ်ပြီး f(x) က ပန်းချီကောက်ကြောင်းပါ။ ကြိုက်ရာကောက်ကြောင်းတစ်ခုကို သင်ပြောပါ။ ဘယ်လောက်ရှုပ်တဲ့ ကောက်ကြောင်းဖြစ်ဖြစ် သူ့အနောက်မှာ သင်သာရှာနိုင်ရင် အဲ့ပုံကို ဆွဲလို့ ရစေတဲ့ f(x) ရှိပါတယ်။

ဒါပေမဲ့ သင်္ချာပညာရှင်တွေက ပန်းချီဆွဲတဲ့ **စက်** ထွင်နေတာ မဟုတ်ပါဘူး။ သဘာဝတရားအမိနေချာရဲ့ ကောက်ကြောင်းအလှကို ရှာဖွေနေတာပါ။ ဒီလိုရှာတဲ့ ဖြစ်စဉ်မှာ **နှုန်း**နဲ့ accumulated total လို derivatives နဲ့ integral တွ ကို တွေ့လာကြပါတယ်။ နယူတန် နဲ့ လိုက်ဗနစ် တို့ရဲ့ ကျေးဇူးပေါ့။ ဒါပေမဲ့ ဒါကမလုံလောက်ပါဘူး။ ဘာလို့လဲဆိုတော့ f(x) ဆိုတဲ့မရှင်းမှာ x ကို ထည့်ရင် y = f(x)ကို ပြန်ထုတ်ပေးရာမှာ x ကော y ကော ဟာ number တွေပါ။

နယူတန်က သူ့ရဲ့ F=ma ဆိုတဲ့ ညီမျှခြင်းနဲ့ အားလို အဟုန်လို သဘောတရားတွေကို ခေါ်လာခဲ့ပါတယ်။ လောကက ပြောင်းလဲနေလို့၊ ပြောင်းလဲခြင်းရဲ့ လက်သည် **အား** နဲ့ ပြောင်းလဲနေမှုရဲ့ အရည်အသွေး အလျင်၊ အဟုန် လို ဟာမျိုးတွေ၊ ပြောင်းလဲ ခြင်းရဲ့ အကျိုးရလာဒ် displacements လို အရာတွေက ရှောင်မရအောင် နေရာတကာပါ။ သဘာဝ က ရပ်နေတဲ့ ဓါတ်ပုံတပုံ မဟုတ်ပါဘူး။ ပြောင်းနေတဲ့ ရုပ်ရှင်တကားပါ။ ဒါကြောင့် ဒါတွေကို ဖမ်းဆုပ်ဖော်ပြရာမှာ quantity ကိုပြတဲ့ number တခုတည်းနဲ့လ မလုံလောက်ဘဲ direction ကို ပါဖော်ပြတဲ့ vector ဗက်တာ တွေဟာ လိုအပ်လာပါတယ်။

ဗက်တာတွေကို f(x) ထဲ ထည့်လို့ ရမလား။?

ဗက်တာတွေကို ဘယ်လို ဖော်ပြမလဲ?

ဒီလို မေးခွန်းတွေရဲ့ အဖြေကို ပေးခဲ့တာက ဗက်တာ ကဲကုလပ်ပါ။

ပိုင်သွန်

ဗက်တာ ကဲကုလပ် (၂)

ဗက်တာတွေကို ဘယ်လို ဖေါ်ပြမလဲ?

ဗက်တာတွေ ဘယ်လို တွေ့ရှိခဲ့သလဲ ဆိုတဲ့ သမိုင်းနဲ့ အကြမ်းဖျဉ်း အရင်စရအောင်ပါ။ ဒေးကားတို့ လက်ထက်မှာ number ဆိုတာကို နားလည်နေပါပြီ။ photo နဲ့ motion picture ကွာသလိုပါပဲ။ photo ဟာ ငြိမ်သက်နေတဲ့ static universe ကို ဖော်ပြနိုင်ပေမဲ့ လှုပ်ရှားပြောင်းလဲနေတဲ့ changing universe အတွက်တော့ motion picture လိုပါတယ်။

နယူတန်လက်ထက်မှာ ဗက်တာဆိုတဲ့ အယူအဆ ဝါးတားတားလေး ပေါ်လာပေမဲ့ သင်္ချာ အခိုင်အမာ မရှိသေးပါဘူး။ လိုအပ်မှန်းသိပေမဲ့ ဗက်တာ ဆိုတာ ဘာလဲ ၊ ဗက်တာတွေ ဘယ်လိုအိမ်မျိုးမှာ နေတာလဲ ၊ ဗက်တာ အချင်းချင်းတွေ့ရင် ဘယ်လိုဆက်ဆံကြလည်းကို မသိခဲ့ကြသေးပါဘူး။

Changing universe ကိုဖော်ပြဖို့အတွက် ဗက်တာဆိုတာ ပမာဏကော ဦးတည်ရာပါရှိရပါမယ်။ ဦးတည်ရာဆိုတဲ့ အယူအဆ ရှိမှလည်း ဘယ်ဘက်ကို ပြောင်းလဲ သွားလည်းဆိုတာ ဖော်ပြနိုင်မှာပါ။ ဒါကို ဖော်ပြဖို့ ထောင့်ဆိုတဲ့ အယူအဆ လိုလာပါပြီ ။ ဒါက ဂရိခေတ်ထဲက ပေါ်နေတဲ့ တြီဂို ရဲ့ ကျေးဇူးကြောင့် သိပ်တော့ မခက်ပါဘူး။

အောက်မှာပြထားသလို တကယ်လို့ ဗက်တာတခုနေတဲ့ အိမ် ဒါမှမဟုတ် စပေ့ဟာ တစ်ဒိုင်မင်းရှင်းပဲ ရှိတဲ့ real number line တစ်ခု ဖြစ်မယ် ဆိုရင် သူညွှန်းနိုင်တဲ့ ဦးတည်ရာ ဟာ ၂ ခုပဲ ရှိပါတယ်။ အပေါင်းဘက် ညွှန်းတာနဲ့ အနှုတ် ဘက် ညွှန်းတာပါ။ အရှေ့နဲ့ အနောက် ၂မျိုး ပဲရှိတဲ့ ပင်လယ်ထဲက ကျွန်းတန်းတခုလိုပေါ့။ ဒီပေါ်မှာ လူတယောက် ရောက်နေရင် direction က ၂ခု ပါပဲ။ အရှေ့လား အနောက်လားပေါ့။

ဒီလို ဗက်တာနေနိုင်တဲ့ real number line ကို စပေ့တခု လို့ ယူဆရင် သူ့ကို R လို့ ခေါ်ပါတယ်။ R က real number ကို ကိုယ်စားပြုပြီး 1 dimension ပဲရှိလို့ R ပေါ်မှာ 1 ကို ပါဝါတင်ထားပါတယ်။ R^1 ပေါ့။ ဒါပေမဲ့ $R^1=R$ မို့ R လို့ပဲ ခေါ်ပါတယ်။ R ဟာ ဗက်တာတွေနေတဲ့ အိမ်ပါ။ သူ့မှာ direction ၂ဘက်ပါပြီး magnitude က real number မို့ကြိုက်သလောက်ပါ။ ဒါကြောင့် သူ့ပေါ်မှာ infinitely many vector တွေ နေကြပါတယ်။

သမိုင်းကြောင်းအရတော့ ဗက်တာတွေစတွေ့ခဲ့တဲ့ လမ်းကြောင်းက cubic equation တွေ ရှင်းဖို့ကြိုးစားရာကနေ စပါတယ်။

$$x^2+1=0$$

လို ညီမျှခြင်းကို quadratic equation ခေါ်ပါတယ်။ ၂ထပ်ကိန်း အကြီးဆုံးပါတဲ့ ညီမျှခြင်းပေါ့။ ခုညီမျှခြင်းကို ဂရိတွေ လက်ထက်က ရှင်းတဲ့ အခါ အဖြေ ဟာ

$$x= \sqrt{-1}$$

ဆိုပြီးရခဲ့ပါတယ်။ တကယ်တော့ နှစ်ထပ်ကိန်းမှန်သမျှ က အပေါင်းကိန်းပဲ ရပါတယ်။ -1 လို အနှုတ်ကိန်း ရစေတဲ့ နှစ်ထပ်ကိန်းရင်း မရှိတဲ့အတွက် ဂရိတွေက ဒီညီမျှခြင်းကို အဓိပ္ပါယ်မရှိဘူးဆိုပြီး ဘေးဖယ်ထားခဲ့ ပါတယ်။ နောင်းလူတွေ လည်းဒီအတိုင်းပါပဲ။

ပြဿနာက အီတလီလူမျိုး ကာဒါနိုတို့ လက်ထက်မှာ cubic equation ($x^3+3x^2-4x+7 =0$ လို ၃ထပ်ကိန်းအကြီးဆုံးပါ ညီမျှခြင်း)တွေရဲ့ အဖြေရှာတဲ့ အခါ $\sqrt{-1}$လို ကိန်းမျိုးက ရှောင်မရတော့ပါဘူး။ ဒါကို အဓိပ္ပါယ်ဖော်ဖို့ ကြိုးစားခဲ့တဲ့ထဲမှာ ဝက်ဆယ်လ် လည်းပါပါတယ်။ သူက $\sqrt{-1}$ ကို ဂျဲသြမေထရီ နည်းနဲ့ ဒေးကားရဲ့ x-y plane ပေါ်မှာ y axis ရဲ့ 1 unit ကို $i= \sqrt{-1}$ လို့ ယူဆပြီး ၊ ဒီပြင်ညီပေါ်က အမှတ်တိုင်းကို $\alpha+ib$ အနေနဲ့ အမှတ်အသားပြုတာပါ။

complex number ပေါ်လာတာပေါ့။

ဒါထက်အရေးကြီးတာက နော်ဝေးလူမျိုးဖြစ်တဲ့ ကက်စပါဝက်ဆယ်လ် ဟာ a+ib တွေရဲ့ algebra တခုဖြစ်တဲ့ addition ကို ပြုလုပ်တဲ့ အခါ ခုခေတ် vector addition နည်းကို စသုံးခဲ့တာပါပဲ။

သူ့တွေးပုံက ဒီလိုပါ။

1 dimension ရှိတဲ့ R ပေါ်မှာ ဗက်တာတွေကို သတ်မှတ်ရင် အမှတ်တခုက စမယ်။ နောက်အမှတ် တခုမှာဆုံးမယ်။ ပမာဏကို ဒီနှစ်ခုနှုတ်လာဒ်က နေရပြီး direction ကို ဒီကိန်း အပေါင်းလား အနှုတ်လားနဲ့ သတ်မှတ်နိုင်ပါတယ်။ ပုံဆွဲရင်တော့ မျဉ်းတခုကို စမှတ်ကနေဆုံးမှတ်ထိဆွဲ။ အဆုံးမှာ မျှားခေါင်းလေး တခုကိုတပ်ပေး။ အဲ့ဒါ ဗက်တာပေါ့။ အဲ့ဒါမျိုး ၂ ခုပေါင်းချင်ရင် ဒုတိယဗက်တာရဲ့အမြီးကို ပထမ ဗက်တာရဲ့ ခေါင်းမှာ တပ်ပေးလိုက် ။ ရလာဒ်ကို ပထမဗက်တာ အမြီးကနေ ဒုတိယဗက်တာ ခေါင်းထိ တန်ဖိုးကို ယူပေါ့။ ဥပမာ

$$2+3 =5$$

ရတယ်ဆိုတာ 0 ကနေ 2 ထိ ရှိတဲ့ ဗက်တာ ရဲ့ ထိပ် 2 ကနေ ဒုတိယ ဗက်တာကို 2 ကနေ 5 ထိ ဆွဲ ။ သူက magnitude 3ရှိတာကို။ ရလာဒ်က 0 ကနေ 5 ထိ ဆိုတော့ 5 ပေါ့။ ဗက်တာ ကအပေါင်းဘက်ညွှန်းမယ်။

$$2-3 =-1$$

ဒါလည်းလုပ်ကြည့်ရင် 0 က စပြီး -1 မှာ ဆုံးလို့ ဗက်တာက ပမာဏ 1၊ direction အနှုတ်ဘက်ပေါ့။

ဒီနည်းကို သူက ယေဘူယျ ဖြစ်အောင် ချဲ့ လိုက်တယ်။

တကယ်လို့ စပေ့ဟာ R မဟုတ်ဘဲ R^2 ဆိုရင်ရော ဒီနည်းကို သုံးလို့ရမလား။?

R space ဟာသိပ်တော့ စိတ်ဝင်စားဖို့ မကောင်းလှပါဘူး။ တကယ့်အပြင်မှာစပေ့ဟာ ၃ ဒိုင်မင်းရှင်းရှိပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ လွယ်အောင် ၂ ဒိုင်မင်းရှင်းက စကြရအောင်ပါ။

2 dimensions ရှိတဲ့ စပေ့ဟာ plane ပါ။ ဒေးကားရဲ့ x-y plane နဲ့ အတူတူပါပဲ။ ဒါပေမဲ့ ဒီမှာတော့ y ကို f(x) လို့ မယူဆပါဘူး။ x နဲ့ y ကို ဖန်ရှင်တခုနဲ့ ဆက်မပေးထားပါဘူး ။ အဲ့ဒီအစား ကဲကုလပ် လုပ်ချင်ရင် တတိယမြောက် ဒိုင်မင်းရှင်း z ကို z = f(x,y) ဆိုပီး ထောင်ပေးလိုက်ပါတယ်။ f(x,y) က x နဲ့ y ကို input အနေနဲ့ ယူပီး z ကို output အနေနဲ့ ထွေးထုတ်ပါတယ်။ လောလောဆယ်တော့ ကဲကုလပ် ခဏ ထားပီး x-y vector space ကိုပဲ အာရုံစိုက်ရအောင်။ဒီ စပေ့ဟာ တကယ်တော့ ဝက်ဆဲလ်ရဲ့ complex plane a+ib နဲ့ သဘောတရား အတူတူပါပဲ။

ဒီစပေ့ကို R^2 ခေါ်ပါတယ်။ real number line ၂ ခုနဲ့ တည်ဆောက်ထားလို့ပါ။ ဒီစပေ့ပေါ်က အမှတ်၂ ခု ကို ဆက်ပေးပြီး တဖက်ဖက်မှာ မျှားခေါင်းတပ်ပေးရင် အဲ့ဒါဟာ ဗက်တာပါပဲ။ ဗက်တာကို သတ်မှတ်တဲ့အခါ နှစ်ချက်ပဲလိုပါတယ်။ တခုက magnitude ဖြစ်ပီး တခုက direction ပါ။ magnitude ကို number နဲ့ ရေးပီး direction ကို angle θ နဲ့ ရေးပါတယ်။

θ ကိုသတ်မှတ်ဖို့ကတော့ reference vector ခု အရင် ရှာပါတယ်။ ဥပမာ x axis လို ဟာမျိုးပေါ့ ။ပီးမှ အောက်ကပုံလို ထောင့်တခုလောက် စောင်းတဲ့အခါ ဗက်တာရဲ့ ထောင့်ကို

$$c=2\pi r$$

ဆိုတဲ့ ဂရိခေတ်က တွေ့ခဲ့တဲ့ ညီမျှခြင်းနဲ့ သတ်မှတ်လို့ရပါတယ်။ θ တပါတ်ပြည့်ရင်ရှိမဲ့ ထောင့် က 2π ရေဒီယံမို့ ဒီကနေ ကြိုက်ရာ ထောင့်ကို

$$\theta = s/r$$

ဆို လုပ်လိုရတယ်။ s က တပါတ်ပြည့်ရင် c ပေါ့။ s=r ဖြစ်ရင် θ=1 ရေဒီယံ ပေါ့။ r ကို 1 ထားရင် θ= s အနေနဲ့ ထောင့်ကို တိုင်းလို့ရပါတယ်။ဒါဆို ဗက်တာ တခု ရှိရမဲ့ အရေအချင်း၂ ခု ပြည့်ပီ။ ဗက်တာဆိုတာ ဘာလဲ သိပြီပေါ့။

ဗက်တာနေတဲ့ စပေ့ လည်းသိပြီ။ R^1,R^2,R^3,R^n စသဖြင့် ဒိုင်မင်းရှင်း ပေါ်လိုက်တဲ့ စပေ့တွေပေါ့။

R^n ကို n dimension ရှိတဲ့ ယူကလစ်ဒီယံစပေ့လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ ဒါက ဒီစပေ့မှာ အထူးခြားဆုံး ပွိုင့်တခုဖြစ်တဲ့ origin point (0 point) ရှိမှ ပါ။ တကယ်လို့ရှိခဲ့ရင် ဗက်တာတွေရဲ့ အမြီးဟာ အမြဲ အဲ့ သုညပွိုင့်က စပါမယ်။ တကယ်လို့ တခြားနေရာက စပြီး သုည ပွိုင့် မရှိခဲ့ရင် အဲ့ဒါကို Affine space ခေါ်ပါတယ်။ ခုဒီမှာတော့ Euclidean vector space အကြောင်းပဲပြောမှာမို့ origin (0 point) ရှိပီး ဗက်တာတိုင်းက အဲဒီကစပါမယ်။

ဗက်တာ အချင်းချင်း ရဲ့ ဆက်ဆံမှု interaction ကိုရှာဖို့ ပဲကျန်ပါတော့တယ်။ number အချင်းချင်းရဲ့ interaction က + − × ÷ ပါ ။ ဒီလိုပဲ ဗက်တာအချင်းချင်း ဆက်ဆံမှုကတော့ vector addition ၊ scaler multiplication ၊ inner product နဲ့ cross product တို့ပါ။ ဒီ ၄ ခု မှာ ရှေ့နှစ်ခု ဖြစ်တဲ့ vector addition နဲ့ scaler multiplication တွေ က အခြေခံပါပဲ။

ဝက်ဆဲလ်က အထက်ကပြောတဲ့ နည်းအတိုင်း R^2 မှာ vector addition ကို လုပ်ရာမှာလည်း R မှာ လုပ်သလို ခေါင်းနဲ့ အမြီးကို ဆက်ပြီး ရလာဒ်ကို အမြီးကနေ ခေါင်းယူတဲ့ နည်းအတိုင်း ပေါင်းပေးခဲ့ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ ဒါက geometry နည်းပါ။ algebraic နည်းနဲ့ ဆိုရင် ဘာလုပ်ရမှာလဲ ?

ဒါကို သိဖို့ vector space တွေကို တည်ဆောက်ပုံ သိဖို့ လိုပါတယ်။

ပိုင်သွန်

ဗက်တာ ကဲကုလပ် (၃)

Complex number တွေ ပေါ်လာပြီးနောက်မှာ vector နဲ့ scaler ဆိုပြီး စသုံးခဲ့တာက ဟာမီတန်ပါ။

ဟာမီတိုနီယံမက္ကင်းနစ်ကို တီထွင်ခဲ့တဲ့ အိုင်းရစ်လူမျိုး ဝီလီယံရိုဝမ်ဟာမီတန်ဟာ တကယ့်လောက က ၃ ဒိုင်မင်းရှင်းဖြစ်တဲ့ အတွက် ၃ ဒိုင်မင်းရှင်း စပေ့မှာ ဖော်ပြလို့ရမဲ့ ဗက်တာတွေကိုရှာဖွေခဲ့ပါတယ်။

သင်္ချာအရပြည့်စုံတဲ့ vector + - × ÷ တွေ ရှိရာ algebra စနစ်တခုကို ရှာခဲ့တာပေါ့။ ဒါပေမဲ့ သူမတွေ့ခဲ့ပါဘူး။

တနေ့မှာ ဒပ်ဗလင်နားက တော်ဝင်တူးမြောင်းအနီးမှာ လမ်းလျှောက်ရင်း သူရှာနေတာကို ၃ ဒိုင်မင်းရှင်းမှာ မတွေ့နိုင်ပေမဲ့ ၄ ဒိုင်မင်းရှင်းမှာရှိကြောင်း စဉ်းစားမိခဲ့ရာက quaternions ခေါ်တဲ့ သင်္ချာကိုတွေ့ခဲ့ပါတယ်။

ဒီသင်္ချာမှာ ပါဝင်တဲ့ ပစ္စည်းကို

a+bi+cj+dk

ဆိုပြီးရေးနိုင်ပါတယ်။ bi+cj+dk ဟာ ဗက်တာအပိုင်းဖြစ်ပြီး a က စကေလာ (scaler) လို့ သူကခေါ်ပါတယ်။ စကေလာဆိုတာ direction မပါဘဲ number တခုထဲရှိတဲ့ real number လို ဟာမျိုးပါ။ သူ့ရဲ့ ကွာတံနီယမ် စပေ့မှာ ဗက်တာနဲ့ စကေလာ ဟာ အတူတူတွဲနေကြပါတယ်။

ဒီ သင်္ချာစနစ်ကနေ ဟာမီတန်ဟာ ကွာတန်နီယံမြှောက်ခြင်းကို ထွင်ခဲ့ပါတယ်။ သူက ဒါတွေကို ရူပဗေဒမှာ အသုံးချဖို့ ရည်ရွယ်ခဲ့ပေမဲ့ ကွာတံနီယံ မြှောက်ခြင်း ဟာ တအားခက်ပါတယ်။

ပီတာ ဂူသရီတိတ်ဟာ စကော့တလန် အီဒင်ဘာ့ဂ် မှာမွေးခဲ့တဲ့သူဖြစ်ပီး ကွာတမ်နီယံကို ဆက်တိုးချဲ့ခဲ့သူပါ။ သူက ကွာတံနီယံ မြှောက်ခြင်းကို သုံးပီး ဗက်တာ v နဲ့ w ကို မြှောက်ရာမှာ

v w = -(v.w)+(v×w)

ကိုရခဲ့ပါတယ်။ ဒါက ခုခေတ် ဗက်တာ အယ်လ်ဂျီဘရာ က inner product (dot product) နဲ့ cross product တွေပါပဲ။

ဂျိမ်းကလက် မက်စ်ဝဲလ်က လျှပ်စစ်သံလိုက်သီဝရီကို ရေးတဲ့အခါ ဗက်တာတွေ မရှိသေးပါဘူး။ ဒါကြောင့် သူက component form ကိုသုံးပြီးရေးရတဲ့ အတွက် ညီမျှခြင်းက အခု ၂၀ လောက်ရှိပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ တိတ် ရဲ့ ကျေးဇူးနဲ့ ကွာတမ်နီယံ မြှောက်ခြင်းကိုသိလာတဲ့အခါ ဒီနည်းနဲ့ EM သီဝရီကို

ရေးခဲ့ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ သူ့အတွက်လိုအပ်တာက cross product v×w ပါပဲ ။ dot product v.w က အမြဲတမ်း အနှုတ်ကိုပေးနေလို့ ခွဲထုတ်ဖို့ ကြိုးစားခဲ့ပေမဲ့ မအောင်မြင်ခဲ့ပါဘူး။

နောက်ဆုံးမှာ ကွာတံနီယံကိုမသုံးဘဲ ဗက်တာ သက်သက်ကိုသုံးပြီး ဗက်တာကဲကုလပ်ကို တည်ထောင်ခဲ့သူတွေကတော့ အမေရိကန်လူမျိုး ဟဲဗီးဆိုက် နဲ့ ဂစ်ဗ် တို့ပါ။ သူတို့က ဗက်တာစပေ့ တခုသက်သက် တည်ဆောက်ခဲ့ပီး ဒီစပေ့တွေပေါ်မှာ cross product နဲ့ inner product တွေကို ဒီအတိုင်း ထည့်ပေးလိုက်တာပါ။

ဒါက ဗက်တာ ပေါ်ပေါက်လာတဲ့ တကယ့်သမိုင်းကြောင်းပါ။

ဗက်တာ တွေဟာ ဗက်တာစပေ့ပေါ် နေကြပါတယ်။ ဗက်တာတခုကို ရေးမယ်ဆိုရင် ဒီစပေ့ မှာရှိတဲ့ basis vectors တွေနဲ့ ရေးရပါတယ်။ ဒါကြောင့် ဗက်တာစပေ့က အရေးကြီးပါတယ်။ ဗက်တာ စပေ့တခုဖြစ်ဖို့ လိုက်နာရမဲ့ axiom ၁၀(တချို့၈ခု) ခု လိုပါတယ်။ အောက်မှာ ပုံပြထားပါတယ်။ အဓိက အချက်က အဲ့ဒီ axiomကို လိုက်နာတဲ့ ဘယ်အရာမဆိုကို ဗက်တာစပေ့အနေနဲ့ မော်ဒယ်လုပ်လို့ရတာပါပဲ။

ဗက်တာစပေ့တခုဖြစ်ဖို့ သူက Euclidean space R^n ဖြစ်ရပါမယ်။ ဒေးကားရဲ့ real number line စုစုပေါင်း n လိုင်းကို ထောင့်မှန်ကျ ဖြတ်ပြီးတည်ဆောက်ထားတဲ့ စပေ့ပေါ့။

ဒီစပေ့မှာ independent basis vector တွေ ရှိပါတယ်။ ဥပမာ x-y ကိုဩဒီနိတ် ပလိန်းမှာ ဆိုရင် x နဲ့ y ကို basis vectors အနေနဲ့ ယူလို့ရပါတယ်။

ဒီ အခြေခံ ဗက်တာတွေ ရဲ့ ထူးခြားချက်က ဗက်တာ စပေ့ပေါ်မှာရှိတဲ့ ကြိုက်တဲ့ ဘယ်ဗက်တာ မဆိုကို အခြေခံဗက်တာ တွေ ပေါင်းခြင်းအားဖြင့်ရေးလို့ ရတာပါပဲ။

ဥပမာ

$$v=xe_1+ye_2$$

မှာ e_1 နဲ့ e_2 ဟာ basis vector တွေ ဖြစ်ပီး x နဲ့ y ဝင်ရိုးအတိုင်းညွှန်းပါတယ်။ x နဲ့ y က မြှောက်ဖော်ကိန်း number တွေပါ။ + က ဗက်တာပေါင်းခြင်းပါ။ မြှားတွေကို အမြီးနဲ့ခေါင်းဆက်ပေးတာပေါ့။ ဒါကို algebraic နည်းနဲ့ ရေးဖို့ဆိုရင် အခြေခံ ဗက်တာ $x=e_1$, $y=e_2$ထားလိုက်ပါ။

$$e_1=(1\ ,\ 0) \qquad e_2=(\ 0\ ,\ 1\ )$$

ခု ဗက်တာ v ကို basis vector တွေ ပေါင်းခြင်းအားဖြင့်ဒီလိုရေးလို့ရပါတယ်။

$$v=xe_1+ye_2=x(1,0)+y(0,1)=(x,0)+(0,y)=(x+0,0+y)=(x,y)$$

ဒီနည်းနဲ့ v=(x,y) ကို ပြန်ရပါမယ်။ ပေါင်းနည်းက လက်သဲကွင်းထဲက ဆိုင်ရာနေရာအချင်းချင်း ပေါင်းတာပါ။ ဒီနည်းက geometry နည်း (အမြီးနဲ့ခေါင်းဆက်နည်း) နဲ့ အတူတူပါပဲ။ သေချာကြည့်ရင်

ဒါက x-y plane မှာ point တွေကို နာမည်ပေးသလို (x,y) အနေနဲ့ ရေးထားတာပါပဲ။ ဒါကြောင့် ဗက်တာတွေကို မြားတခုအနေနဲ့မြင်နိုင်သလို R^n plane ပေါ်က point တခု အနေနဲ့လည်း သတ်မှတ်နိုင်ပါတယ်။

ဒါတွေကို ဘာလို့လုပ်ရသလဲဆိုရင် ဗက်တာတွေကို ပုံမဆွဲဘဲ algebraic နည်းနဲ့ ချတွက်လို့ ရဖို့ပါ။ ဒါက ဝက်ဆယ်လ်ရဲ့ ဗက်တာ ပေါင်းခြင်းနည်းပါပဲ။ ဒီမှာ scaler မြှာက်ခြင်း လည်းပါခဲ့ပါပြီ။

စကေလာ မြှောက်ခြင်းက unit vector ကို x နဲ့မြှောက်တဲ့အခါ နဂိုက 1 unit ကနေ x unit ဖြစ်သွားမှာပါ။ direction တော့မပြောင်းပါဘူး။

ဗက်တာတွေကို ဗက်တာစပေ့ပေါ်မှာ ပေါင်းခြင်း၊မြှောက်ခြင်း လုပ်လို့ရတဲ့အခါ သူတို့ကလည်း algebra တခု ဖြစ်လာပါပြီ။

ဘာလို့ ပေါင်းခြင်းလိုတာလဲ?

ငှက်တကောင်က အရှေ့မြောက်ဘက်ကို ပျံနေတဲ့အချိန် လေက အနောက်မြောက်က တိုက်ခဲ့ရင် သူ့လမ်းကြောင်းက ဘယ်ဘက်ရောက်မလဲ?

ဒီလိုမေးခွန်းမျိုးအတွက် ဗက်တာ ပေါင်းခြင်းလိုပါတယ်။ အရှေ့မြောက်ဘက် ညွှန်တဲ့ ဗက်တာနဲ့ အရှေ့တောင် ညွှန်တဲ့ ဗက်တာတို့ ပေါင်းခဲ့ရင် လိုချင်တဲ့ ဗက်တာရပါမယ်။အောက်က ငှက်ခလေး ပျံနေတဲ့ပုံလိုပေါ့။

ဘာလို့ ဗက်တာ မြှောက်လဒ် ကလိုတာပါလဲ?

Inner product ဆိုတာ တကယ်တော့ pythagorus theorem က ပုံဖျက်နေတာပါပဲ။ ဒီ inner product အားဖြင့် ဗက်တာတွေရဲ့ အလျားကို သိနိုင်ပါတယ်။ သာမန်အားဖြင့် အလျား၊ အကွာအဝေး စတာတွေဟာ ဒီ မြှောက်ခြင်း မရှိရင် မသိနိုင်ပါဘူး။

Cross product ကတော့ လည်ခြင်းလိုဖြစ်စဉ်မျိုးကို ဖော်ပြဖို့ရာလိုပါတယ်။ ဝဲကတော့လို ဟာရီကိန်းလို လည်နေတဲ့အရာတွေအတွက် ဒီ မြှောက်ခြင်းနဲ့ ပုံဖော်တဲ့ ဗက်တာဟာ လိုပါတယ်။

ထူးခြားချက်တခုကတော့ cross product ဟာ ၃ ဒိုင်မင်းရှင် တခုမှာပဲ ရှိတာပါ။ ဒါကြောင့် တခြားဒိုင်မင်းရှင်းတွေမှာ cross product လို အရာမျိုးကို ရှာဖို့ ကြိုးစားရာကနေ ဗက်တာ တွေရဲ့ dual (တွဲဖက်) ဖြစ်တဲ့ differential forms တွေကို တွေ့လာခဲ့ပါတယ်။ differential forms တွေ သိဖို့ အတွက် ပထမဦးဆုံးလိုတာက ဗက်တာကဲကုလပ် ပါ။

f(x) ထဲက x နေရာမှာ ဗက်တာ v ထည့်ပြီး f(v) လို့ လုပ်ကြည့်လို့ ရနိုင်မလား?

ပိုင်သွန်

ဗက်တာ ကဲကုလပ် (၄)

နယူတန် နဲ့ လိုက်ဗနစ် စခဲ့တဲ့ ကဲကုလပ်ကို elementary calculus လို့ ခေါ်ပါတယ်။ အခြေခံ ကဲကုလပ်ပေါ့။

အခြေခံ ကဲကုလပ် အကြောင်းပြောရင် x-y plane ပါမယ်။ x-y plane ပေါ်မှာ နေတဲ့ f(x) ပါမယ်။ f(x) ဆိုတာ x နဲ့ y ရဲ့ ဆက်သွယ်ချက်ပါပဲ။ အကြောင်းနဲ့ အကျိုး ဆက်စပ်နေတဲ့ လောကကြီးမှာ တခုနဲ့ တခု ဆက်စပ်မှုကို ဖော်ပြတိုင်း f(x) က ပါလာမှာပဲ။ x က အကြောင်းဆိုရင် y က အကျိုးပေါ့။

အကြောင်းအကျိုးဆက်စပ်မှုသာမက တွဲဖြစ်ခြင်း association တွကိုလည်း x နဲ့ y ကဖော်ပြနိုင်တာပါပဲ။

x က လွတ်လပ်တဲ့ကိန်းရှင်ဖြစ်လို့ independent variable လို့ ခေါ်ပြီး y က x ပါ်မှီခိုနေရလို့ dependent variable ပါ။ f(x)=y ဖြစ်သလို f(x) က rule တခု လည်းဖြစ်ပါတယ်။ f(x) နဲ့ x ပေါင်းပြီး (x,f(x)) လို့ ပွိုင့်တခုကို x-y plane ပေါ်မှာ မှတ်သားနိုင်ပါတယ်။ ဒီလိုပဲ (x,f(x)) ပွိုင့်ပေါင်းများစွာ ဆက်လိုက်တဲ့ အခါ အကြောင်းအကျိုးတွေ ၊အကောင်းအဆိုးတွေ ရဲ့ သမိုင်း၊ဖြစ်စဉ် နဲ့ အနိမ့်အမြင့် curve တွေကိုရမှာပါ။ ဒီ curve တွကို graph of f(x) လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒါက terminology တွေပေါ့။ ကွဲပြားဖို့ လိုပါတယ်။ မကွဲရင်တော့ ရှင်းရှင်းလေးနဲ့ ရှုပ်ပါမယ်။

ဗုဒ္ဓကို တခါတော့ ဒိဋ္ဌိကြီးတဦးက မေးခဲ့ဘူးပါတယ်။

ငါ့ရှင်ပေါ့

အကြောင်းတခုကြောင့် အကျိုးတခုဖြစ်တယ်

အကြောင်းတခုကြောင့် အကျိုးအများကြီးဖြစ်တယ်

အကြောင်းအများကြီး ကြောင့် အကျိုးတခု ဖြစ်တယ်

အကြောင်းအများကြီးကြောင့် အကျိုးအများကြီး ဖြစ်တယ်

ဒီလေးခု မှာ ဘာအမှန်လဲပေါ့။

ဒီလို မေးခွန်းမျိုးက ယေဘူယျကျပြီး အရေးကြီးတဲ့ မေးခွန်းပါ။ ဒီလို မေးခွန်းမျိုး ရဲ့ အဖြေက calculus ရဲ့ f(x) မှာ လည်းရှိပါတယ်။

x က အကြောင်းဖြစ်ပြီး f(x) က အကျိုးလို့ ယူဆရင် ၊ x ကိုလည်း variable တခု တင်မဟုတ်ဘဲ အများကြီး (x,y,z,…) စသဖြင့် ယူဆရင် ဖြစ်နိုင်ခြေ ၄ ခုရှိပါတယ်။ ဒီမှာက အမှန်တော့ တခု နဲ့ >တစ်ခု ခွဲလို့ပါ။အဲ့လို မဟုတ်ဘဲ >1 ကို variable အရည်အတွက် n နဲ့ ခွဲရင်တော့ ဖြစ်နိုင်ခြေ infinity ပါ။ ထားပါတော့။ ဒီမှာတော့ 1 and >1 ဆိုပီး ၂ ခုပဲ ခွဲတော့မယ်။

ဒါဆိုရင်

$$f : x \subset R \rightarrow f(x)=y \subset R$$

ဆိုတာက f ဟာ အကြောင်း (R ဗက်တာ စပေ့ ထဲမှာ ပါတဲ့ x) ကို ယူပြီး အကျိုး (R စပေ့ မှာပါတဲ့ f(x)=y)ကို ထုတ်ပေးတယ်ပေါ့။ x က တခု လည်းဖြစ်နိုင်တယ် ။အများကြီးလည်းဖြစ်နိုင်တယ်။ y=f(x) ကလည်း တခု ဖြစ်နိုင်သလို ၊ အများကြီးလည်းဖြစ်နိုင်တယ်။ တစ်ခုဖြစ်ရင် R ဖြစ်ပြီး အများဖြစ်ရင် R^n ပါ။

ဒီတော့ ဖြစ်နိုင်ခြေ ၄ ခု ရှိပါတယ်။

$f : R \rightarrow R$

$f : R \rightarrow R^n$

$f : R^n \rightarrow R$

$f : R^n \rightarrow R^n$

① x က one variable မှာ y က one variable ။ဒါက ကျနော်တို့သိပြီးသား elementary calculus ပါ။

② x က one variable မှာ y က more than one variable ပါ။ ဒါမျိုးက အတော်ရှားပါတယ်။မရှိဘူးလားဆိုတော့ ရှိနိုင်ပေမဲ့ အတော့်ကို ရှားပါတယ်။

③ x က more than one variable မှာ y က one variable ။ ဒါကို multivariable calculus လို့ခေါ်ပါတယ်။ အမှန်တော့ variable တခုထက်ပို ရင် စပေ့ ဟာ R^n ပါပဲ။ ဆိုလိုတာက R^n မှာရှိတဲ့ ပွိုင့်ဟာ vector အနေနဲ့ လည်းယူဆ လို့ရလို့ ဒါကို vector လို့ ယူဆရင်လဲ မမှားပါဘူး။ ဒါကြောင့် ဒီအမျိုးအစားက f(vector) ဆိုတာ ဖြစ်နိုင်သလားဆိုတဲ့ မေးခွန်းရဲ့ အဖြေပေါ့။ဒါပေမဲ့ အခေါ်အဝေါ် အားဖြင့်တော့ multivariable calculus လို့ ပဲခေါ်ပါတယ်။ တနည်းအားဖြင့် ဒီ အကြောင်း အများကြီးကြောင့် အကျိုးတခုဖြစ်တယ်ဆိုတဲ့ ဒီဖန်ရှင် $f : R^n \rightarrow R$ ဟာဗက်တာကို input အနေနဲ့ ယူပြီး real number ကို output အနေနဲ့ ထုတ်ပေးတာပါ။

④ နောက်ဆုံးတခုကတော့ vector-valued function ခေါ်တဲ့ $y > 1 \subset R^n$ ဖြစ်တဲ့ ဖန်ရှင်ပါ။ သူက input က vector ဖြစ်သလို out put ကလည်း vector ပါ။

ဒါကြောင့် သိပ္ပံအရတော့ ၂ တမျိုးကလွဲရင် ကျန်တဲ့ ၃ မျိုးဟာ လောကမှာ အဖြစ်များတဲ့ ကြောင်းကျိုးဆက်သွယ်မှုတွေပါ။ ၂ က တော့ ရှားတယ်ပေါ့။ဘာလို့ဆို သူက lower dimension ကနေ higher dimension ကိုပြန်တည်ဆောက်ယူရတဲ့ သဘောမို့ပါ။ အရာဝတ္ထုကို အလင်းရောင်ထိုးပြီး အရိပ်ကို ဖန်တီး ယူလို့ ရပေမဲ့ ၊ အရိပ်ကနေ အရာဝတ္ထုကို ပြန်ပုံဖော်ဖို့ ခက်သလိုပေါ့။

၃နဲ့ ၄ အကြောင်းဟာ ဗက်တာ ကဲကုလပ်ပါပဲ။ ဘာလို့ဆိုတော့ variable တွေကို basis vectors တွေ အနေနဲ့ မြင်ကြည့်ရင် ဒါက R^n ပေါ်က point ဖြစ်လို့ ဗက်တာပါပဲ။ ဒါကို ရေးရင်

f: $R^n \rightarrow R$

f: $R^n \rightarrow R^n$

လို့ ရေးနိုင်ပါတယ်။ ဒါကို mapping / map စသဖြင့် ခေါ်ကြပေမဲ့ အမှန်တော့ ဖန်ရှင်ပါပဲ။ဒါတွေက Geometer လို့ခေါ်တဲ့ geometry ပညာရှင်တွေဆီက စခဲ့လို့ map လို့ ခေါ်တာပါ။ ကမ္ဘာ့မြေပုံကို စဆွဲခဲ့တဲ့ သင်္ချာပညာရှင်တွေက စခဲ့လို့ပါ။ ဥပမာ ဂေါ့စ်လို geometer မျိုးပေါ့။

ကဲကုလပ်က f(x) ကို သိရင် derivative နဲ့ integral ကို လုပ်နိုင်သလို ခု map တွေကိုသိရင် vector calculus ကလည်း လုပ်နိုင်ပါပြီ။ တခုပါပဲ။ ဒီမှာ variable များတဲ့ အတွက် ဒီ derivative တွကို partial derivative လို့ ခေါ်ပါတယ်။

Partial derivative ကို partial derivative symbol $\partial/\partial x$ နဲ့ ရေးပါတယ်။ ∂ အော်ပရေတာကို curly d လို့ ဖတ်လို့ရသလို dee (ဒီ) လို့ လဲ ခေါ်ကြပါတယ်။ $\partial/\partial x$ ဆို dee by dee x ပေါ့။ မြန်မာ အသံထွက် က ဒီ ဗိုင် ဒီ အိတ်စ် ပေါ့။၁၇၇၀ မှာ နီကိုလပ် ဒီ ကွန်ဒေါဆေး က d ကို နဲနဲကွေးပြီး ရေးခဲ့တာပါ။ လိုက်ဗနစ် က sigma Σ ကို နဲနဲ ကောက်ပြီး integral $\int$ လုပ်သလိုပေါ့။

$\partial/\partial x$ ဟာ ဖန်ရှင်ကို တခြား variable တွေ ကိန်းသေ ထားပြီး x နဲ့ ပဲ ရိုတ်တာပါ။ ဥပမာ gradient/ divergence /curl / directional derivative of f(x,y,z) ရဲ့ ဖော်မြူလာလို ဟာမျိုးပေါ့။ Integralကလည်း $\int\int$ f(x,y) dS လို $\int\int\int$ f(x,y,z) dV လို ဟာမျိုးပေါ့။ ဒီမှာ အရေးပါလာတဲ့ fundamental theorem of calculus လို ဟာမျိုးတွေက stokes, Green နဲ့ Gauss's divergence သီအိုရမ်တွေပါ။

ဗက်တာ ကဲကုလပ် နဲ့ အခြေခံ ကဲကုလပ် တို့ရဲ့ ကွာခြားချက်က ၂ခု ရှိပါတယ်။

① က variable ပါ။ အခြေခံကဲကုလပ် က one variable ဖြစ်ပီး ဗက်တာကဲကုလပ်က 3 variable ပါ။ n variable ကိုတိုးချဲ့တဲ့ကဲကုလပ်ကိုတော့ differential geometry ခေါ်တာပေါ့။ calculus on manifold လို့ လည်းသိကြပါတယ်။

② က ဗက်တာ ကဲကုလပ်က ဗက်တာတွေ ဖြစ်တဲ့အတွက် derivative နဲ့ integral တင်မကဘဲ vector addition , scaler multiplication , vector inner product , vector cross product ၄ မျိုး လုံးပါပါတယ်။

Derivative အတွက် အော်ပရေတာကတော့ နက်ဗလာ ∇ ဖြစ်ပြီး သူနဲ့ အထက်က operator ၄ မျိုးပေါင်းလိုက်တဲ့အခါ စုစုပေါင်း ၄ ခုရပါတယ်။

ဗက်တာ ပေါင်းခြင်းက တော့ ၄ ခု လုံးမှာပါပါတယ်။

① scaler multiplication က gradient ∇f မှာ ပါပါတယ်။ ∇ က ဗက်တာ ဖြစ်ပြီး f က စကေလာပါ။ စကေလာမြှောက်ခြင်းအရ ဗက်တာ×စကေလာ= ဗက်တာပါ။ ∇f က ဗက်တာပေါ့။

② နောက်တခုကတော့ directional derivative v.∇f ပါ။ သူကတော့ scaler multiplication ကော ၊ vector dot product ကော သုံးထားတဲ့ အော်ပရေတာပါ။ ဒါပေမဲ့ သူက gradient ရဲ့ version နောက်တမျိုး လို့ ယူဆ နိုင်ပါတယ်။ v.∇f က စကေလာပါ။

③ ∇.F က တော့ divergence ပါ။ ဗက်တာ၂ခု ကို inner product နဲ့ မြှောက်ရင် ရလာဒ်က စကေလာပါ။

④ curl ကို တော့ ∇×F လို့ ရေးပါတယ်။ F က ဗက်တာပါ။ ဗက်တာ ၂ခု cross product နဲ့ မြှောက်ရင် ဗက်တာရပါတယ်။ ကားလ် (curl) က ဗက်တာပါ။

ဒါက ဗက်တာ ကဲကုလပ်ရဲ့ အခြေခံ အော်ပရေးရှင်း ၄ ခုပါပဲ။

ဗက်တာကဲကုလပ်ရဲ့ ဒီ အော်ပရေတာတွေကို Maxwell ရဲ့ Electromagnetism မှာ ဖောဖောသီသီ သုံးခဲ့တာပါ။ ဒါကို မသုံးခင်က vector component form နဲ့ ရေးတဲ့အခါ ညီမျှခြင်း အခု ၂၀ ရှိခဲ့ပြီး ဒါကို သုံးပြီးနောက်မှာတော့ ၄ ကြောင်းပဲ ကျန်ပါတယ်။

ဒီလိုသဘာဝဖြစ်စဉ်ကို ဖော်ပြပေးမဲ့ ဗက်တာအော်ပရေးရှင်း တွေအကြောင်းအသေးစိတ်ကို သိချင်ရင်တော့ နောက်ပို့စ်လိုက်ခဲ့ပါလို့ ဖိတ်ခေါ်ပါရစေ………

ပိုင်သွန်

Inner product

ငါးတကောင်ကို ငါးမှန်းဘယ်လိုသိမလဲ? သူဘယ်မှာနေလဲ? ရေထဲမှာ👈။ သူ့မှာဘာတွေရှိလဲ? ဆူးတောင်တွေ 😨 ။သူတို့အချင်းချင်း ဘယ်လို ဆက်ဆံကြလဲ? ငါး၂ကောင် ပေါင်းရင် ငါးလေးတွေရတယ် 😊 ။ ဒါတွေနဲ့ မှန်းကြည့်ရတာပေါ့။

ဒီလိုပါပဲ။ ဗက်တာတခုကိုသိဖို့ သူဘယ်မှာနေလဲ? ကအရေးကြီးပါတယ်။ ငါးတကောင်ဟာ ရေထဲမှာ နေသလိုဗက်တာတွေက ဗက်တာစပေ့မှာနေ တာပေါ့။

ဗက်တာစပေ့တစ်ခုဖြစ်ဖို့တောင်းဆိုတဲ့ axiom ၁၀ခုမှာ ၅ ခုက ဗက်တာတွေ အကြောင်းဖြစ်ပြီး သေချာကြည့်ရင် ဗက်တာတွေဟာ commutative group တခုဖြစ်ကြောင်းသိနိုင်ပါတယ်။နောက် axiom ၅ ခုကတော့ စကေလာနဲ့ ဗက်တာရဲ့ ဆက်သွယ်မှုကိုပြတာပါ။ အမှန်တော့ ဗက်တာက linear structure မို့ ဒါတွေ လိုပါတယ်။

ဒါပေမဲ့ ကျနော်တို့ လက်တွေ့ဘဝမှာ သုံးနေတဲ့ ဗက်တာတွေမှာ ဒီ ၁၀ ခုအပြင် နောက်ထပ် structure တချို့ လိုပါသေးတယ်။ ဗက်တာ ၂ ခု ရှိတိုင်း ဗက်တာတွေရဲ့ ကြားက ထောင့်ကို ကျနော်တို့ သိချင်လေ့ရှိကြပါတယ်။ ဘီလိယက်ထိုးတဲ့ အခါ ကျူရဲ့ ထောင့် က အရေးပါသလိုပေါ့။ ဗက်တာ တွေရဲ့ အလျား ၊ အကွာအဝေး စတာတွေကို သိချင်လေ့ ရှိကြပါတယ်။ နောက်တခုက ဗက်တာ တခုရဲ့ အခြားဗက်တာပေါ်ကျမဲ့ အရိပ် (ဝါ) component (ဝါ) projection ကိုလည်း သိချင်ကြပါတယ်။

ဒီ ၃ မျိုးလုံးကို တွက်ပေးနိုင်တာက inner product (dot product) ပါ။ ဒါနဲ့ equip လုပ်ထားတဲ့ ဗက်တာစပေ့ကို inner product space လို့ ခေါ်ပါတယ်။

သိတဲ့အတိုင်း သမိုင်းအရ တော့ inner product ကို ကွာတမ်နီယံ မြှောက် ခြင်းက ရခဲ့တာပါ။

သူ့ကို

$$v.w = |v|\ |w| \cos \theta$$

လို့ ရေးပါတယ် θ က v နဲ့ w ကြားက ထောင့်ပါ။ | | က magnitude of vector ပေါ့။ direction ကို ထည့်မစဉ်းစားလို့ သူက ဗက်တာမဟုတ်ဘူး။ number ပါ။ θ က ထောင့်ဖြစ်ပေမဲ့ cos θ ကတော့ number ပါပဲ။ ဒါကြောင့် ညီမျှခြင်း ဘယ်ဘက်က ". " က dot product ဖြစ်ပေမဲ့ ညာဘက်က တော့ ရိုးရိုး အမြှောက်ပါ။ ဒါကြောင့် number (scaler) ရပါတယ်။

ဒါကြောင့်ဗက်တာ ၂ခုကို အတွင်းမြှောက်ခြင်း (inner product) လုပ်တိုင်း နမ်ဗာရပီး အဲ့ နမ်ဗာက v ရဲ့ w ပေါ်ကျတဲ့ အရိပ်(projection) ကိုပြပါတယ်။

တကယ်လို့ ကိုယ့်ဘာသာကိုယ်ပြန်မြှောက်ရင်တော့

$$v.v=|v||v| \cos \theta = v^2$$

ရပါတယ်။ v^2 ကိုတော့ ပိုင်သာဂိုရပ်စ်သီအိုရမ် အတိုင်းဆက်တွက်တာပေါ့။ အဲဒီအခါ အလျားရပါတယ်။ သာမာန်အားဖြင့် ကျနော်တို့နေတဲ့ကမ္ဘာမှာ အကွာအဝေးတို့ အလျားတို့ဆိုတာ အခြေခံမကျတဲ့ အရာပါ။ ဒါကြောင့်လည်း တိုင်းတာမရတဲ့ ဗက်တာစပေ့တွေ ကျနော်တို့ကမ္ဘာမှာရှိပါတယ်။ ဖရက်တယ် စပေ့တွေလိုပေါ့။ ဒီ အတွင်းမြှောက်ခြင်းသာ မရှိရင် ကျနော်တို့ကမ္ဘာဟာ တန်ဖိုးတွေကို တိုင်းတာနိုင်မှာ မဟုတ်ပါဘူး။

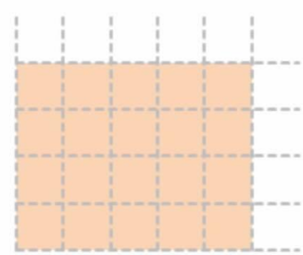
နောက်တခုက အတွင်းမြှောက်ခြင်း ဖော်မြူလာမှာ θ ပါတဲ့ အတွက် ထောင့်ကို

$$\theta = \arccos (v.w/|v||w|)$$

ဆိုပြီး ရှာနိုင်ပါတယ်။ အလျား၊ထောင့်နဲ့အရိပ်တွေရတဲ့အခါ ဂဲဩမေထရီ အားလုံးကို ဒီ အတွင်းမြှောက်ခြင်း ဗက်တာစပေ့ပေါ်မှာ လုပ်လို့ရပါပြီ။ pyramid ဆောက်မလား။ pentagon ဆောက်မလား။ pentahouse ဆောက်မလား ရတယ် baby 😘 ။

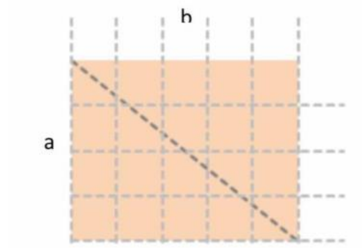
ဒီတော့ ဒီပို့စ်မှာတော့ v.w = |v| |w|cosθ ဖော်မြူလာရလာပုံကို စတုဂံဧရိယာကနေ ပိုင်သာဂိုရပ်စ် သီအိုရမ်မှတဆင့်ရှာပုံလေးတင်ပြချင်ပါတယ်။ သမိုင်းအကြောင်းအရတော့ ဒီလိုရှာတွေ့ခဲ့တာ မဟုတ်ဘူး။ ဟာမီတန်ရဲ့ ကွာတမ်နီယံ မြှောက်ခြင်းကပါ။ ဒီမှာကတော့ ပိုင်သာဂိုရပ်စ် သီအိုရမ်ဟာ ဒီစပေ့တွေရဲ့ အနှစ်သာရကို ဘယ်လောက်ထင်ဟပ်ဆုပ်ကိုင်ထားလဲ ပြဖို့ပါ။

ပထမဆုံးကတော့ စတုဂံဧရိယာ A = ab ပါ။ ဒါက အောက်ပုံကို အကွက်တွေ လိုက်ရေကြည့်ရင် လွယ်လွယ်ရပါတယ်။

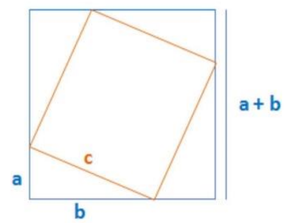


တြိဂံ ဧရိယာ =1/2 ab

ဒါက တြိဂံက စတုဂံရဲ့ တဝက်မို့။



တတိယပုံကိုကြည့်ပါ။ အဲ့ဒီပုံရဲ့ ဧရိယာကို စတုဂံ ဧရိယာနဲ့ တြိဂံဧရိယာ ဖော်မြူလာသုံးပြီး ပိုင်သာဂိုရပ်စ် သီအိုရမ်ကိုရှာပါမယ်။



အပြာရောင် စတုရန်းကြီးက

$$(a+b)(a+b)=a^2+2ab+b^2$$

အပြာရောင်စတုရန်းကြီးရဲ့ ဧရိယာကို နောက်တနည်းနဲ့ ရှာလို့ရပါတယ်။ အဝါရောင် စတုရန်းသေးရဲ့ ဧရိယာ နဲ့ အပြာရောင် တြိဂံ လေးခု ဧရိယာ ပေါင်းပေးရမှာပါ။ ဒီမှာ အထက်ကစတုဂံ နဲ့ တြိဂံ ဧရိယာ ဖော်မြူလာတွေသုံးမယ်။

$$c^2+4(1/2ab)$$

ဒီဧရိယာ ၂ခု တူလို့

$$a^2 + 2ab + b^2 = c^2 + 4 (½ ab)$$

$$a^2+b^2=c^2$$

ပိုင်သာဂိုရပ်စ် သီအိုရမ်ရပါပြီ။

နောက်တဆင့်က Law of cosine ကို ရှာတာပါ။ သူ့ကိုရှာဖို့ဒေးကားရဲ့ x-y plane ၊ တြီဂို နဲ့ distance formula လိုပါတယ်။ distance formula က ပိုင်သာဂိုရပ်စ် သီအိုရမ်က ရပါတယ်။

အောက်မှာတွက်နည်းပြထားတယ်။

Summarized, the law of cosines for all three cases is:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 * b * c * \cos\alpha$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2 * a * c * \cos\beta$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2 * a * b * \cos\gamma$$

$$a = \sqrt{(x-c)^2 + (y-0)^2}.$$

Now substitute $x = b * \cos\alpha$ and $y = b * \sin\alpha$ and dissolve the equation:

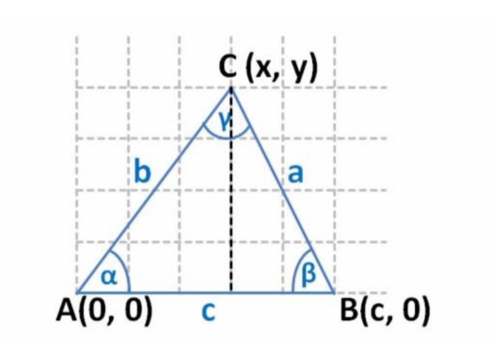
$$a^2 = (b * \cos\alpha - c)^2 + (b * \sin\alpha - 0)^2$$

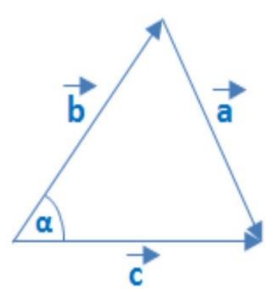
$$a^2 = b^2 cos^2\alpha - 2bc\cos\alpha + c^2 + b^2 sin^2\alpha$$

$$a^2 = b^2(cos^2\alpha + sin^2\alpha) + c^2 - 2bc\cos\alpha$$

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 * b * c * \cos\alpha$$

နောက်ဆုံးအဆင့်ကတော့ inner product ကို Law of cosine ၊ vector addiction formula နဲ့ vector component formula တွေသုံးပြီး derive လုပ်တာပါ။ ပုံပြထားပါတယ်။ ဒီအဆင့်မှာ ဗက်တာတွေကို ဗက်တာစပေ့ရဲ့ basis vector components တွေ ပေါင်းခြင်းဆိုတဲ့ အချက်ကို ယူသုံးထားတာပါ။ ဒါကလည်း vector addition ပါပဲ။





$$|\boldsymbol{a}|^2 = |\boldsymbol{b}|^2 + |\boldsymbol{c}|^2 - 2 * |\boldsymbol{b}| * |\boldsymbol{c}| * \cos\alpha$$

$$|(\boldsymbol{c} - \boldsymbol{b})|^2 = |\boldsymbol{b}|^2 + |\boldsymbol{c}|^2 - 2 * |\boldsymbol{b}| * |\boldsymbol{c}| * \cos\alpha$$

$$(c_x - b_x)^2 + \left(c_y - b_y\right)^2 = {b_x}^2 + {b_y}^2 + {c_x}^2 + {c_y}^2 - 2 * |\boldsymbol{b}| * |\boldsymbol{c}| * \cos\alpha$$

$${c_x}^2 - 2b_x c_x + {b_x}^2 + {c_y}^2 - 2b_y c_y + {b_y}^2 = {b_x}^2 + {b_y}^2 + {c_x}^2 + {c_y}^2 - 2 * |\boldsymbol{b}| * |\boldsymbol{c}| * \cos\alpha$$

$$-2b_x c_x - 2b_y c_y = -2 * |\boldsymbol{b}| * |\boldsymbol{c}| * \cos\alpha$$

$$b_x * c_x + b_y * c_y = |\boldsymbol{b}| * |\boldsymbol{c}| * \cos\alpha$$

Wow! That our definition of the dot product!

ဒါဆိုရင် ဘာလို့ v.w=|v||w|cosθ ကို ရလည်းသိပါပြီ။

Inner product ကို ရရင် partial derivative concept နဲ့ပေါင်းတဲ့အခါ gradient , divergence နဲ့ directional derivative တွေကို ရလာပါတယ်။

Curl formula ရဖို့ကတော့ cross product လိုပြီး cross product ကိုနားလည်ဖို့က matrix နဲ့ determinant တွကို သိဖို့လိုပါတယ်။

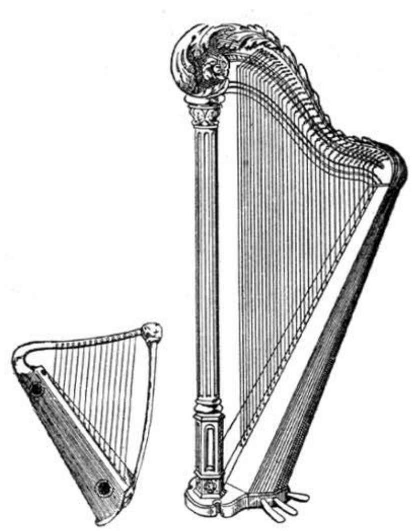
ပိုင်သွန်

Gradient

အတွင်းမြှောက်ခြင်း (inner product) ကို ရလာတဲ့ နောက်မှာ ဗက်တာ ကဲကုလပ် ရဲ့ ပထမဆုံးခြေလှမ်းက gradient ပါ။ one variable ပဲပါတဲ့ f(x) ကို derivation လုပ်တဲ့အခါ slope ရှာတဲ့အခါ derivative f'(x)=df(x)/dx ကိုရပါတယ်။ f'(x) ကိုယ်တိုင်ကလည်း ဖန်ရှင်ပါပဲ ။ တကယ်လို့ ဗက်တာတွေလို multivariable function f(x,y,z) တွေကို derivation လုပ်မယ်ဆိုရင်ရော ဘာရမလဲ?

Derivativeလုပ်တဲ့အခါ Input က ဘာလဲ? ဘယ်လို Input မျိုးနဲ့ ယှဉ် လုပ်လဲက အရေးပါပါတယ်။ variableတွေများပေမဲ့ အမျိုးအစားကတော့ ၂ ခုပဲ ရှိပါတယ်။ အချိန် နဲ့ နေရာပေါ့။ အချိန်ကတော့ တစ်ခုထဲရှိလို့ သူနဲ့ လုပ်ရင် df/dt ဟာ velocity လို ဟာမျိုးပါပဲ။ နေရာ space ကတော့ များပါတယ်။ space variable x,y,z တွေနဲ့ လုပ်တဲ့ derivation ကို ဂရေးဒီးယန့် (gradient)လို့ ခေါ်ပါတယ်။

သူ့ကို သင်္ကေတအားဖြင့် ∇ လို့ရေးပါတယ်။ ဖိနီးရှန်းစောင်းကိုခေါ်တဲ့ ဂရိ အခေါ်အဝေါ်က နတ်ဗလာ (nabla) ပါ။ ဒီစောင်း ရဲ့ shape နဲ့ တူလို့ နတ်ဗလာလို့ ပီတာဂတ်သရီတိတ်က ပေးခဲ့ပါတယ်။



Harps, p. 984.

နတ်ဗလာ nabla ∇ ရဲ့ definitionကို စခဲ့သူက ဟာမီတန်ပေါ့။ သင်္ကေတ ∇ လည်း သူပါပဲ။ နတ်ဗလာဆိုတဲ့ နာမည်ကိုပဲ တိတ် ကပေးခဲ့တာပါ။ နောက်ပိုင်းမှာ ဂစ်နဲ့ တခြားသူတွေက del လို့ ပေးကြလို့ အခေါ်အဝေါ် ၂ မျိုးဖြစ်နေတဲ့ ဂရေးဒီးယန့်ဟာ တကယ်တော့ multidimension မှာရှိတဲ့ နေရာလိုက် derivative ဒရိုက်ဗတစ် တခုပါပဲ။

ရစ်ချက်ဖိုင်းမင်းရဲ့အဆိုအရတော့ ∇ ဟာ အော်ပရေတာတခုဖြစ်ပြီး ဒစ်ဖရန်ရှိတ်လုပ်ဖို့ ဆာလောင်နေတဲ့ အော်ပရေတာ (operator hungry to differentiate) ပါတဲ့။ ကျနော့် မျက်လုံးထဲတော့ ပါးစပ်ကြီး ဟပြီးစားဖို့ ဆာလောင်နေတဲ့ တိရိစ္ဆာန်ရုံက ရေမြင်းကြီးကို သွားမြင်မိတယ်။

$$\nabla = i\partial/\partial x + j\partial/\partial y + k\partial/\partial z$$

ဟာ ဟာမီတန် ပေးခဲ့တဲ့ ∇ ရဲ့ definition ပါပဲ။ $\partial/\partial x$ က partial derivative with respect to x ဖြစ်ပီး d by dx လို့ ဖတ်ပါတယ်။

ဆိုလိုတာက x တခုထဲ ပြောင်းပီး yနဲ့ z မပြောင်းချိန်မှာ function f(x,y,z) ကို ဒရိုက်ဗတစ် ယူတာပေါ့။ မျက်လုံးထဲမြင်အောင်ပြောရရင် ၃ ဒိုင်မင်းရှင်း input ရှိတဲ့ ဖန်ရှင်တခုကို ဂရပ်ဆွဲရင် ၄ဒိုင်မင်းရှင်းမှာ ဆွဲရပါတယ်။ ရလာမဲ့အရာက ၃ ဒိုင်မင်းရှင်းရှိတဲ့ ထုထည်တခုပါ။ ဒီထုထည်ရှိတဲ့ shape ကို y,z = constant မှာ (yနဲ့ z အသေထားပီး) ၊ x ကို နဲနဲ ပြောင်းတိုင်း f(x,y,z) ပြောင်းတဲ့ ပွိုင့်တွေရဲ့ slope ကို ရှာတာကို တပိုင်းဒရိုက်ဗတစ် (partial derivative) $\partial/\partial x$ လုပ်တယ်ခေါ်ပါတယ်။

အဲ့လို့ရလာတဲ့ ပွိုင့်တွေ ((x,y,z),f'(x,y,z)) ကို ဆက်လိုက်ရင် ရလာမဲ့ $\partial/\partial x$ ရဲ့ shape ဟာ x-f'(x,y,z) plane ပေါ်ကို ထိုးကျလာတဲ့ ၃ဒိုင်မင်းရှင် ထုထည်ရဲ့အရိပ် (projection) နဲ့ တူလို့ ၂ ဒိုင်မင်းရှင်း မျက်နှာပြင်ပါ။ ဒီမှာ i နဲ့ $\partial/\partial x$ ကို မြှောက်ထားတာကတော့ i က x direction အတိုင်းညွှန်းတဲ့ unit vector မို့ပါ။ ဒီ၂ခုပေါင်း $i\partial/\partial x$ က x direction အတိုင်းညွှန်ပြနေတဲ့ basis vector ဖြစ်သွားပါပြီ။

မတူတဲ့ y နဲ့ z direction က $j\partial/\partial y$ နဲ့ $k\partial/\partial z$ တို့ကို ပေါင်းပေးလိုက်တဲ့ အခါ ဗက်တာပေါင်းခြင်း အရ ရလာတဲ့ ဗက်တာဟာ ပွိုင့်တခု မှာ ရှိတဲ့ tangent vector ပါပဲ။

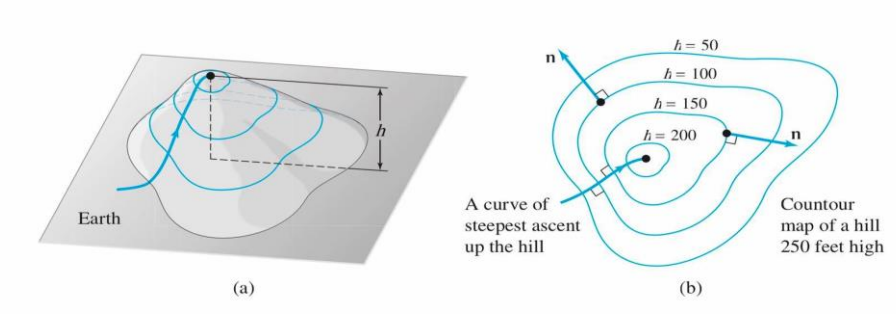
∇ operator ဟာ ဆာလောင်ပြီး ပါးစပ်ကြီးဟနေပေမဲ့ မစားရသေးလို့ ဗက်တာတခု အနေနဲ့ မြင်နိုင်ပေမဲ့ တန်ဖိုးတော့မရှိသေးပါဘူး။ ပါးစပ်ဟနေတဲ့ရေမြင်းကြီးကို ပါးစပ်ထဲ ကန်စွန်းရွက်စည်း ထည့်ပေးလိုက်မှပဲ စ,ဝါးပြီး မစင်တုံး လေး ပြန်စွန့်ပါမယ် 😊😊 ။ အဲ့လိုပဲ ∇ ကို ဖန်ရှင် f ထည့်ပေးလိုက်မှ

$$\nabla f= (i\partial/\partial x + j\partial/\partial y + k\partial/\partial z)f=i\partial f/\partial x + j\partial f/\partial y + k\partial f/\partial z$$

ဆိုပြီး တန်ဖိုးတခု ပြန်ထုတ်ပေးပါတယ်။ ∇ က ဗက်တာဖြစ်ပီး f က စကေလာမို့ ရလာတဲ့ ကိန်း ∇f က စကေလာမြှောက်ခြင်းအရ ဗက်တာပါ။ ∇ ရဲ့ direction အတိုင်းညွှန်းတဲ့ ဗက်တာပေါ့။

ဒီဗက်တာက ဘာကိုများကိုယ်စားပြုလဲ? ။ ဒီဗက်တာဟာ ဂရေးဒီးယန့် မျက်နှာပြင်ပေါ်က ပွိုင့်တပွိုင့်မှာရှိတဲ့ steepest slope ကို ပြပါတယ်။ အမတ်စောက်ဆုံး လျှောစောက် နဲ့ အဲ့ဒီ လျှောစောက် (slope) ရဲ့ direction ကို ပြတာပါ။

ဆိုပါစို့။ ပင်လယ်ရေမျက်နှာပြင်အထက်ကနေစပြီး မြေပြင်ကိုတိုင်းမယ်။ ရလာတာကို မြေပုံပေါ် တင်တဲ့အခါ ကွန်တိုလိုင်းတွေ မြင်ရပါမယ်။ တောင်ကုန်းတခုပဲ ထားပါတော့။ ဒီကွန်တို လိုင်းတွေဟာ ∇f သုည ဖြစ်တဲ့ ရေပြင်ညီ လိုင်းတွေ (level curvesတွေ)ပါ။ ဒီတောင်ကုန်းက အလယ်နဲ့ အပေါ်ကို မတ်သွားမှာမို့ ∇f ဟာ အများအားဖြင့် ကွန်တိုလိုင်း (level curves)နဲ့ ထောင့်မှန်ကျပြီး ဦးတည်ရာက အလယ်အပေါ်ကို ပွိုင့်တိုင်းမှာ ညွှန်းပါမယ်။ အောက်မှာ ပုံ ပါ။



ဒီတောင်ကုန်းရဲ့ မျက်နှာပြင်ဟာ graph of function ဖြစ်ပီး ကြိုက်ရာ ပွိုင့် (အမှတ်) တိုင်းမှာ ဖြတ်သွားတဲ့ ၁ ဒိုင်မင်းရှင်း curve ပေါင်းက infinity ပါ။ ဒါကြောင့် အဲ့ curve တွေကို tangent ဖြစ်တဲ့ ဗက်တာကလည်း အဲ့ပွိုင့်မှာ infinity ပါပဲ။ ဂရေးဒီးယန့် ∇f ဟာ အဲ့ဒီ infinity ရှိတဲ့ တန်းဂျင့် ဗက်တာတွေထဲကမှ steepest အဖြစ်ဆုံး ဗက်တာကို ညွှန်ပြတာပါ။ အဲ့ဗက်တာကို သိခြင်းအားဖြင့် ကျနော်တို့ဟာ လျှောဆင်းရင် အမြန်ဆုံးအောက်ရောက်နိုင်သလို အဲ့ ဗက်တာအတိုင်းတောင်တက်ရင် အားအစိုက်ရဆုံး နေပါမယ်။ ဒါကြောင့် တောင်တွေကို ဖြတ်ပြီး ကားလမ်းဖေါက်ရင် ဘယ်တော့မှ ဂရေးဒီးယန့် ဗက်တာ အတိုင်း မဖောက်ဘဲ ကွေ့ပါတ်ဖေါက်တာပေါ့။ ဒီလိုကွေ့ဖေါက်ချင်ရင် လိုအပ်တဲ့အရာက ကိုယ်ဖေါက်ချင်တဲ့ ဗက်တာအတိုင်းရှိမဲ့ မတ်စောင့်မှုပြ directional derivative ပေါ့။

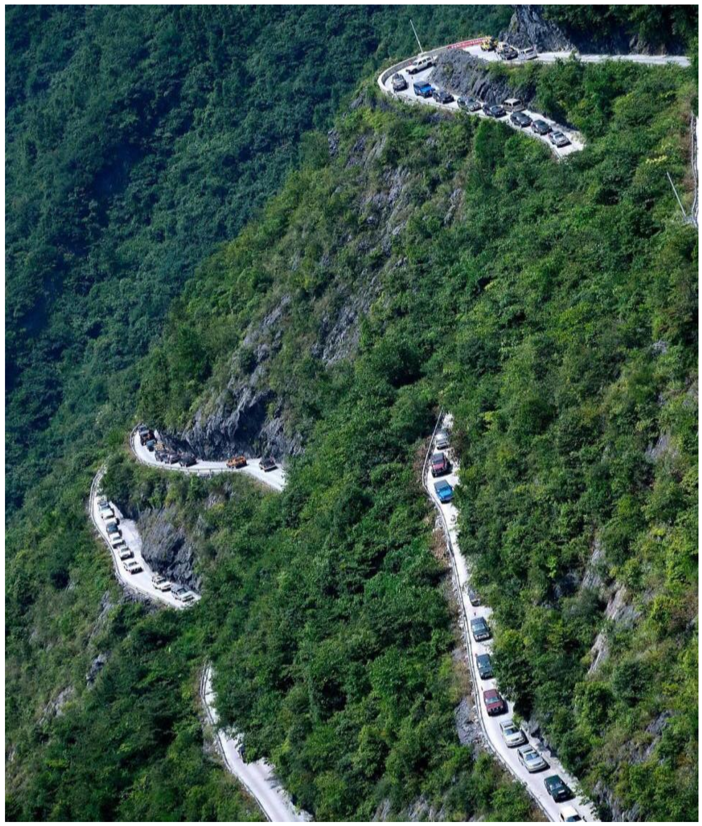
ဂရေးဒီးယန့်က လမ်းဖေါက်ရာမှာပဲ သုံးတာတော့ မဟုတ်ပါဘူး။ တကယ်တော့ ဒါက ယေဘူယျ concept ဖြစ်လို့ နေရာတိုင်းမှာ သုံးပါတယ်။ ဥပမာ temperature gradient ဆိုရင် အပူစီးမှုပေါ့။ Thermal scan တွက အပူရဲ့ဂရေးဒီးယန့်ကိုတိုင်းပြီး အရောင်နဲ့ပြတာပါ။ ဘောလုံးကွင်းထဲက ကစားသမားတယောက်ရဲ့ heat map ဆိုတာလဲ ဂရေးဒီးယန့် ပါပဲ။ ဒီလိုပဲ ထိကရုန်းလေးတွေကို လက်နဲ့ ထိလို့ ပိန်ရှုံ့သွားရတာက cell အတွင်းအပြင်ရဲ့ ဂရေးဒီးယန့် ခြားနားမှုကြောင့်ပေါ့။ နိုင်ငံရေးမှာလည်း power map ဟာ ဂရေးဒီးယန့်အတိုင်းထိပ်ဆုံးက ခေါင်းပေါင်းညာချတွေကနေ အောက်ဆုံးက နင်းပြား ငဒူ တွေဆီစီးဆင်းပြီး ၊ ရေဟာ မြင့်ရာက နိမ့်ရာ စီးတယ်ဆိုတာ တကယ်တော့ ဒြပ်ဆွဲအားဂရေးဒီးယန့် ကြောင့်ပဲပေါ့။

ဒါကတော့ ဗက်တာကဲကုလပ်ရဲ့ ပထမဆုံး ဆာလောင်နေတဲ့ အော်ပရေတာပါ။ သူနဲ့ ဆက်နွယ်တဲ့ directional derivative ကိုတော့ နောက်ပို့စ်မှာ တွေ့ပါမယ်

ပိုင်သွန်

Directional derivative

ပြည်နယ်နှစ်ခုကို တောင်တန်းတွေနဲ့ခြားထားတိုင်း လမ်းပန်းဆက်သွယ်ရေးခက်ပါတယ်။ တောင်တွေကို ကားလမ်းဖြတ်ဖောက်ဖို့လိုလာတော့တာပေါ့။ ဒီအခါမှာ တောင်ရဲ့အမတ်စောက်ဆုံးလမ်းအတိုင်း တည့်တည့်ဖောက်လို့ မရပါဘူး။ ဂရေးဒီးယန့် ∇ က ဒီလို လမ်းတွေကို တောင်ရဲ့ ပွိုင့်တိုင်းမှာ ညွှန်ပြနေပါတယ်။ ဒါဆို ဘယ်လို ဖေါက်မလဲ။



အကောင်းဆုံးကတော့ $\nabla f = 0$ ဖြစ်တဲ့ level curve အတိုင်းသွားရင် မြေပြန့်မှာသွားသလိုမို့ အကောင်းဆုံးပါ။ ဒါပေမဲ့ level curve ကွန်တိုမျဉ်းတွေကလည်း စက်ဝိုင်းလိုတပါတ်လည်နေတော့ သူ့အတိုင်းသွားလို့တော့ အမြဲမရဘူး။ တချို့နေရာမှာ ∇f သုညထက် ပိုပြီး maximum လည်းမဖြစ်တဲ့ ဗက်တာ v အတိုင်း သွားဖို့လိုလာပါမယ်။

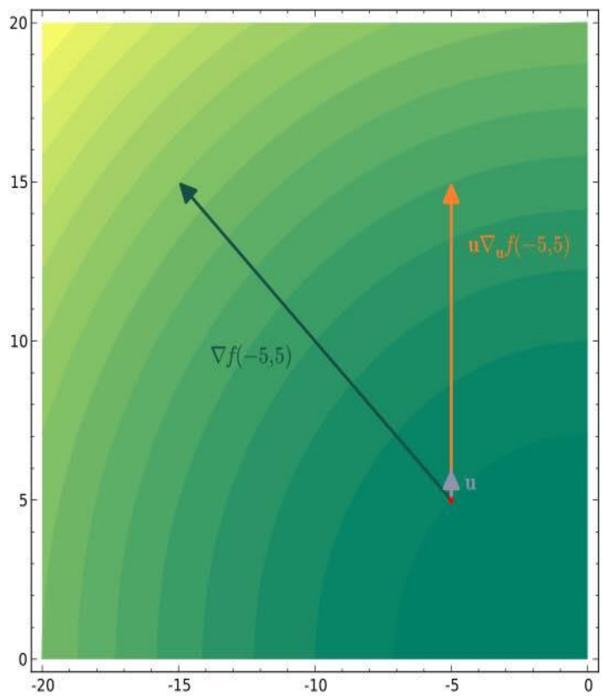
အဲ့ဒီအခါ gradient vector field ရဲ့ ကိုသိချင်တဲ့ ပွိုင့်တစ်ပွိုင့်မှာ ဂရေးဒီယန့် ဗက်တာ အတိုင်းမဟုတ်ဘဲ ကိုယ်သွားချင်တဲ့ ဗက်တာ v အတိုင်း မတ်စောက်မှု ဘယ်လောက်ရှိလည်း တွက်ဖို့ လိုလာပါပြီ။

လွယ်လွယ်ပြောရင်တော့ တောင်ကို အတည့်မဖေါက်ပဲ ပါတ်ဖေါက်တဲ့အခါ အပြေဆုံးလမ်းကို ဘယ်လို တွက်မလဲပေါ့။

အရင်ပို့စ်က ပြောသလိုပဲ ပေးထားတဲ့ ပွိုင့်မှာဖြတ်သွားတဲ့ tangent vector တွေက infinity ပါ။ steepest tangent ကတော့ တခုထဲ။ ကိုယ်သွားချင်တဲ့ ဗက်တာ v ရဲ့ direction အတိုင်းဆိုရင် ဘယ်လောက် မတ်စောက်မလဲ တွက်တယ်ဆိုတာက v ဗက်တာပေါ် ဂရေးဒီးယန့် ∇ ဗက်တာရဲ့ အရိပ် projection ထိုးချခြင်းပါ။ ဒါဆိုရင်တော့ ဒီကိစ္စကို ကိုင်တွယ်ဖို့ကို inner product ကို တာဝန်ပေးလို့ ရပါတယ်။

$$\text{directional derivative} = v.\nabla f = dx/dt.df/dx = df(x+tv)/dt$$

ဒါက one dimension မှာ ရေးပြတာပါ။ chain rule ကိုသုံးတာပေါ့။ ၃ ဒိုင်မင်းရှင်း အတွက်ကတော့ straight forward ပါ။ လိုရင်းကတော့ directional derivative ဆိုတာ ဗက်တာ v ပေါ် ကျတဲ့ ∇f ရဲ့ အရိပ်ပါ။ အောက်မှာပုံလေး။



ဒီနည်းနဲ့ဆို ကိုယ်နှစ်သက်ရာ တန်းဂျင့် v အတိုင်းအတွက် တန်ဖိုးကိုသိနိုင်ပြီး တောင်ပါတ်လမ်းကို အပြေပြစ်ဆုံး ဖေါက်နိုင်မှာပါ။

Directional derivative ဟာ ဗက်တာ ၂ ခုမြှောက်တဲ့ inner product မို့ ရလာဒ်က စကေလာပါ။ ဒီဒရိုက်ဗတစ်က အရေးပါပါတယ်။ သူက အခြေခံ ကဲကုလပ်ရဲ့ ဒရိုက်ဗတစ်ကို multivariable R^n အတွက် ယေဘူယျပြုထားတာဖြစ်သလို ၊နောင်အချိန်မှာလာမဲ့ ကွေးကောက်နေတဲ့ manifold တွေပေါ်က tangent space တွေ တည်ဆောက်ရာမှာလည်း အဓိကကျတဲ့ ပစ္စည်းမို့ပါ။ Inner product ရဲ့ အသုံးဝင်မှု ကလည်း ဒီမှာ မြင်နေရပါတယ်။

၃ဒိုင်မင်းရှင်းကို လွန်ချိန်မှာ curl ရဲ့အရေးပါမှုက မရှိတော့ပါဘူး။ ဒါပေမဲ့ directional derivative ကတော့ coordinate system ရဲ့ basis အဖြစ် ဆက်ရှိနေဦးမှာ မို့ အရေးကြီးတဲ့ operator ပါ။

သမိုင်းမှာတော့ ဒီ partial derivative တွေကို သုံးပြီးရေးခဲ့တဲ့ နာမည်ကျော် ရူပဗေဒ လောတွေ ရှိပါတယ်။ ဖူရီယေး ရဲ့ အပူညီမျှခြင်း ၊ လာပလာ့စ် နဲ့ ပွာဆွန် ရဲ့ ပိုတန်ရှယ်ညီမျှခြင်း ၊ ဒလမ်းဘတ်ရဲ့ လှိုင်း ညီမျှခြင်းတွေဟာ နာမည်ကျော်တွေပါ။ သူတို့က ဂရေးဒီးယန့်ရဲ့ ဒိုင်ဗားဂျန့် ကိုယူထားတဲ့ ညီမျှခြင်းတွေ ဖြစ်ပြီး ဒြပ်ဆွဲစက်ကွင်း ၊အပူလှိုင်း ၊ လျှပ်ငြိမ် စက်ကွင်း ၊လှိုင်းညီမျှခြင်း ၊အရေဒိုင်းနမစ် စတာတွေကို လေ့လာနိုင်ခဲ့လို့ ခေတ်သစ်နည်းပညာတွေအတွက် မရှိမဖြစ်ပါ။ ဖူရီယေးဆိုရင် သူ့အပူညီမျှခြင်းရဲ့ ယေဘူယျ အဖြေကိုရှာဖို့ကြိုးစားရာကနေ ဖူရီယေး လှိုင်းခွဲခြင်းကို တွေ့ရှိခဲ့ပြီး ဒါက ခုခေတ် mp3 ,mp4 , digital compression နဲ့ digital music synthesizer စသဖြင့် နေရာ အများကြီး မှာ အသုံးချပါတယ်။

နောက်ပို့စ်မှာတော့ ဒိုင်ဗားဂျန့်ဆီ ချီတက်ကြမယ်လို့ ဆိုရင်း

ပိုင်သွန်

Divergence

ဗက်တာ F ရဲ့ ဒိုင်ဗားဂျန့်ကို ∇.F လို့ ရေးပါတယ်။ နက်ဗလာ နဲ့ F ရဲ့ inner product ပေါ့။

$\nabla.F = (\partial/\partial x_1 , \partial/\partial x_2 , \partial/\partial x_3) . (F_1 , F_2 , F_3$ ☹ $\partial F_1/\partial x_1 + \partial F_2/\partial x_2 + \partial F_3/\partial x_3$

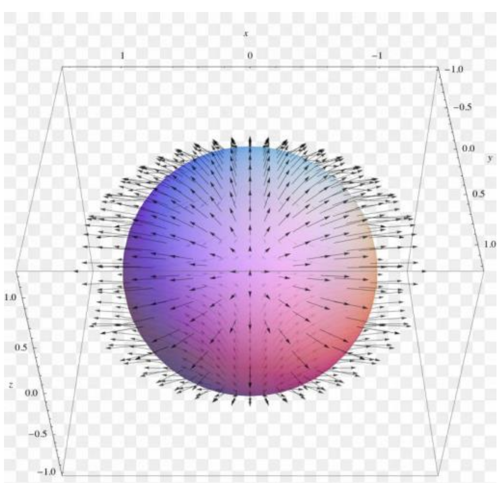
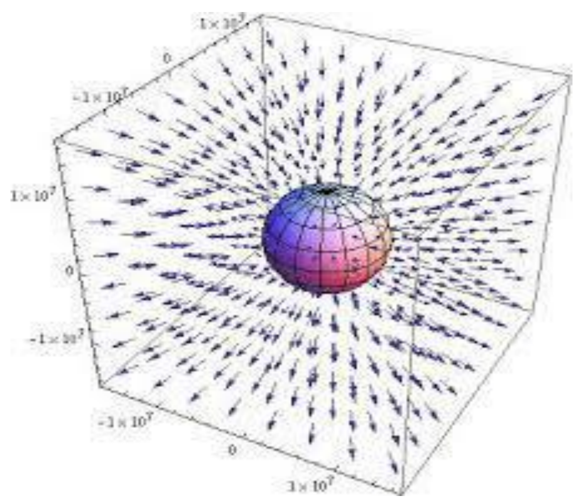
ဒီမှာ subscript 1,2,3 က x,y,z coordinate တွေ ကို ရည်ညွှန်းပါတယ်။ x_1= x , x_2= y , x_3= z ပေါ့။ F_1,F_2,F_3 ကတော့ F ဗက်တာရဲ့ x,y,z အတိုင်း ညွှန်းတဲ့ ဗက်တာအစိတ်အပိုင်းတွေ (vector component) ပေါ့။

ဒါကတော့ definition မြင်ဘူးအောင်ပါ။ အရေးကြီးတာက ဒီအော်ပရေတာက ဘာကို တိုင်းတာ တာလည်းပေါ့။

သူက စကေလာ ဖြစ်ပါတယ်။ real number ပေါ့။ direction မရှိဘူး။ ပမာဏကို ပဲပြောတယ်။ ဘာ ပမာဏ လည်းဆိုတော့ ပြန့်ကားသွားတဲ့ ၊ ဒါမှမဟုတ် ကျစ်လစ်သွားတဲ့ ပမာဏ ပါ။

အခန်းထဲမှာ လေထု ရှိမယ်ဆိုပါစို့။ လေ မော်လီကျူးတွေက ရှောက်ပြေးနေကြမှာ။ ဒါကို velocity vector နဲ့ ပြရင် vector field ခုရမယ်။ ဗက်တာစက်ကွင်းပေါ့။ ဗက်တာ စက်ကွင်းဆိုတာ နေရာတိုင်း မှာရှိတဲ့ မော်လီကျူးတွေရဲ့ အလျင်ဗက်တာတွေကို နေရာအနှံ့ဆွဲထားတာပေါ့။

ဒီအခန်းထဲက ကြိုက်တဲ့နေရာလေးကို စက်လုံးပုံ စိတ်ကူးနဲ့ ဘောင်ခတ်ကြည့်။ စက်လုံးထဲ ဝင်လာတဲ့ လေ ရှိသလို ထွက်သွားတဲ့ လေ လည်းရှိတယ် ။ အသားတင်က သုည ပဲ။ ဒါကြောင့် ဒီစက်လုံး နေရာကို ဒိုင်ဘားဂျန့်ယူရင် သုညပါ။

ဒီအခန်းကိုပဲ အပူပေးလိုက် ။ လေတွေ စွမ်းအင်ပိုများလာမယ်။ ပိုပြေးလာမယ်။ ဗက်တာစက်ကွင်း မှာ ဂဗက်တာတွေ ပိုရှည်လာမယ်။ ကြိုက်တဲ့နေရာမှာစက်လုံးပုံ ထုထည်ထဲကို ကြည့်လိုက်ရင် လေပူတွေ က ဒီထဲဝင်လာတာထက် အပြင်ပိုထွက်ကြမယ်။ ဒိုင်ဗားဂျန့်ယူရင် သုညထက်ကြီးမယ်။ စက်လုံးထဲမှာ

သိပ်သည်းဆနည်းပေမဲ့ သူ့ပါတ်ဝန်းကျင်ကတော့ ပိုများမယ်။ ဒီအခြေအနေမှာ သူက source ပါပဲ။ စိမ့်ပေါက်က ရေထွက်နေသလို သူက ဖြန့်ဖြူးရာ၊ ပြန့်ကားရာရဲ့ ဇဟို ချက်ပင်မ မို့ source လို့ ခေါ်ပါတယ်။

သချ်ာအရတော့ flux density (စီးဆင်းမှုသိပ်သည်းဆ ခေါ်မလား) ကအထဲမှာနည်းပြီး အပြင်မှာ များမယ်။ စီးဆင်းမှုက outward အပြင်ကိုပါ။ ပါတ်ဝန်းကျင်ရဲ့ ပျမ်းမျှ သိပ်သည်းမှုထက် စက်လုံးထဲက velocity vector သိပ်သည်းမှုက ငယ်မယ်။ ဒါက နေရာတိုင်းမှာနော်။ တခန်းလုံး လေထုက ပြန့်ကားလာမှာ။ ပွလာတာပေါ့။ ဒိုင်ဗားဂျန့်ဆိုတာ ပွနှုန်းတိုင်းတာပေါ့။ လျှပ်စစ်သီဝရီမှာတော့ တွန်းကန်နှုန်းပေါ့။

ပြောင်းပြန်ကတော့ အခန်းကို အအေးပေးလိုက်ရင် လေထုက ကျုံ့လာမယ်။ ကြိုက်ရာ region မှာ လေဟာ အပြင်ဝန်းကျင်ထက် သိပ်သည်းဆ များမယ်။ flux က inward အတွင်းဝင်ပြီး ကျစ်လာမယ်။ ကျစ်နှုန်းတိုင်းတာပေါ့။ ဒြပ်ဆွဲသီဝရီမှာတော့ ဆွဲနှုန်းဆွဲအားပေါ့။ လက်ဆေးဘေစဉ်က ရေထွက်ပေါက် လိုပဲ အဲ့ region ထဲကို ကျဆင်းကုန်လို့ sink လို့ ခေါ်ပါတယ်။ တွင်းနက်တွေဟာ ဒြပ်ဆွဲအား ဖြစ်စဉ်ရဲ့ sink တွေပေါ့။

အချိန်-နေရာ ပြင်သား နဲ့ သူ့ပေါ်မှာရှိတဲ့ စကြာဝဠာရဲ့အရာ အားလုံးဟာ ဒိုင်ဗားဂျန့်ယူရင် big bang ဆိုတဲ့ source က ထွက်လာပြီး ၊ black hole ဆိုတဲ့ sink တွေဆီ မြုပ်သွားကြတာပါ။ ကြားထဲက region တခု ဥပမာ solar system နေအဖွဲ့အစည်း region ကို ဒိုင်ဗားဂျင့်ယူရင်လည်း အပေါင်းကိန်း ဆောင်လို့ source ပါပဲ။ ဆိုလိုတာက နေအဖွဲ့အစည်း ဟာ အချိန်ကြာတာနဲ့အမျှ ပွလာမယ် ၊ ကျယ်လာမယ် ပြောတာပါ။

ဒါက ဒိုင်ဗားဂျန့်ကို သုံးပုံပါ။ နောက်ပို့စ်မှာတော့ curl မလာ ခင် အခြေခံဖြစ်တဲ့ မက်ထရစ်တွေဆီ ချီတက်ကြပါစို့။

ပိုင်သွန်

Matrix

ရှေးဦးကျောက်ခေတ်လူသားတွေအတွက် number က အရေးကြီးပါတယ်။ နေသာတဲ့ တနေ့မှာ ဟိုမိုဆေပီယံ ကြီးဟာ အမဲလိုက်ထွက်ရင်း ဂူတဂူထဲကို ဝက်ဝံ ၃ ကောင် ဝင်သွားတာ မြင်လိုက်တယ်။ ပြီးတော့ ၂ ကောင်ပြန်ထွက်လာတယ်။ သူ ဂူထဲကို ဝင်သင့်လား?

Algebra နဲ့ ပြောရရင်တော့ ဂူထဲကို n ဝက်ဝံ ဝင်သွားတယ်။ n-1 ဝက်ဝံ ပြန်ထွက်လာတယ်။ ဆေပီယန်အနေနဲ့ ဒါကို တွက်ဖို့ လက်ချောင်းတွေ ချိုးရမယ်။ မှန်မှန်ကန်ကန် မချိုးနိုင်ခဲ့ရင် ဂူထဲမှာ ဝက်ဝံနဲ့ ဆေပီယန် နဲ့ ညား မယ်။ number ဟာ သူ့ရဲ့ survival အတွက် အရေးကြီးပါတယ်။

ဒါပေမဲ့ ခေတ်သစ်မှာတော့ ဒီလို + - × ÷ လုပ်တဲ့ algebra က number တမျိုးထဲ မဟုတ်ဘဲ ဗက်တာတွေလည်းရှိမှန်း သိလာခဲ့ပါပြီ။ ဒီလို number စနစ်ကို တိုးချဲ့ရာမှာ နောက်တမျိုးက မက်ထရစ်တွေပေါ့။

ဆိုပါစို့ ။ ပန်းသီးနဲ့ လိမ္မော်သီးတွေကို ပုံးတခုထဲ ထည့်ထားမယ်။ စုစုပေါင်း ၂၇ လုံးရှိတယ်လို့ ဆိုင်ရှင်ကပြောတယ်။ လိမော်သီးက ပန်းသီးထက် ၂ဆများတယ်ဆိုရင် ပန်းသီး ဘယ်နှစ်လုံး နဲ့ လိမ္မော်သီး ဘယ်နှစ်လုံး ရှိမလဲ?။

ဒါကိုတွက်ချင်ရင် ညီမျှခြင်းက

$$x+y = 27$$

$$y = 2x$$

လို့ ရေးရင် y က လိမ္မော်သီး ဖြစ်ပြီး x ကပန်းသီးဆိုတာ ပြောစရာလိုမယ်မထင်ဘူး။

ဒီညီမျှခြင်းက ၂ ကြောင်းပါ။ သာမန် algebra နဲ့ ရေးထားပေမဲ့ တကြောင်းတည်း မဟုတ်တဲ့ အပြင် ၂ ကြောင်း က ဆက်စပ်မှုရှိနေတာပါ။ x နဲ့ y ရဲ့ အဖြေဟာ ၂ကြောင်းလုံးကို တပြိုင်တည်း ဖြေရှင်းနိုင်ရပါမယ်။ ဒါကို system of linear equation လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ဒီလို ပြဿနာမျိုးတွေက နေ့စဉ်ဘဝမှာ ထုနဲ့ ဒေးပါ။

ဒီမှာမြင်ရတဲ့ ညီမျှခြင်းတခုစီကို linear equation လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ကိန်းရှင်တွေ ဖြစ်တဲ့ x နဲ့ y မှာ ထပ်ကိန်း တွေမပါပါဘူး။ x^2,x^3 လိုမျိုးပေါ့။ ဒါတွေပါရင် polynomial ဖြစ်သွားပြီး ဖြေရှင်းရပိုခက်လာတယ်။ non-linear လည်းဖြစ်လာတယ်။

<u>အဖြောင့်ညီမျှခြင်းတွေက အဖြေရှိပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ ခုလိုညီမျှခြင်းအတွဲလိုက်ဆိုရင်တော့ ဖြေရှင်းဖို့ ပုံမှန်နည်းနဲ့တော့မရဘူးပေါ့။ ဂဲသြမေထရီအရတော့ linear equation တကြောင်းချင်းစီက မျဉ်းဖြောင့်</u>

တကြောင်းကို ကိုယ်စားပြုပြီး ၂ ခုဆို ၂ ကြောင်းပေါ့။ အဖြေ solution က ဒီမျဉ်းနှစ်ကြောင်း ဖြတ်ရာ point ပါပဲ။

ဒါကို trial and error နည်းနဲ့ စမ်းတဝါးဝါး မတွက်ဘဲ စနစ်တကျ systematically တွက်နည်း မရှိဘူးလား?။ ရှိတာပေါ့။ ထုံးစံအတိုင်း ကျနော်တို့ ရဲ့ ဂေါ့စ် ကြီးပါ။

သူ့နည်း က

x + y = 27 ___ (1)

2x - y = 0 ____ (2)

ဆိုပြီး ညီမျှခြင်းကို symmetry ဖြစ်အောင်ဒီဘက်ပို့တယ်။ ပြီးရင် အပေါ်ညီမျှခြင်း(1)ကို အောက်ညီမျှခြင်း (2) နဲ့ ပေါင်းပေးလိုက်တဲ့ အဖြေ 3x= 27 ရပါတယ် ။ ဒါကို အပေါ် နေရာမှာ ရေးတယ်။

3x + 0 = 27 (အပေါ် + အောက် ၊ ရလာဒ် အပေါ်မှာ ရေး)

2x - y = 0

နောက်တခါ အပေါ် ညီမျှခြင်း(1)ကို 2 နဲ့ မြှောက်ရင်

2x + 2y = 54

ပြီးရင် အောက် ညီမျှခြင်း(2)ထဲက နှုတ် ။ ရလာဒ်ကို အောက်ညီမျှခြင်း နေရာမှာရေး။

3x + 0 = 27

0 + 3y= 54

ဒါက ရှင်းရင်

x + 0 = 9

0 + y = 18

ရပါတယ်။ ဒါကို Gaussian elimination လို့ ခေါ်ပါတယ်။ လိုရင်းက သူက ညီမျှခြင်း တွေကို လိုချင်တဲ့ အဖြေချည်း ကျန်ခဲ့အောင် operation ၃ ခု လုပ်တာပါ။

(၁) ညီမျှခြင်း အပေါ်အောက် ပြောင်းတာ။ ဒါကိုတော့ ဒီဥပမာမှာ မမြင်ရဘူးပေါ့။ ညီမျှခြင်း ၂ ခုထဲ ရှိလို့။ အဓိက က x , y , z စသဖြင့် အစီ အစဉ် တကျ ထားလို့ ရအောင် ပြောင်းတာပါ။

(၂) ညီမျှခြင်းကို ကိန်းတခုခု နဲ့ မြှောက်တာ။ ဒီမှာ 2 နဲ့ မြှောက်တာမျိုး

(၃) ကတော့ ကိန်းတခုခု နဲ့ မြှောက်ထားတဲ့ ညီမျှခြင်းကို နောက် ညီမျှခြင်း နဲ့ သွား ပေါင်း/နှုတ်တာ

ဂေါ့စ်က ဒီ အော်ပရေးရှင်း ၃ ခုကို ပါးပါးနပ်နပ်နဲ့ လုပ်တတ်ရင် ကြိုက်ရာ အတွဲလိုက်ညီမျှခြင်းစနစ်တွေ (system of linear equation) ကို အထက်က ပုံ ပြောင်းပြီ အဖြေ ရှာလို့ ရကြောင်းပြခဲ့ပါတယ်။

operation ၃ ခုကို elementary row operation လို့ ခေါ်ပြီး နောက်ဆုံး ရလာ တဲ့ form

x = 9

y = 18

ကို reduced row echelon form (RREF) လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ဒီပုံစံ ကို အာသာ ကေလေး ဆိုတဲ့ သူက လက်ဆော့ပြီး ကွင်းခတ် လိုက်တဲ့ အခါ

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 9 \\ 18 \end{bmatrix}$$

ဆိုပြီး မက်ထရစ် (matrix) တွေ ရလာပါတယ်။ ဘာလို့ရလဲကတော့ မက်ထရစ်မြှောက်ခြင်းကို သိတဲ့သူတွေ နားလည်မှာပေါ့။ x နဲ့ y ကို ထောင်လိုက်ပီး ကွင်းခတ်လိုက်တာပေါ့။ သူတို့ မြှောက်ဖေါ်ကိန်းတွေကို ဒီတိုင်းထားပြီး ကွင်းခတ်ပေါ့။ ဒီဘက်ခြင်းက အဖြေနှစ်ခုကိုလည်း ကွင်းခတ်ပေါ့။ ဒါက အဖြေပါ။ သူတို့ကို ရစေတဲ့ အပေါ်က ညီမျှခြင်း

x + y = 27

2x - y = 0

ကိုလည်း မက်ထရစ်ပြောင်းလို့ ရပါတယ်။ ဒီလိုပေါ့

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 2 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 27 \\ 0 \end{bmatrix}$$

အိုခေ ။ ပြောချင်တာက မက်ထရစ်ဆိုတာ ညီမျှခြင်းအတွဲ တွေ ကို ဖြေရှင်းရာကနေ ပေါ်လာတာပေါ့။

တရုတ်ပြည်မှာ ဘီစီ ၂ ရာစုလောက်ထဲက ရှိနေပြီ။ ဥရောပမှာတော့ အဦးဆုံးပေါ်တာက လိုက်ဗနစ်နဲ့ အတူ determinant ရှာ နည်းပေါ့။ ဒါပေမဲ့ သူက မက်ထရစ်ရယ်လို့ သိလို့မဟုတ်သေးဘူး။ ဂေါ့စ်ကတော့ ညီမျှခြင်းအတွဲ ရှင်းနည်းပေးခဲ့တယ်။ မက်ထရစ်ဆိုပြီး ခုလို ကွင်းခတ်တာ၊ matrix addition,matrix multiplication နဲ့ တခြား မက်ထရစ်တွေ လိုက်နာရမဲ့ algebra ကို စ ခဲ့တာက အာသာ ကေလေး ပါ။ ဆီဗက်စတာ က မက်ထရစ် ဆိုတဲ့ နာမည်ကို ပေးခဲ့တယ်။ ကီနူးရိဗ်က မက်ထရစ် ဆိုတဲ့ ကားကို ရိုက်ခဲ့ပီး၊ ရွှေပြည်ကြီးက ကျောင်းသားတွေကတော့ " မသိဘူး ပြမယ်" ဆိုတဲ့ တကား ရိုက်တယ်။

ဆက်ပြရရင် အဲ ! ဆက်ပြောရရင် ဒါတွေဘယ်မှာ သုံးလည်းဆိုတော့ နေရာတကာမှာ သုံးတယ်။ 3D ဂိမ်းလုပ်ရင် သုံးတယ် ။ ကွမ်တမ် မက္ကင်းနစ်မှာ သုံးတယ်။ QFT မှာ သုံးတယ်။ ဆိုက်ကော်လော်ဂျီမှာသုံးတယ်။ research လုပ်ရင် သုံးတယ်။ group theory မှာ သုံးတယ်။ အခြေခံ အမှုန်တွေ ရှာရာမှာ သုံးတယ်။ linear system တခုလို့ ပုံဖော်လို့ရတဲ့ ဖြစ်စဉ်တွေ အားလုံးမှာ သုံးတယ်။ လီနီယာ မဖြစ်ခဲ့ရင်တောင်မှ non-linear တွေကို တေလာစီးရီးဖြန့်ပြီး လီနီယာလုပ်သုံးတယ်။

အထက်က x နဲ့ y ပါတဲ့ ကွင်းကို column vector လို့ ခေါ်ပြီး၊ ဒီဘက်ကတော့ မက်ထရစ်ပေါ့။ ညီမျှခြင်း ညာခြမ်းက လည်း ဗက်တာ ပဲ။ ဒါကို အတိုကောက်

$$A\,x = b$$

လို့ ရေးပါတယ်။ A က မက်ထရစ် ။ x က x နဲ့ y ပါတဲ့ ဗက်တာ။ b က 27 နဲ့ 0 ပါတဲ့ ဗက်တာပေါ့။ ဒါကို ဂေါ့စ်နည်းနဲ့ ရှင်းတော့ ရလာတာက

$$I\,x = A^{-1}b = c$$

ပေါ့။ I က Identity matrix ပေါ့ ။ မက်ထရစ်ကို ကျားကွက်လို စဉ်းစားရင် သူ့ရဲ့ diagonal line အတိုင်း 1 တွေကို ထားတာပေါ့။ ဒီလို မက်ထရစ်ကို diagonal matrix လို့ ခေါ်ပါတယ်။ အရမ်း အရေးကြီးတဲ့ မက်ထရစ်ပါ။ Identity matrix က တစ်နဲ့ တူပါတယ်။ တစ်မှာ အရည်အချင်း ၂ ခုရှိတယ်။ တစ်နဲ့ ဘာမြှောက်မြှောက် မြှောက်တာပြန်ရတယ်။ ပြောင်းပြန်ကိန်းနှစ်ခု မြှောက်ရင် တစ်ရတယ်။ ဒီ အရည်အချင်း နှစ်ခုက ညီမျှခြင်းကို အဖြေရှာပေးနိုင်ပါတယ်။ ဥပမာ

$$a\,x = b$$

မှာ x ကို ရှာချင်ရင် a ရဲ့ ပြောင်းပြန်ရှာယုံပါ။ 1/a ပေါ့။ 1/a ကို a နဲ့ မြှောက်ရင် 1 ရတယ်။

$$1/a \times ax = 1/a \times b$$

$$1\times x= b/a$$

တစ်နဲ့ ဘာနဲ့ မြှောက်မြှောက် မြှောက်တာပြန်ရတော့

$$x = b/a$$

အဖြေရပါပြီ။ ဒါက ရိုးရိုးအယ်ဂျီဘရာ။ မက်ထရစ် မှာလည်း အဲ့လို structure မျိုးရှိပါတယ်။ ဒါကို matrix algebra လို့ ခေါ်တယ်။ အထက်က A x = b ကို A ရဲ့ ပြောင်းပြန် A^{-1} နဲ့ မြှောက်ရင် $A^{-1}A = I$ ရမယ်ပေါ့။

မက်ထရစ်ရဲ့ တစ်ပေါ့။

$$A^{-1}A\,x = A^{-1}b$$

$Ix=A^{-1}b$

$x = A^{-1}b$

ဒါက အဖြေပါပဲ။ မက်ထရစ် ညီမျှခြင်းတွေကို အဖြေ လိုချင်ရင် A^{-1}လို inverse matrix လိုပါတယ်။ ဒီမက်ထရစ်ရှိရင် မက်ထရစ်ညီမျှခြင်းမှာ အဖြေ ရှိပါတယ်။ ပြောင်းပြန် မက်ထရစ် မရှိရင် အဖြေမရှိပါဘူး။ ဒါဖြင့် ပြောင်းပြန်မက်ထရစ်ကို ဘယ်လိုရှာမှာလဲ? ။ လွယ်ပါတယ် ။ ပြောင်းပြန်ဖြစ်အောင် ကန့်လန့် လိုက်တိုက်ကွာတော့ မဟုတ်ဘူးပေါ့။ A မှာ A^{-1} ရှိမရှိ နဲ့ ရှိရင် ဘယ်လို ရှာမလဲဆိုတာကို determine (ဆုံးဖြတ်) ပေးတဲ့ ကိန်းကို determinant လို့ ခေါ်ပါတယ်။

သူ့ကို ရှာရပါတယ်။နောက်ပို့စ်မှ ဆက်ရှာကြတာပေါ့လို့ ဆိုရင်း……

ပြောင်းပြန်တွေဟာ အသုံးဝင်ပါတယ်။ ကန့်လန့်ကတော့ သုံးစား မရဘူး။ သိဘို့……☺

⌑ ပိုင်သွန်

Eigenvalue equation

ပြောင်းပြန်မက်ထရစ်ရှိတဲ့အခါ မက်ထရစ် ညီမျှခြင်းမှာ အဖြေရှိလာပါတယ်။ အဲ့ဒီအခါ system of linear equation တွေဟာ ဖြေရှင်းလို့ရလာတယ်။ ဒီတော့ ပြောင်းပြန် မက်ထရစ်ရှိမရှိသိဖို့က အရေးပါလာတာပေါ့။

မက်ထရစ်တွေက အမျိုးစုံရှိပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ ခုဒီမှာပြောမဲ့ မက်ထရစ်အမျိုးအစားက square matrix လို့ခေါ်တဲ့ n×n matrix အမျိုးအစားပါ။ Row အရေအတွက် နဲ့ column အရေအတွက် တူတဲ့ မက်ထရစ်မျိုးပေါ့။

ဒီမက်ထရစ်မျိုးတွေက diagonalize လုပ်ရတာလွယ်တယ်။ အဓိပ္ပါယ်က မက်ထရစ်ရဲ့ ထောင့်တန်းမှာပဲ (ကျားကွက်ရဲ့ စန္ဒာလိုင်းလို) ကိန်းတန်ဖိုးရှိပြီး ကျန်တာ သုညဖြစ်နေတဲ့ မက်ထရစ်ပါ။ ဒီလို မက်ထရစ်တွေက eigen matrix ဖြစ်တဲ့ အခါ diagonal က တန်ဖိုးတွေက eigen value တွေပါပဲ။

အိုင်ဂန်မက်ထရစ်ညီမျှခြင်းဟာ ကွမ်တမ်မက္ကင်းနစ်မှာတော့ ကွမ်တမ်ညီမျှခြင်းတွေကို အဖြေထုတ်ဖို့ အရေးကြီးဆုံး ညီမျှခြင်းတွေပါ။

မေးစရာရှိတာက စကွဲယားမက်ထရစ်တွေဟာ အမြဲတန်း ထောင့်တန်းမက်ထရစ် (diagonal matrix) မဖြစ်နိုင်တော့ ထောင့်တန်းဖြစ်အောင် အများအားဖြင့် လုပ်လို့ ရမရဆိုတဲ့ မေးခွန်းပါ။

အဖြေက ရပါတယ်။ arbitrary square matrix တခုကို ကျနော်တို့က မတူတဲ့ arbitrary square matrix တခု ပြောင်းလို့ ရပါတယ်။ arbitrary ဆိုတာက ကြိုက်ရာပါ။ ခုလို ပြောင်းလို့ရရင် အဲ့ဒီ မက်ထရစ် A နဲ့ B ဟာ equivalence class ပါ။ ဆိုလိုတာက ဒီ မက်ထရစ် ၂ ခု ဟာ တခုတည်းသော object ကို ကိုယ်စားပြုတဲ့ ၊ မတူတဲ့ ရှုထောင့်က represent လုပ်တဲ့ mathematical objects နှစ်ခုပါပဲ။ ဒါက အရင်ပို့စ်တွေက ပြောခဲ့တဲ့ many sided reality ကို မက်ထရစ်တွေရဲ့ ဖမ်းဆုပ်နိုင်မှုပါ။ မက်ထရစ်အမျိုးမျိုးဟာ မတူတဲ့ရှုထောင့် ၊ မတူတဲ့ perspective ကနေတခုထဲသော object , essence , truth , invariable something စသဖြင့်ကို ကိုယ်စားပြုမှုပါ။ အထူးသဖြင့် ကြိုက်ရာမက်ထရစ် A နဲ့ B ဟာ ခု လို ဆက်သွယ်ချက်

$$A=S^{-1}BS$$

ရေးလို့ရရင်ပေါ့။ S^{-1} က S ရဲ့ ပြောင်းပြန် မက်ထရစ်ပေါ့။ S ကို တော့ B ရဲ့ basis vector တွေကို သိရင် တည်ဆောက် ယူလို့ရပါတယ်။ ဒီညီမျှခြင်းကို matrix မှာတော့ similarity transformation လို့ ခေါ်ပါတယ်။ Tensor algebra မှာတော့ တကယ်လို့ Rank 2 tensor တွေဟာ rank(1,1) ဖြစ်ခဲ့ရင် သူတို့ကို မက်ထရစ်နဲ့ ကိုယ်စားပြုတဲ့ အခါ ဒီ similarity transformation equation ဟာ tensor တွရဲ့ transformation law ဖြစ်လာပါတယ်။

အဓိကအချက်ကတော့ သင့်ကို မက်ထရစ် B ပေးထားတဲ့အခါ မက်ထရစ် S ကို တည်ဆောက်ယူနိုင်ပြီး မက်ထရစ် S ရှိတဲ့ အခါ S^{-1}ကို ရပါတယ်။ ဒါဆို သင့်မှာ B နဲ့ ဆင်တဲ့ ၊ တနည်း အားဖြင့် perspective မတူပေမဲ့ တခုတည်းသော object ကို ကိုယ်စားပြုမှုတူတဲ့ မက်ထရစ် A ကို သိရှာလို့ရပါပြီ။ ဒါဆို သင်နဲ့ perspective မတူတဲ့ နောက်တယောက်ကြားမှာ အငြင်းပွားစရာ မရှိတော့ဘူးပေါ့။

ဒါတွေကို လုပ်နိုင်ဖို့ ပြောင်းပြန် မက်ထရစ်ကို ရှာရပါမယ်။

ပြောင်းပြန်မက်ထရစ်ဟာ အတည့် မက်ထရစ်ကို ဒီညီမျှခြင်း

S^{-1}= 1/ det Adj(S)

အားဖြင့် ဆက်စပ်ပါတယ်။ Adj က Adjoint matrix ပေါ့။ ဒါက နဲနဲရှုပ်တဲ့ မက်ထရစ်ဖြစ်လို့ ဒီမှာ မရေးတော့ပါဘူး။ လိုရင်းက သင့်ကို A ပေးထားရင် Adj(A) မက်ထရစ်ကိုရှာဖို့ မခက်ပါဘူး။

ဒီလိုပဲ determinant (det) ကိုလည်း A ပေးထားရင်ရှာလို့ ရပါတယ်။ လိုက်ဗနစ်က system of linear equation တွေ မှာ အဖြေရှိမရှိ ဆုံးဖြတ်ပေးလို့ determinant လို့ အမည်ပေးခဲ့တာပါ။ det ဟာ သုညဖြစ်ရင် 1/det က undefined မို့ S မှာ S^{-1} မရှိပါဘူး။ တကယ်တော့ det က မက်ထရစ်တဲ့ ပိုစောပြီးတွေ့ခဲ့တာပါ။

မက်ထရစ်တွေဟာ A နဲ့ B မတူပေမဲ့ သူတို့ကို similarity transformation အရ ပြောင်းနိုင်ခဲ့ရင် သူတို့တွေဟာ det တူကြပါတယ်။ နောက်တမျိုးတူတာက Trace ပါ။ ဒီတော့ det နဲ့ trace ဟာ မပြောင်းလဲတဲ့ အရာ ရဲ့ အမှတ်လက္ခဏာ လို့ ပြောလို့ ရပါတယ်။

det ကို ဂျဩမေထရီ အရ ကြည့်ရင်တော့ သူက n dimensional parallelepiped ရဲ့ ဧရိယာနဲ့ တူပါတယ်။ ဗက်တာ ကဲကုလပ်ရဲ့ curl operator ဟာ မြှောက်ထားတဲ့ ဗက်တာ နှစ်ခု ရဲ့ ဧရိယာ အဖြစ် မြင်ကြည့်လို့ ရပြီး direction ကတော့ ဗက်တာ နှစ်ခုလုံး နဲ့ orthogonal ဖြစ်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် magnitude က determinant ပါပဲ။ curl operator က 3 dimension မှာပဲ ရှိပေမဲ့ မက်ထရစ်နဲ့ determinant ကတော့ ကြိုက်ရာ ဒိုင်မင်းရှင်းမှာ ရှိပြီး differential form နဲ့ exterior derivative အဖြစ် ဆက်ရှိနေပါတယ်။

ဒီတော့ အထက်က မေးခွန်း " မက်ထရစ်တိုင်းကို diagonal “ ဖြစ်အောင် ပြောင်းလို့ ရသလား " ဆိုတာအတွက် အဖြေ က ရပါတယ်။ မက်ထရစ် B ကို A အဖြစ် ပြောင်းဖို့ S ရှိတိုင်းမှာ diagonal matrix D အဖြစ်ပြောင်းဖို့ မက်ထရစ် S တခုခုတော့ ရှိနေ ပါတယ်။

$D=S^{-1}BS$

ဆိုတဲ့ ညီမျှခြင်းအရပေါ့။ ထူခြားချက်က ဒီလို S မျိုး ဟာ အိုင်ဂန်ဗက်တာ v တွေက တည်ဆောက်ယူလို့ ရတာပါ။ အိုင်ဂန်ဗက်တာ ဆိုတာက ဒီညီမျှခြင်း

$$Bv=\lambda v$$

ဆိုတဲ့ eigenvalue equation ကို လိုက်နာတာမျိုးပါ။

အဓိပ္ပါယ်က ဗက်တာ v ကို မက်ထရစ် B နဲ့ မြှောက် တဲ့အခါ ဗက်တာ λv ကို ရပါတယ်။ v က နဂို ဗက်တာဖြစ်ပြီး λ က real number(scaler) ပါ။ ဒါကြောင့် ရလာတဲ့ ဗက်တာ ဟာ နဂို ဗက်တာ ရဲ့ ဒါရိုက်ရှင်အတိုင်း ဆွဲဆန့်ထားတဲ့ ဗက်တာ မျိုးပါ။

မက်ထရစ်တွေက ဗက်တာတခုကို မြှောက်လိုက်တိုင်း ဗက်တာဟာ ဒါရိုက်ရှင်ကော တန်ဖိုးပါ ပြောင်းကုန်ကြပါတယ်။ အိုင်ဂန်ဗက်တာတွေကတော့ တန်ဖိုးပဲပြောင်းပြီး ဒါရိုက်ရှင်မပြောင်းလို့ ထူးခြားတဲ့ ဗက်တာတွေပေါ့။

အိုင်ဂန် ဗက်တာတွေရဲ့ မက်ထရစ်ကို အိုင်ဂန်မက်ထရစ်လို့ခေါ်ပြီး တကယ်လို့ ဒီမက်ထရစ်ကို diagonal form နဲ့ ရေးခဲ့ရင် သူ့ diagonal မှာရှိတဲ့ တန်ဖိုးတွေက λ_i ပါပဲ။ ဒီမှာ subscript i ထည့်ထားတာက λ က တခုထဲ မဟုတ်လို့ပါ။ i က မက်ထရစ် dimension n အတိုင်း ရှိပါမယ်။

အဲ့ဒီအခါမှာ အိုင်ဂန် ညီမျှခြင်းဟာ

$$D^{u}{}_{i}v_{u}=\lambda_i v$$

ပုံစံဖြစ်သွားပါတယ်။ ဒါက နဲနဲတော့ ရှုပ်ပေမဲ့ လိုရင်းကတော့ λ တွေ ဟာ D ရဲ့ diagonal မှာရှိလို့

သူတို့ကို

$$(D-\lambda I)v =0$$

ဆိုတဲ့ ပုံစံ ရေးလို့ ရပါတယ်။ ဒီမှာ (D-λI) ဟာ မက်ထရစ်ဖြစ်ပြီး ဒီမက်ထရစ် ညီမျှခြင်းမှာ အဖြေရှိဖို့က (D-λI) ရဲ့ det ဟာ သုည ဖြစ်ရပါမယ်။ ဒါမှ ပြောင်းပြန်မက်ထရစ် မရှိ လို့ပါ။ ရှိခဲ့ရင် v=0 ဖြစ်မှာမို့ v က အမြဲတန်း သုည မဖြစ်နိုင်လို့ အဓိပ္ပါယ် မရှိပါဘူး။ ဒါကြောင် det of (D-λI) ကို |D-λI| လို့ ရေးရင်

$$|D-\lambda I|=0$$

ပါ။ ဒီညီမျှခြင်းကိုရှင်းရင် characteristic polynomial equation ကို ရပါတယ်။ ဒီ ပိုလီနိုမီရယ်က နေ λ တခု ခြင်းရဲ့ အဖြေကို ရှာနိုင်ပြီး ဒီ အဖြေကနေ အိုင်ဂန် ဗက်တာကို ပြန် ရှာနိုင်ပါတယ်။

အိုခေ။ ဒါတွေက အတော်တော့ ရှုပ်သလိုပါပဲ ။ အမှန်ကတော့ ဒါက linear algebra ရဲ့ အလှတရားဖြစ်ပြီး ခုပြောတဲ့ညီမျှခြင်းတွေက ကွမ်တမ် မက္ကင်းနစ်ကိုအဖြေ ထုတ်ပေးနေတာပါ။ ဒါက တော့ နောက်ပို့စ်ပေါ့။

ပိုင်သွန်

မက်ထရစ် မက္ကင်းနစ်

၁၉၂၅ ဇွန်လ ၇ ရက် မြောက်ပင်လယ်မှ ကျွန်းတကျွန်းဖြစ်တဲ့ ဟယ်ဂိုလန်ကျွန်းရဲ့ ကျောက်တောင်ထိပ်ဖျားမှာ ဟိုက်ဇင်ဘက်ဟာ စိတ်လှုပ်ရှားခြင်းကြီးစွာနဲ့ နေထွက်ချိန်ကို စောင့်မျှော်နေပါတယ်။

သူရှာနေတဲ့ ညီမျှခြင်းကို ညသံခေါင် ၃ နာရီလောက်မှာ သူရခဲ့တယ်။ စိတ်လှုပ်ရှားလွန်းတော့ သူ အိပ်မရခဲ့ဘူး။ ဒါကြောင့် သူတောင်ထိပ်ကိုတက်ပြီး နေအထွက်ကို မျှော်နေမိတာပေါ့။

"ဟေးဖေဘာ"ကြောင့် ဟိုက်ဇင်ဘာ့ဂ်ဟာ ဒီကျွန်းမှာ ခဏလာ အနားယူနေတာပါ။ ဒီမတိုင်ခင် သူကိုင်တွယ်နေတဲ့ ပြဿနာက ဟိုက်ဒရိုဂျင်အက်တမ်ရဲ့ အစင်းလိုင်းတွေကို သင်္ချာနည်းအရ ရှင်းပြနိုင်မဲ့ ညီမျှခြင်းတခု။ ဒီအချိန်မှာ ရှေးရိုးရူပဗေဒဟာ မလုံလောက်တော့ကြောင်း သိပ္ပံပညာရှင်တွေ သိနေကြပေမဲ့ ကွမ်တမ်ညီမျှခြင်းတော့ မရသေးပါဘူး။ ရှရိုးဒင်းဂါးရဲ့ လှိုင်းညီမျှခြင်းက နောက် ၆ လလောက်မှ တွေ့မှာပါ။ ဟိုက်ဇင်ဘာ့ဂ်က မက်ထရစ်မက္ကင်းနစ်ကို အရင်ဆုံး စတွေ့ခဲ့တာပေါ့။

ဟိုက်ဒရိုဂျင် ရောင်စဉ်လိုင်းတွေက ဟိုက်ဒရိုဂျင်ရဲ့ နျူကလိယပ်ကို အီလက်ထရွန်က ပါတ်နေရင်း စွမ်းအင်လယ်ဗယ် တခုကနေတခု ကူးပြောင်းတဲ့အခါ ဖိုတွန်တွေကို ထုတ်လွှတ်ရာကနေ ဒီအစင်းကြောင်းတွေကို ဖြစ်ပေါ်စေတာပါ။

အပေါ်ပါတ်လမ်းကနေ အောက်ပါတ်လမ်းကို ပြောင်းရင် အီလက်ထရွန်ဟာ စွမ်းအင်နည်းသွားတယ်။ ပိုတဲ့စွမ်းအင်ကို ဖိုတွန်အဖြစ်ထုတ်ပေးလိုက်တယ်။ ဒီလိုပြောင်းတဲ့အခါ ကွမ်တမ်ဖြစ်စဉ်မို့ ပြောင်းစရာ လမ်းပေါင်းအများကြီးပါ။ ဥပမာ ပါတ်လမ်း ၃က နေ ပါတ်လမ်း၁ ပြောင်းမယ်ဆိုရင် ၃ကနေ ၁ သွားလို့ ရသလို ၊ ၃ ကနေ ၂ ၊ ၂ ကနေ ၁ လည်းရပါတယ်။ ဒီလိုပဲ ၃ ကနေ ၅ ၊ ၅ ကနေ ၄ ၊ ၄ ကနေ ၁ လည်း ရတာပါပဲ။ လမ်းကြောင်းတခုခြင်းရဲ့ ဖြစ်တန်စွမ်းတွေ အကုန်ပေါင်းတဲ့ အခါမှ ၃ ကနေ ၁ ကူးနိုင်စွမ်းကို ရပါမယ်။ ဒါကို ဖော်ပြနိုင်တဲ့ သင်္ချာက မက်ထရစ်ပါ။ အရင်ပို့စ်က ပြောခဲ့တဲ့ n×n symmetric matrix ဟာ ခုပြောတဲ့ အချက်ကို ချရေးဖို့ အသင့်တော်ဆုံး သင်္ချာပစ္စည်းပါ။ ဟိုက်ဇင်ဘက်က ဒါကို မက်ထရစ်မှန်း မသိဘဲ ရခဲ့ပါတယ်။

မက်ထရစ်က ဒီအချိန်မှာ ခိုင်မာတဲ့ သင်္ချာတခု အနေနဲ့ ရှိနေပေမဲ့ ရူပဗေဒ မှာတော့ တခါမှ မသုံးခဲ့ဘူးသေးပါဘူး။ ဒါကြောင့် ရူပဗေဒပညာရှင်တွေက နားမလည်ကြပါဘူး။ ဒီအချက်က ဟိုက်ဇင်ဘာ့ဂ်ရဲ့ မက်ထရစ်နည်းက အရင်ပေါ်ပေမဲ့ ရှရိုးဒင်းဂါးရဲ့ ဒစ်ဖရန်ရှယ် ညီမျှခြင်းသုံး လှိုင်းမက္ကင်းနစ်လောက် လူသိမများရခြင်း အကြောင်းရင်းပါ။

ဒါပေမဲ့ နောက်တော့ သိလာရတာက ကွမ်တမ်ရဲ့ အရေးကြီးဆုံးနိယာမ က မသေချာမှုနိယာမပါ။ ဒီ နိယာမကို သင်္ချာအရ အကောင်းဆုံး ဖမ်းဆုပ်တာက non commutating ပါ။ ab-ba $\neq 0$ ဆိုတဲ့ သဘောတရားက သာမာန် အယ်ဂျီဘရာမှာ မရှိပါဘူး။ ဒါပေမဲ့ မက်ထရစ် အယ်ဂျီဘရာမှာတော့ ဒါက defining condition ပါ။ ဒီလို commute မဖြစ်တဲ့ အရာ ၂ခု ကို ဘယ်တော့မှ တပြိုင်နက်တည်း တိုင်းတာ

လို့ မရပါဘူး။ တခုပြီးမှ တခု တိုင်းလို့ရပါမယ်။ ဒီတော့ ကွမ်တမ်ဟာ မက်ထရစ်ကို အသည်းအသန် လိုအပ်နေခဲ့ပါပြီ။ ဟိုက်ဇင်ဘာ့ဂ် ရဲ့ စာတမ်းကိုဖတ်ပြီး ပါစကယ်ဂျော်ဒန် နဲ့ ဟိုက်ဇင်ဘာ့ရဲ့ ဆရာ မက်စ်ဘွန်း တို့ က ဒါဟာ မက်ထရစ်မှန်းသိခဲ့တဲ့ နောက် မက်ထရစ် မက္ကင်းနစ် ဟာ မွေးဖွားလာရတာပါပဲ။

မက်ထရစ်တွေကို ကွမ်တမ်ကတင် လိုအပ်တာ မဟုတ်ပါဘူး။ 3D ဂိမ်းလုပ်မယ်ဆိုရင်၊ ဒေတာ အနားလဇစ် လုပ်မယ်ဆိုရင် ၊ နောက်ဆုံး google လို search engine တွေဟာ မက်ထရစ်ကို သုံးပြီး ရှာဖွေ ပေးနေတာပါ။

ရူပဗေဒ မှာတော့ အဓိက အကျဆုံး အရာက symmetry ပါ။ symmetry ကို group theory နဲ့ ရေးပြီး group theory ကို တွက်ချက်ဖို့ မက်ထရစ်တွေ လိုပါတယ်။ ဒါကို group representation theory လို့ ခေါ်ပါတယ်။

ဒါကြောင့် မက်ထရစ် အယ်ဂျီဘရာ သို့မဟုတ် linear algebra ကို နားမလည်ရင် ၊ မမြင်ဘူးရင် ရူပဗေဒ ကို နားလည်စရာ အကြောင်း မရှိတော့ပါဘူး။ ဒါကို နားမလည်ဘဲ ရူပဗေဒ ကို အားပါး တရ ဖောနေရင် ဂျင်းပါ။ သူက minimum requirement ဖြစ်ပါတယ်။

ဥပမာဆိုရင် အိုင်းစတိုင်းရဲ့ special relativity မှာ အချိန်ဆန့်တာတွေ ၊ အလျားကြုံ့တာတွေ စသဖြင့် အားရပါးရ ပြောကြပေမဲ့ အဓိက က Lorentz transformation နဲ့ Minkowski's space ပါ။ ဒါရဲ့ structure ကို နားလည်မှ ဆန့်တာတွေ ၊ ကြုံ့တာတွေ က ဘာဆိုလိုလည်း သိမှာပါ။ ဒီလို သိဖို့ မက်ထရစ် အယ်ဂျီဘရာရဲ့ structure ကို နားလည်မှ Poincare group လို သင်္ချာသဘောတရားကို သိမှာပါ။ မက်ထရစ်ဟာ ဒီလို စွမ်းအားကြီးပါတယ်။ အနဲဆုံးတော့ ဂျင်း နဲ့ ထည်ကက်ကို ခွဲလို့ ရတာပေါ့ 😆😁 ။

မက်ထရစ် မက္ကင်းနစ် ရဲ့ အခြေခံ အကျ ဆုံး ကွမ်တမ် ညီမျှခြင်းက

$$i\hbar \partial O/\partial t=[O,H]$$

ဖြစ်ပါတယ်။ non commutator bracket OH-HO=[O,H] ကို မြင်ယုံနဲ့ Oနဲ့ H ဟာ မက်ထရစ်မှန်း သိနိုင်ပါတယ်။ ရှရိုဒင်းဂါး ရဲ့ အချိန်ပေါ်မူမတည်တဲ့ လှိုင်းညီမျှခြင်း

$$H\psi=E\psi$$

ဟာ ဆိုရင်လည်း သေချာကြည့်ရင် အရင်ပို့စ်က ပြောခဲ့တဲ့ Eigenvalue equation ဖြစ်ပြီး ဒီမှာ H က မက်ထရစ်၊ ψ က ဗက်တာ နဲ့ E က စကေလာပါ။ ဒီညီမျှခြင်းက အီလက်ထရွန်လို အမှုန်တွေရဲ့ စွမ်းအင် လယ်ဗယ် တွေကို အိုင်ဂန် တန်ဖိုးအနေနဲ့ ပြပေး နေပါတယ်။

ဟိုက်ဇင်ဘာ့ဂ်ဟာ ဟိုက်ဒရိုဂျင် အစင်းလိုင်းတွေရဲ့ စွမ်းအင်လယ်ဗယ်ကို ဟာမီတိုနီယံ မက်ထရစ်ကို diagonalize လုပ်ပြီး ထုတ်ပြနိုင်ခဲ့ပါတယ်။ ဒီလိုနဲ့ မက်ထရစ် ဟာ အခြေခံရူပဗေဒ နဲ့ သဘာဝတရား ရဲ့ အခြေ မှာ နက်နက်ရှိုင်းရှိုင်းနေရာ ယူလာပါတော့တယ်။

တကယ်တော့ ကျနော်တို့ ရဲ့ ကမ္ဘာဟာ မက်ထရစ်ပါလို့ ပြောရင်း……

ပိုင်သွန်

Matrix and Rotation

ဟိုက်ဇင်ဘာ့ဂ်ရဲ့တွေ့ရှိမှုကနေ ဟိုက်ဒရိုဂျင်ရောင်စဉ်တန်းတွေရဲ့အစင်းကို တွက်ချက်နိုင်ပြီးတဲ့နောက်မှာ spectroscopy နည်းပညာဟာ ကျယ်ပြန့်လာပါတယ်။ ဟိုက်ဒရိုဂျင် အက်တမ်သာမကပဲ ဒြပ်စဉ်ဇယားမှာရှိသမျှ အက်တမ်တွေနဲ့ သူတို့က ပေါင်းစပ်ဖြစ်ပေါ်တဲ့ မော်လီကျူးတိုင်းကို လူက အက်တမ်ကို ကိုင်မကြည့်ပဲ နဲ့ သူ့ဆီက ထွက်လာတဲ့ ရောင်စင် pattern ကို ကြည့်ယုံနဲ့ ဘာအက်တမ် ၊ ဘာမော်လီကျူးဆိုတာ သိနိုင်လာပါတယ်။ ဒါက great leap ပါ။ ဒီ spectroscopy ကို အသုံးချပြီး နိုဗဲလ်ဆုရ သွားတဲ့ သူတွေ အများကြီးပါ။

ကျောက်မျက်တွေကို စစ်ဆေး နိုင်လာတယ်။ X-ray diffraction တွေသုံးပြီး B12 လို ၊ DNA လို မော်လီကျူးတွေရဲ့ inner structure ကိုကြည့်နိုင်လာတယ်။ အနောက်တိုင်း ဆေးပညာမှာ ရှိတဲ့ concept တွေက လေထဲက idea တွေ တခုမှ မပါပါဘူး။ ခုပြောတဲ့ ကွမ်တမ် မက္ကင်းနစ် နဲ့ မက်ထရစ် မက္ကင်းနစ် ရဲ့ အကျိုးဆက်ကြောင့် ဖြစ်တည်လာတဲ့ ကိရိယာတွေ သုံးပြီးမှ biomolecule တွရဲ့ interaction ကို လေ့လာမှုရဲ့ အကျိုးဆက်ပါ။ biochemistry တခုလုံးရဲ့ foundation က ဒီ အပေါ်မှာ မူတည်ပါတယ်။

စက်မှုလုပ်ငန်းမှာ အသုံးချ မှုကလည်းနေရာအနှံ့ပြားပါ။ အရာရာက မော်လီကျူးနဲ့ လုပ်ထားတာမို့ ဒီပရင်စီပါယ်က မပါရင် မဖြစ်ပါဘူး။ SaO_2 လေး တိုင်းမယ်။ သွေးထဲမှာပါတဲ့ haemoglobin concentration ကို သွေးမဖေါက်ပဲသိချင်တယ်။ ဒီကရိယာတွေ ပါလာမှာပါပဲ။ သွေးဖေါက်ပြီး သိချင်လည်း အဲ့စက်မှာ ဒါပါတာပါပဲ။

ဒါ့ထက် ပိုအရေးကြီးတာက ဟိုးအဝေးက ကြယ်တွေနဲ့ ဂြိုဟ်တွေကို ဘာမော်လီကျူးနဲ့ လုပ်ထားလဲ သိချင်တဲ့အခါ ဒီ spectroscopy ပါပဲ။ ကွမ်တမ်ဟာ ဒီလို အင်အားကြီးပါတယ်။ ကွမ်တမ်ကြောင့် လူသားဟာ အသေးဆုံးကော ၊ အကြီးဆုံးပါ၊ အဝေးဆုံးကော ၊ အနီးဆုံးပါ၊ နေ့စဉ်ဘဝ ပါမကျန် ပြေးကြည့်စရာမလိုပဲ တွက်ကြည့်ယုံနဲ့ သိနိုင်တယ်။ အသုံးချနိုင်တယ်။ အမှန်တော့ ပြေးကြည့်လည်း မသိနိုင်ဘူး။ သဘာဝကို သိဖို့ တခုထဲသောနည်းက ခုပြောတဲ့ နည်းတခုပဲ ရှိပါတယ်။

တိုက်ပေါ်မှာနေတဲ့ လူလိုပေါ့။ တိုက်အောက်မှာ ဖေါင်ဒေးရှင်းရှိတယ်ဆိုတာ သိစရာမလိုပါဘူး။ တယောက်ယောက်ကတော့ ဆောက်ပေးထားရမယ်။ မရှိခဲ့လို့ကတော့ အိမ်ပြိုနေမှာပါ။ ဒီလိုပါပဲ သာမန်လူတွေအဖို့တော့ ဒါတွေမသိလည်းရပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ မရှိရင်တော့ ကျနော်တို့ဘဝတွေဟာ ခုလိုနေနေရမှာ တော့ မဟုတ်ပါဘူး။ ဒါပေမဲ့ ကြာလာတဲ့အခါ၊ အများစုက ရှိမှန်းတောင် မသိတာ ကြာလာတော့ ဘာအမှန်လည်း ဘာက ဂျင်းလည်းတောင် မသိနိုင်တော့ပါဘူး။ ဒီလိုနဲ့ တတ်ယောင်ကားတွေ များလာတယ်။ ဘယ်မှာရင်းနီးမြှုပ်နှံရမလဲ ၊ ဘာက အဓိကလည်း ၊ ဘာက သာမည လည်း နားမလည်ကြတော့ပါဘူး။ ဒီမိုကရေစီစနစ်မျိုးမှာ အများမဲနဲ့ political decision တခုကို ဆုံးဖြတ်ရာမှာ အများက သိပ္ပံကို အသက်မွေးမှုမပြုလည်း နားလည်နေဖို့တော့ လိုပါတယ်။

ဒါတွေကို ရေဆုံးရေဖျား အစက ပြန်လိုက်ရင် ခုပြောခဲ့တဲ့ မက်ထရစ်တို့ ၊ ဗက်တာတို့ ၊ transformation တို့ ၊ symmetry တို့ ၊ algebra တို့ ဟာ အုတ်မြစ်တွေမှန်း သိလာပါလိမ့်မယ်။

ဟိုမိုဆေပီယန်ကြီးအတွက် လက်တွေချိုးမှ survive ဖြစ်သလို ၊ ခေတ်လူအတွက် အရေးပါဆုံး အရာတွေက ဒါတွေပါပဲ။ တိတိကျကျ မသိတောင် ၊ ဝါးတားတားလေးရှိမှန်း သိဖို့လိုပါတယ်။

မသိတဲ့လူကို မတတ်တဲ့လူက ဆရာလုပ်နေတဲ့ခေတ်မှာ၊ နေရာမှာ အမှားအမှန် ဆုံးဖြတ်ရတာ ခက်ပေမဲ့ ဒါတွေက logical thinking ကို အထောက်အကူပြုမှာပါ။ စောင်ဆရာကြီးတွေကို ရှောင်နိုင်မှာပါ။ ဘယ်မှာ invest လုပ်ရမလည်း ညွှန်ပြမှာပါ။ ဘယ်သူကတော့ ဝါးတားတား အုပ်ချုပ်နေလည်း ၊ ဘယ်သူက အမှန်အကန်လည်း သိနိုင်မှာပါ။

ဒီတော့ ဟိုက်ဇင်ဘာ့ရဲ့ မက်ထရစ်တွေ အကြောင်း ပြန်ဆက်ရရင် သူက Hermitian matrix တွေပါ။ ဒီ မက်ထရစ် အမျိုးအစားက complex number တွကို သူ့ရဲ့ element အနေနဲ့ ယူထားတာပါ။ တကယ်လို့ matrix ရဲ့ entry ဟာ real number ဖြစ်ခဲ့ရင် Hermitian (ဟာမိုက်ရှန် လို့ ဖတ်ပါ) matrix ဟာ rotation matrix တွေ နဲ့ သဘောချင်းဆင်ပါတယ်။

Rotation matrix ဆိုတာကတော့ လှည့်ချင်းပါ။ ပန်ကာ လည်တာဖြစ်ဖြစ် ၊ လှည်းဘီး လည်တာ ဖြစ်ဖြစ်၊ နဂါးနိုင်ခါးထဲက ကျင့်ကောကော လေထဲလှည့်ပြီး ကန်တာဖြစ်ဖြစ် ၊ အီလက်ထရွန်တွေရဲ့ spin ဖြစ်ဖြစ် ဒီ Rotation matrix တွေ လိုပါတယ်။

နောက်ဆုံး အိုင်းစတိုင်းရဲ့ special relativity ကို အနှစ်ချုပ်ရရင်လည်း ဒါက reference frame လည်နေတာနဲ့ အတူတူပါ။ space မှာ လည်နေတာနဲ့ space - time မှာလည်တာ ပဲကွာပါတယ်။ တကယ်တော့ အချိန်တွေ ဆန့်ပြီး ၊ အလျားတွေကျုံ့ သွားတယ်ဆိုတာက တကယ်တော့ အချိန်က နေရာထဲ၊ နေရာက အချိန်ထဲကို လည်နေခြင်းပါပဲ။ ဒါကို Lorentz transformationလို့ ခေါ်ပါတယ်။

ရှုပ်သွားမယ်ဆိုတာ သိပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ constant velocity relative to another reference frame ဆိုတဲ့ စကားကို မြင်ဖူးတဲ့သူတွေအတွက်တော့ အဲ့ဒီ အဆိုကို geometry အရ ချရေးရင် အချိန်-နေရာ မှာလည်နေတာပါ။ သူ့ ရဲ့ function က hyperbolic ဖြစ်ပြီး ကျနော်တို့ အရင်ပို့စ်က ပြောခဲ့ တဲ့ e^x ပါပဲ။ ဒီတော့ လည်ခြင်းဟာ theoretical physics မှာ နေရာတကာပါပဲ။ ဆိုလိုတာက သဘာဝ ဟာ လည်ခြင်းကို crazy ဖြစ်တာပါပဲ။ ဒါကြောင့် လည်တဲ့လူတွေ ကြီးပွားနေလားတော့ မသိဘူးပေါ့ ♂ ။

လည်ခြင်း အကြောင်းပြောရင် နှစ်ခု ရှိပါတယ်။

တခုက အလည်ခံရမဲ့ အရာဖြစ်ပြီး

နောက်တခုက လည်မှုကို ဖြစ်စေတဲ့ လည်ခြင်း ကိုယ်တိုင်ပါပဲ။

အလည်ခံရမဲ့အရာ (လည်တဲ့ အရာ) ကို vector space နဲ့ ကိုယ်စားပြုပြီးလည်ခြင်းကို matrix နဲ့ ကိုယ်စားပြုပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ matrix ကိုယ်၌ကလည်း vector space တမျိုးပါပဲ။ နောက်တခုက ဒီ လည်ခြင်းဖြစ်စေတဲ့ matrix အားလုံးပါတဲ့ အစုကို group လို့လည်းခေါ်ပါတယ်။ ဘာလို့ဆိုတော့ မတူညီတဲ့ လည်မှု ၂ မျိုးပေါင်းရလာဒ်ကလည်း လည်ခြင်းမို့ပါပဲ။ ဒီမှာ ကျနော် မကြာခဏ ပြောတဲ့ symmetry တို့ transformation တို့ ဆိုတာတွေကို group ကကိုယ်စားပြု ပြီး ၊ ဒီ group ကို matrix က ကိုယ်စားပြု (represents)ပါတယ်။ ဒါကြောင့် ဒီ စကား လေးခု လုံးက တခုထဲ ကို ရည်ညွှန်းတာပါ။

အိုခေ။ ခုပြောတာတွေကို လူတွေက ဘယ်လိုများ သိလာ လည်းဆိုရင် ကျနော်တို့က ဘောဘီလုံ တွေဆီကို ပြန်သွား ရမှာပါ။ ပို့စ်တွေကတော့ ရှည်ဦးမှာပေါ့။ အိမ်တွင်းအောင်းတွေ အတွက်တော့ အကိုက်ပါပဲ လို့ဆိုရင်း ......

ပိုင်သွန်

Quadratic equation

မြန်မာတွေက ပင်ကိုယ်ဉာဏ်ကောင်းကြပြီးသားပါ။ နိုင်ငံရဲ့ကံဆိုးမိုးမှောင်ကျမှုတွေထဲမှာတောင် ရှန်းကန် ရှင်သန်နိုင်သူတွေရှိကြပါတယ်။ လူတော်တွေ တကယ်ကို ရှိပါတယ်။ အရင်ပို့စ်မှာ ကျနော် ရေးခဲ့တာက ပိုထက်မြတ်တဲ့ မျိုးဆက်သစ်တွေပေါ်လာစေချင်တဲ့ motivation ပါ။ ဒါပေမဲ့ ဒါကလည်း စနစ်နဲ့ဆိုင်တဲ့အခါ အားတော့ လျော့မိတာပေါ့။

ဘေဘီလိုနီယန်တွေ လွန်ခဲ့တဲ့နှစ်ပေါင်း ၄၀၀၀ လောက်က ဘယ်လို စိတ်မျိုး ၊ စနစ်မျိုးနဲ့ quadratic formula ကို တွေ့ခဲ့ကြတာလည်း။ ဘေဘီလိုနီယန်တွေဆီမှာ algebra သင်္ကေတတွေ မရှိသေးပါဘူး။ သူတို့က ပြဿနာကို ဖြေရှင်းဖို့ စာအားဖြင့်သာ အားထုတ်ခဲ့ကြပါတယ်။ ဒါကို နားလည် လွယ်အောင် ခုခေတ် သင်္ကေတ နဲ့ ပြန်ရေးရင်

$$ax^2 + bx + c = 0$$

ဆိုတဲ့ ညီမျှခြင်းမျိုးပါ။ ဒီညီမျှခြင်းကို a နဲ့ စားတဲ့ အခါ

$$x^2 + px + q = 0$$

ရပါတယ်။ ဒီအဆင့်က ညီမျှခြင်းကို ပိုလွယ်အောင် x^2 ရှေ့က coefficient ကို တစ်ဖြစ်အောင် ပြောင်းပြီး $b/a=p$, $c/a = q$ လုပ် လိုက်တဲ့ သဘောပါ။ အဖြေရပြီးရင် a,b,c ကို သိချင်ချင်တဲ့ အခါ p,q ကနေ ပြန်ရှာလို့ ရပါတယ်။ ဒီနည်းက နောက်ပိုင်း cubic, quartic နဲ့ quintic ညီမျှခြင်းတွေ မှာ လည်း ဒီတိုင်းပါပဲ။ x ပေါ်မှာ ရှိတဲ့ ပါဝါ ဟာ 2 ဆို quadratic, 3 ဆို cubic နဲ့ 4 ဆို quartic ၊ 5 ဆို quintic စသဖြင့် နာမည်ပေးထားပါတယ်။

ဒီညီမျှခြင်းမှာ $(p/2)^2$ ကို နှစ်ဘက်လုံးမှာ ပေါင်းပေးတဲ့ အခါ

$$(x+p/2)^2+q=(p/2)^2$$

ရပါတယ်။ ခုလိုလုပ်တာကို completion of square လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ဒီက နေ ကျနော်တို့ အထက်တန်းမှာ သင်ရတဲ့ general solution ကို ရတာပါ။

$$x=-p/2 \pm \sqrt{(p/2)^2 -q}$$

ဂျီဩမေထရီနည်းက ပိုလှပေမဲ့ ဒီမှာတော့ မရေးတော့ပါဘူး။ ဒီညီမျှခြင်းကို ယေဘူယျ အဖြေလို့ ခေါ်တာက a,b,c မြှောက်ဖော်ကိန်းတွေ ပေးထားရင် ကြိုက်ရာ a,b,c အတွက် x ကို ရှာနိုင်လို့ပါ။ ဒီညီမျှခြင်းကို သေချာကြည့်တဲ့အခါ ပါဝင်ပစ္စည်းတွေက အပေါင်း၊ အနှုတ် ၊ အမြှောက် ၊ အစား နဲ့ စကွဲရ (square root) ပါ။

အပေါင်း အနှုတ် အမြှောက် အစား က binary operations တွေ ဖြစ်ပေမဲ့ square root ကတော့ unary operation ဖြစ်ပြီး သူ့ကို algebraic field တခု အနေနဲ့ လည်း မြင်ကြည့် လို ရတာပါ။ ဒါက ပါဝါ အမြင့်တွေကို ရှာတဲ့အခါမှာတော့ အရေးကြီးတဲ့အချက် ဖြစ်လာပါတယ်။

ဒီနေရာ မှာ သင်္ချာမှာသုံးတဲ့ field က ရူပဗေဒ မှာ သုံးတဲ့ field နဲ့ မတူပါဘူး။ field ဆိုတာက operation နှစ်ခု ဥပမာ +, × ပါဝင်ပြီး + အောက်မှာ group structure ရှိပြီး × အောက်မှာ 0 မပါ group ဖြစ်တဲ့ × နဲ့ + က distributive properties ရှိတဲ့ သင်္ချာပစ္စည်းကို field လို့ခေါ်ပါတယ်။(0 မပါဆိုတာ 0 နဲ့ စားမရတာပဲပြောတာပါ။ 0 နဲ့မြှောက်လို့ရပါတယ်)

ဒါက ရှုပ်တယ် ။ ရှင်းရှင်းပြောရရင်တော့ ကျနော်တို့သိတဲ့ real number က field ပါပဲ။ Rational number ကလည်း field ပါပဲ။ field ဆိုတဲ့ concept ဂါးလွ နောက်ပိုင်းမှ ဂါးလွ စခဲ့လို့ ပေါ်လာတဲ့ abstract algebra ပါ။

ဒါကို ဖြစ်ပေါ်လာစေတဲ့ ဂါးလွ ရဲ့ အမြင် စူးရှကမှုက တခြား မဟုတ်ပါဘူး။ ခု quadratic formula မှာ + − × ÷ √ စသဖြင့် operation ၅ ခု ပါပေမဲ့ +−×÷ နဲ့ √ က မတူဘူးလို့ မြင် တွေ့ခဲ့ခြင်းပါ။

ဒါကို ဆက်မပြောခင် လူ့သမိုင်းမှာ နောက်တဆင့်မြင့်တဲ့ ညီမျှခြင်း ဖြစ်တဲ့ cubic နဲ့ quartic တွေကို ဘယ်လို ရှာ ခဲ့ လည်း ကို သွားကြရအောင်ပါ။

ပိုင်သွန်

Cubic equation

* ပေါင်မုန့်တယုက် ၊ ဝိုင်တခွက်နှင့်

* သံသာတေးသီ ၊ မဒီကိုယ့်ဘေး

* ကဗျာတေးကြောင့်၊ မြိုင်ကြီးရဂုံ

* ကောင်းကင်ဘုံသို့

ဒါကတော့ အိုမာခေယမ်ရဲ့ကမ္ဘာကျော် အလင်္ကာပေါ့။ ခေယမ်ဟာကဗျာတင် လက်စောင်းထက်တာ မဟုတ်ပါဘူး။ သူက ပထမဆုံး cubic polynomial တွေကို ဂျဲသြမေထရီနည်းနဲ့ အဖြေရှာနိုင်ခဲ့သူပါ။ Quadratic polynomial တွေရဲ့နောက်မှာ ထပ်ပြီးအဖြေရှာစရာဆိုလို့ ပိုမြင့်တဲ့ ထပ်ကိန်းတွေပဲ ရှိပါတော့တယ်။ ဒီမှာ ပထမဆုံးကတော့ သုံးထပ်ကိန်း cubic polynomial ပဲဖြစ်ပါတယ်။

$$ax^3+bx^2+cx+d=0$$

ဆိုတဲ့ ပုံစံမျိုးပေါ့။ ဒီလိုညီမျှခြင်းမှာ ထုံးစံအတိုင်း a,b,c,d က ကြိုက်ရာ အပေါင်း/ အနှုတ်/ သုည ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့တခု သတိပြုရမှာက ဒီခေတ်တွေမှာ အနှုတ်ကိန်းတို့ ၊ irrational number တို့က သိပ်မခိုင်မာသေးပါဘူး။ ဒါကြောင့်ဒီမှာ သူတို့ဟာ integer ဒါမှမဟုတ် rational number (အပိုင်းကိန်း) တွေကို စဉ်းစားနေတာပါ။

အိုမာခေယမ်ဆိုရင် အနှုတ်ကို မစဉ်းစားခဲ့ပါဘူး။ သူက ဂရိခေတ်ထဲကပေါ်တဲ့ conic section တွေကို သုံးပြီး အဖြေရှာတာဖြစ်တာကြောင့်ပါ။ Algebra method မဟုတ် တာကြောင့် general solution ဆိုတဲ့ သဘောတရား မရှိသေးဘူးပေါ့။

ယေဘူယျအဖြေဆိုတဲ့ သဘောတရားက အရေးကြီးပါတယ်။ quadratic polynomial မှာ ယေဘူယျအဖြေရှိတာကြောင့် ဘယ်ညီမျှခြင်းလာလာ အဖြေကရှိပြီ ဖြစ်သလို အဖြေရှာနည်းလည်း ရှိနေပြီပေါ့ ။ ဒါကြောင့် quadratic တွေက စိတ်ဝင်စားစရာ မကောင်းတော့ဘူးပေါ့။

ဥရောပရဲ့ အမှောင်ခေတ်ကုန်ဆုံးချိန်က အာရပ်ကမ္ဘာကနေ သင်္ချာပညာဟာ ဗင်းနစ်တို့ ၊ အီတလီတို့ကို ရောက်တဲ့အချိန်မှာ စပါတယ်။ Dark age ခေါ်တဲ့ အမှောင်ခေတ်မှာ ဥရောပဟာ တခြား စစ်မတ်ရေးရာလို အတတ်ပညာမှာထွန်းကားပေမဲ့ ၊ logical thinking နဲ့ သင်္ချာဟာ ပျောက်ဆုံးနေပါတယ်။ အဲ့ဒီနောက်မှာ သိပ္ပံနည်းဆိုတာလည်း မပေါ်သေးဘူးပေါ့။

အီတလီမှာ သင်္ချာပညာရောက်လာတော့ ဒီတုန်းက သင်္ချာပညာရှင်တွေက အသက်မွေးမှုအတွက် လူရှေ့သူရှေ့ ပရိတ်သတ်ရှေ့မှာ သင်္ချာစွမ်းရည်ပြပြီး duel ဆွဲရတယ်။ တယောက် သင်္ချာ ၁၅ ပုဒ်စီ အပြန်အလှန်မေး ၊ အပြန်အလှန်ရှင်းပေါ့။ သိုင်းပြိုင်ပွဲလိုပဲ ။ နိုင်တဲ့သူ လောင်းကြေး အကုန်ယူပဲ။

ဒီတုန်းက နာမည်ကျော် သင်္ချာလောကရဲ့ စိန်ခေါ်သံက တာတာဂလီယာ နဲ့ အန်တိုနီယို ဖီယာတို့ပါပဲ။ ဖီယာက သူ့ဆရာဆီကနေ cubic equation ရှင်းနည်း ရထားတယ်။ ဒါပေမဲ့ သူက bright သိပ်ဖြစ်တဲ့သူတော့ မဟုတ်ဘူး။ သူ့ဆရာဆုံးတော့ တာတာဂလီယာက တက်သစ်စ မောင်ကြမ်း ဖြစ်နေပြီ။

အန်တိုနီယို ဖီယာက သူ့ဆရာရဲ့ cubic သိုင်းဟာ ပြိုင်ဘက်ကင်းမှန်းသိတယ် ။ ဒီတော့ တာတာဂလီယာကို စိန်ခေါ်တာပေါ့ ။

တာတာဂလီယာက နပ်တယ်။ ဖီယာ အရည်အချင်းနဲ့တော့ သူ့ကို စိန်ခေါ်ရဲမှာ မဟုတ်ဘူး။ သူ့မှာ cubic သိုင်းရှိနေပြီ။ နိုင်ချင်ရင် သူလည်း ဒီအကွက်တော့ တတ်မှရမယ်ဆိုပြီး သူ့ဘာသာ စဉ်းစားတာ ပြိုင်ပွဲ မတိုင်ခင်လေးတွေ ရပါလေရော။ ပြိုင်ကြတော့ ဖီယာ ခွက်ခွက်လန် ရှုံးရော။ တပုဒ်မှ မရှင်းနိုင်ဘူး။

ဒီသတင်းက အနောက်အရပ်က ကာဒါနိုဆီ ရောက်သွားတယ်။ သူက နာမည်ကျော် သင်္ချာကျမ်း ဖြစ်တဲ့ အာ့မာဂ်နာကို ရေးဖို့ပြင်တာပြီးလုပြီ။ နောက်ဆုံးတကွက် ပေါ်နေပြီဆိုတော့ ထည့်ချင် လို့ တာတာဂလီယာဆီ သွားနှိုက်တယ်။ ဟိုက ဘယ့်သူမှ မပြောရဘူးဆိုတဲ့ ဂတိနဲ့ ပေးလိုက်တယ်တဲ့။

ပြီးတော့ ကာဒါနိုက ဒါကို သူ့ကျမ်းထဲမှာ ထည့်ပြီး ပုံနှိပ်လိုက်ပါတယ်။ ပုံက ညီမျှခြင်းပေါ့။ မြင်တဲ့အတိုင်း ညီမျှခြင်းမှာ $\sqrt[3]{}$ နဲ့ $\sqrt{}$ ပါတယ်။ ညီမျှခြင်းက + နဲ့ – ကလွဲရင် pattern တူတဲ့ ကိန်းတန်း၂ ခုကို ပေါင်းထားတာပါ။ ဒီလို ညီမျှခြင်းတွေက ကျက်စရာ မလိုဘူး။ Quartic solution ဆို ပိုရှုပ်သေးတယ်။ အလွတ်မကျက်ရဘူး။ pattern တွေ ကြည့်ရတယ်။ ပါရမီ ရှင်တွေက ပါတ်တန် ကြည့်ဖြေရှင်းကြတာပါ။

Cubic ညီမျှခြင်း ဘယ်လိုရှင်းလည်းဆိုတာက အကြမ်းဖျဉ်းပြောရရင် cubic ကို ဒဲ့ရှင်းရတာ ခက်လို့ အရင်ဆုံးရှင်းလို့လွယ်မယ့် ညီမျှခြင်းပြောင်းတာပေါ့။ ဒီမှာလွယ်မယ့် ညီမျှခြင်းဆိုတာက ရှင်းနည်းသိတဲ့ ညီမျှခြင်းကိုခေါ်တာပါ။ အဲ့ဒါက quadratic ညီမျှခြင်း ပါပဲ။ quadratic ကို အဖြေ ရှာရတော့မှာ cube root ကို ထပ်ရှာလို့ ပုံမှာ cube root အောက်မှာ square root လေးတွေ ပါနေတာပါ။ ဒါက အကြမ်းဖျဉ်း။ စိတ်ဝင်စားတဲ့သူ အတွက် သင်္ချာလေးထည့်ရင် cubic binomial formula လေးလိုမယ်။

$$(u+v)^3=u^3+3uv(u+v)+v^3$$

ဒီဖော်မြူလာက coefficient တွေကို pascal triangle ကနေ ရပါတယ်။ ဘယ်လို ရမှန်းသိချင် ဖြန့်မြှောက်ကြည့်လိုက်ပါ။ ဒါကို ဒီလို ရေးလို့ရတယ်။

$$(u+v)^3=3uv(u+v)+(u^3+v^3)$$

ဘာလို့ ဒီလိုရေးရတာလဲက အကြောင်းရှိပါတယ်။ သူက cubic equation ပုံစံမို့ပါ။ အောက်မှာပြန်သုံးပါမယ်။ နောက်တခုက quadratic formula

$$x^2+px+q=0$$

မှာ အဖြေ ၂ခု ရှိပါတယ်။ သူ့ဖော်မြူလာမှာ ± ပါတာ သတိထားမိလိမ့်မယ်။ အဲ့ဒါ အဖြေ ၂ခုပါပဲ။ အဲ့အဖြေ ၂ ခုကို x_1,x_2 ထားလိုက်ရင် သူတို့ရဲ့ ထူးခြားချက်က x_1,x_2 နဲ့ မြှောက်ဖော်ကိန်း p,q ဟာ ဒီလို ဆက်စပ်ပါတယ်။

$$(x-x_1)(x-x_2)=0$$

$$x^2-(x_1+x_2)x+x_1x_2=0$$

so $p= -(x_1+x_2)$, $q=x_1x_2$

ဒါက မြှောက်ဖော်ကိန်းတွေဟာ ပရမ်းပတာမဟုတ်ပဲ အဖြေ ၂ ခု ရဲ့ ပေါင်းခြင်း မြှောက်ခြင်းတွေနဲ့ ဆက်စပ်နေမှုပါ။ ဒီအချက်က ဂ ါ းလွသီအိုရီနဲ့ လာဂရန့် resolvent equation ထိ အရေးပါလို့ ဒီလိုမျိုး polynomial ရဲ့ အဖြေ နဲ့ ပေါင်းထား ၊ မြှောက်ထားတဲ့ ညီမျှခြင်း

$$(x_1+x_2) , x_1x_2$$

တွေကို elementary symmetric polynomial လို့ ခေါ်ပါတယ် ။ ဂါးလွ သီအိုရီ ကို နားလည်ချင်ရင်တော့ ဒီ term လေးကို မှတ်ထားပေးပါ။ သူက cubic, quartic, quintic , sextic ကနေ n polynomial ထိ အကုန် ရှိတယ်။ ဥပမာ cubic အတွက်ဆို

$$x_1+x_2+x_3 , x_1x_2+x_1x_3+x_2x_3 , x_1x_2x_3$$

လိုမျိုးဟာပါ။ သေချာကြည့်ရင် pattern လေးတွေတွေ့ရပါမယ်။ Elementary symmetric polynomial တွေရဲ့ လိုရင်းက တကယ်လို့သာ ကျနော်တို့ကို

$$(x_1+x_2) , x_1x_2$$

ပေးထားရင် ပြောင်းပြန် အားဖြင့်

$$x^2-(x_1+x_2)x+x_1x_2=0$$

ဆိုတဲ့ quadratic equation ကိုရေးချနိုင်ပါတယ်။ ဒါဆို ဒီညီမျှခြင်းက အဖြေရှာနည်း သိပါတယ်။ ဒီအချက်ကိုလည်း အောက်မှာသုံးမှာပါ။ အထက်က

$$(u+v)^3=3uv(u+v)+(u^3+v^3)$$

ညီမျှခြင်းမှာ တကယ်လို့သာ

$$3uv=-p$$

$(u^3+v^3)=-q$

ထားလိုက်ရင် ညီမျှခြင်းက

$(u+v)^3+p(u+v)+q=0$

ဆိုတဲ့ ပုံစံမျိုး ဖြစ်သွားပါမယ်။ $(u+v)= x$ လို့ ထားရင် ဒီညီမျှခြင်းက

$x^3+px+q=0$

ပုံစံဆိုတော့ ဒါက cubic equation ဖြစ်ပါတယ်။ ဆိုလိုတာက ဒီညီမျှခြင်းက cubic ညီမျှခြင်း ဖြစ်သလို သူ့ရဲ့ coefficient p နဲ့ q ကလည်း quadratic equation ကအတိုင်း elementary symmetric polynomial ဖြစ်တဲ့

$u^3v^3=(-p/3)^3$

$(u^3+v^3)=-q$

အနေနဲ့ ရှိနေတာပါ။ ဒါဆိုရင် u^3 နဲ့ v^3 ကိုသာ ကျနော်တို့က x_1, x_2 လို့ယူဆ လိုက်ရင်

$(u^3)^2+q(u^3)-(p/3)^3=0$

$(v^3)^2+q(v^3)-(p/3)^3=0$

ဆိုပြီးရေးနိုင်ပါတယ်။ ဒါက quadratic equation

$x^2+qx-(p/3)^3=0$

ပုံစံပါ။ ဒါကို အဖြေဘယ်လို ရှာရမလဲ ကျနော်တို့သိပါတယ်။ ဒီညီမျှခြင်းကို resolvent equation လို့ခေါ်ပါတယ်။ လာဂရန့် ရှာတွေ့တာပေါ့။ ဒါကိုရှင်းရင်

$u^3 ,v^3 =-q/2 \pm \sqrt{(q/2)^2 +(p/3)^3}$

ရပါတယ်။ ဒါက quadratic general solution ကိုသုံးလိုက်တာ။ ဒါဆို u နဲ့ v လိုချင်ရင် cube root ယူယုံပါပဲ။

$u=\sqrt[3]{-q/2 + \sqrt{(q/2)^2+(p/3)^3}}$

$v=\sqrt[3]{-q/2 - \sqrt{(q/2)^2+(p/3)^3}}$

Cubic equation $x^3+px+q=0$ က တကယ်တော့ cubic binomial

$(u+v)^3+p(u+v)+q=0$ မှ အဖြေ $x =u+v$ ကို

$x=u+v= [\sqrt[3]{-q/2 + \sqrt{(q/2)^2+(p/3)^3}}] + [\sqrt[3]{-q/2 - \sqrt{(q/2)^2+(p/3)^3}}]$

ဒီလို ရပါတယ်။ နဲနဲတော့ရှုပ်ပါတယ်။ သို့သော် လိုရင်းက cubic ကို အဖြေရှာလို့ရမဲ့ quadratic ပုံစံပြောင်း အဖြေရှာတာပါပဲ။

အဖြေက ပထမ အဆင့်မှာ √ ပါပြီး ဒုတိယအဆင့်မှာ ∛ ပါပါတယ်။ ပြီးတော့ binomial သုံးထားလို့ ပေါင်းပါတယ်။ အဆင့်တိုင်းမှာ coefficient p နဲ့ q ဟာ elementary symmetric polynomial အနေနဲ့ ရှိပေမဲ့ နဲနဲတော့ ကွဲပါတယ်။ ဒီလိုကွဲရခြင်းက တကယ်တော့ cubic equation မှာ အဖြေ 3 ခု ရှိလို့ပါ။ အခု ကျနော်တို့ ရနေတာက real solution ဖြစ်ပြီး နောက် ကျန်တဲ့ ၂ ခုကတော့ complex solution ဖြစ်လို့ မမြင်ရတာပါ။ အမှန်တော့ complex number ရဲ့ အစ ဖြစ်တဲ့ imaginary number i ကို ကာဒါနိုက နောက် solution ၂ ခု ရှာဖို့ ကြိုးစားရာကနေ $i=\sqrt{-1}$ ကို calculation ရဲ့ကြားအဆင့်တွေမှာ တွေ့ခဲ့ တာပါပဲ။

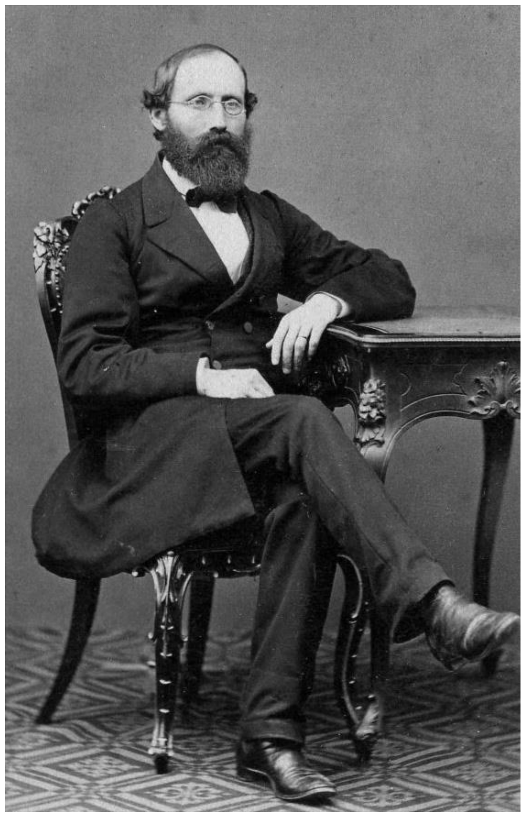
ဒါက complex number ရဲ့ ခရီးအစပါ။

$$x=\sqrt[3]{-\frac{q}{2}+\sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2+\left(\frac{p}{3}\right)^3}}+\sqrt[3]{-\frac{q}{2}-\sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2+\left(\frac{p}{3}\right)^3}}.$$

ပိုင်သွန်

Riemann hypothesis

ဘားနာဒ်ရီးမင်းဟာ ကျနော့်အတွက်တော့ လေးစားရဆုံး သင်္ချာပညာရှင်တွေထဲက တယောက်ပေါ့။ သူက ဆင်းရဲတယ်။ ဂျာမနီက ရွာလေးတရွာမှာ မွေးဖွားခဲ့ပြီး ဆင်းဆင်းရဲရဲကြီးပြင်း လာရတဲ့သူ။ ဖခင်ကို အလွန်ချစ်ပေမဲ့ ဖခင်နဲ့ခွဲပြီး ကျောင်းအဝေးကြီးမှာ ချို့ချို့ငဲ့ငဲ့တက်ခဲ့ရတယ်။ သင်္ချာပဂေးကြီးတွေဖြစ်တဲ့ ဂေါ့စ် နဲ့ ဒါရစ်ချ်လက်တို့ရဲ့ တပည့်ဖြစ်လာခဲ့တဲ့ ရီးမန်းဟာ သင်္ချာလောကမှာတော့ သူမတူတဲ့ တွေ့ရှိချက်တွေကို တွေ့ခဲ့ပါတယ်။



သူတို့ခေတ်မတိုင်ခင်တုန်းက ရူပဗေဒပညာရှင်နဲ့ သင်္ချာပညာရှင်က ခွဲခြားမရေသလောက် ထပ်တူကျပါတယ်။ သူတို့ခေတ်မှာတော့နဲနဲ ကွဲပြားလာပြီဆိုပေမဲ့ ယနေ့ခေတ်လိုတော့ လုံးဝကွဲထွက်နေတာမျိုး မဟုတ်ဘူးပေါ့ ။ ဒါကြောင့်လည်း သူ့ရဲ့ဂျဲဩမေထရီနဲ့ ပါတ်သတ်တဲ့ တွေ့ရှိချက်က နောက်နှစ် ၁၀၀ မှာ အိုင်းစတိုင်း ပြန်လေ့လာရမဲ့ မရှိမဖြစ် သင်္ချာမျိုးဖြစ်လာခဲ့တာပေါ့ ။ တကယ်လို့ ကျနော်တို့က အိုင်းစတိုင်းရဲ့ General relativity ဆိုတဲ့ သီဝရီကိုသာ ခရေစေ့တွင်းကျ သိချင်ခဲ့ရင် ရီးမန်းထားခဲ့တဲ့ curve space , manifold , metric tensor , Riemann tensor စတာတွေကို နားလည်မှရမှာပါ။ Riemann ဟာ complex surface နဲ့ ပါတ်သတ်ရင် သူမတူတဲ့ ထိုးထွင်းသိမြင်မှုရှိသူပါ ။ ဆရာဖြစ်တဲ့ ဂေါ့စ်က ဘာဗေးရီးယား နယ်တခွင်ကို မြေပုံတိုင်းရာကနေ Theorema Egregium ဆိုတဲ့ အံ့ဖွယ်သရဲ သီဝရီကို ဖော်ထုတ်နိုင်ခဲ့ပါတယ်။ ဒီသီဝရီက ဒိုင်မင်းရှင်းပိုများတဲ့ စပေ့ထဲမှာရှိတဲ့ ဒိုင်မင်းရှင်းနဲတဲ့ စပေ့တခုရဲ့မျက်နှာပြင်ရဲ့ ကွေးမှုနဲ့ပါတ်သတ်တဲ့ တွေ့ရှိချက်ပေါ့။

မြင်သာအောင်ပြောရရင်တော့ ဘောလုံးတခုရဲ့ မျက်နှာပြင်ပေါ့။ ဒါက ဒိုင်မင်းရှင်း ၂ ခုပဲရှိပါတယ်။ သူ့မှာ ထုထည်ရှိပေမဲ့ (လေထည့်ထားတဲ့ အတွင်းသား) ဒီမှာ ပြောနေတာက surface ပဲမို့ အတွင်းသားကို ထည့်မတွက်ပါဘူး ။ ရလာဒ်က ဘောလုံး မျက်နှာပြင်ဟာ ၃ ဒိုင်မင်းရှင်းထဲမှာ မြှုပ်ထားတဲ့ ၂ ဒိုင်မင်းရှင်းရှိ မျက်နှာပြင်ပါပဲ။ ဒီမှာ လက်ခံထားတဲ့ ၃ ဒိုင်မင်းရှင်းကို ambient space (လက်ခံ စပေ့လို့ ကျနော်ကတော့ ခေါ်မယ်) လို့ ခေါ်ပြီး မြှပ်ထားတဲ့ ဘောလုံးကိုတော့ မျက်နှာပြင်လို့ပဲခေါ်လေ့ရှိကြတယ်။

လက်ခံစပေ့ထဲမှာ မျက်နှာပြင်တခုကိုထားတဲ့အခါ အကွေးက အရေးပါလာပါတယ်။ ဂေါ့စ်က သူ့သီဝရီကို လက်ခံစပေ့နဲ့ နှိုင်းပြီး တိုင်းတဲ့အကွေးနဲ့ စခဲ့တာပါ။ External curvature ခေါ်တာပေါ့။ မျက်နှာပြင်ရဲ့ အကွေးကို တွက်ချက်တဲ့ အခါမှာ လက်ခံစပေ့ (Ambient space) နဲ့ နှိုင်းယှဉ်ပြီး တည်နေပုံ ကို တွက်ယူတဲ့တန်ဖိုးပေါ့။ ဒါပေမဲ့ သီဝရီလည်းဆုံးကော အပြင် အကွေး (external curvature) ပျောက်ပြီး အတွင်းအကွေးပဲ (internal curvature) ပဲ ကျန်ခဲ့ပါတယ်။ အတွင်းအကွေးရဲ့ စွမ်းရည်က မျက်နှာပြင် တခု ကွေး/မကွေး တိုင်းဖို့ မျက်နှာပြင်ကထွက်ပြီး လက်ခံ စပေ့ကနေထွက်တိုင်း စရာ မလိုတာပါပဲ။ ပြောရရင် ကမ္ဘာကြီး လုံးကြောင်းပြောဖို့ ကမ္ဘာ့အပြင်ထွက်ဖို့မလို သလိုပါပဲ။

ကမ္ဘာလုံးကြောင်းပြဖို့ ISIS ကနေ ဓါတ်ပုံရိုက်တာက အပြင်ကွေးကို တိုင်းတာနဲ့ သဘော အတူတူပါပဲ။ ဒါပေမဲ့ ဂေါ့စ်ရဲ့ အံ့ဖွယ်သရဲ သီအိုရမ် ကတော့ ကမ္ဘာလုံးကြောင်းပြဖို့ ကမ္ဘာမြေပေါ်ကနေ တိုင်းနိုင်တဲ့ နည်းကို ဖော်ထုတ်ခဲ့တာပါ။ ဒီခေတ် flat-earther လေးတွေရဲ့ ပြဿနာက သီအိုရီးမား အက်ဂရီဂျီရမ် လို အမှန်တရားတွေရှိတယ်ဆိုတာ နဲ့ သိပ္ပံဟာ ဒီပေါ်တည်ဆောက်ထားတယ်ဆိုတာ မသိတာပါပဲ။ ဒီသီအိုရမ်က တကယ်လည်း miracle ပါ။ ကမ္ဘာလုံးမလုံး ကျနော်တို့ ဂြိုဟ်တုနဲ့ တက်ကြည့် လို့ ရပေမဲ့ စကြာဝဠာ လုံးမလုံးကို တော့ စကြာဝဠာ အပြင်ဘက် ထွက်ကြည့် မရတာပါပဲ။ ဒါကြောင့် စကြာဝဠာရဲ့ shape နဲ့ curvature သိနိုင်ဖို့ ထွက်ကြည့်စရာမလိုတဲ့ ဒီလိုအတွင်းကွေး တိုင်းနည်း တည်ရှိနေတာကကိုပဲ အံ့သြစရာပါ။ ဂေါ့စ်က အတွင်းကွေးတိုင်းဖို့ g(μν) ဆိုတဲ့ metric tensor ရဲ့ အခြေခံကို စထားခဲ့ပါတယ်။ ရီးမန်း အလုပ်က ဒါကို n ဒိုင်မင်းရှင်း အတွက် ချဲ့ပြီး ယေဘူယျ ပြုတာပါ။ ဒါကို "ဂျီမြူနျူ" လို့ ဖတ်ပေး ။ ဒီတန်ဆာက တချိန်မှာ ဒြပ်ဆွဲပိုတန်ရှယ် စက်ကွင်းဖြစ်လာမဲ့ ပစ္စည်းပေါ့ ။ ရီးမန်းက သူ့ရဲ့ စာတမ်းဖတ်မှုမှာ ဒါက ကျနော်တို့စကြာဝဠာရဲ့ စပေ့ နဲ့ ဆိုင်မယ်လို့ ထင်ခဲ့ပါတယ်။ အမှန်တော့ အချိန်-နေရာ ဆိုတဲ့ အယူအဆသာ အဲ့ထဲက ရှိခဲ့ရင် ရီးမန်းဟာ GR ကို အိုင်းစတိုင်းထက် နှစ်တရာစော တွေ့ခဲ့မှာပါ။ ဒါက ရီးမန်းရဲ့ ထိုးထွင်းသိမြင်နိုင်မှုကို မိတ်ဆက်တာပါ။

Manifold ဆိုတဲ့ အယူအဆတွေကလည်း ရီးမန်းရဲ့ ရီးမန်းမျက်နှာပြင်လို complex surface တွေကနေ ကြီးထွားလာတဲ့ သချ်ာပါပဲ။ ဥပမာ ရီးမန်းစက်လုံးဆိုရင် complex plane ကို ရှူ့အိပ် လို infinity တွေမှာ point တခုနဲ့ သတ်မှတ် ဆွဲစုပြီး sphere လုပ်ပြစ်လိုက်တာပါပဲ။ ဒါတွေက manifold တွေရဲ့ prototype ပေါ့။

ရီးမန်းရဲ့ complex number ကျွမ်းကျင်မှုနဲ့ သင်္ချာလောကကို ကိုင်လှုပ်ခဲ့တာကတော့ ၁၈၅၉ ဘာလင် အကယ်ဒမီမှာ တင်ပြခဲ့တဲ့ ၈ မျက်နှာရှိတဲ့ စာတမ်းပါပဲ။ ဒီစာတမ်းကို " the number of primes less than a given quantity" လို့ပေးထားပါတယ်။ ပေးထားတဲ့ ကိန်းတခုအောက်မှာ ရှိတဲ့ သုဒ္ဓကိန်း အရေအတွက်ပေါ့။ ဒီစာတမ်းမှာ ဆုံးသွားပြီဖြစ်တဲ့ သူ့ဆရာ နှစ်ယောက်ကို ဖော်ပြခဲ့ပြီး ၊ အရင်ပိုစ့်က ဖော်ပြခဲ့တဲ့ အွိုင်လာရဲ့ analytic တံတား ဖော်မြူလာ နဲ့ စပါတယ်။ နောက်တကြောင်းမှာ ရီးမန်း ဇီတာ ဖန်ရှင်ကို complex argument တွေနဲ့ define လုပ်ပါတယ်။

သင်္ချာလောက တခုလုံးကို ခုချိန်ထိ ကိုင်လှုပ်နေတဲ့ စာရွက်လေးက ၈ ရွက်ထဲပါ ။ ဒါပေမဲ့ ဒီထဲမှာ သဘာဝရဲ့အလှနဲ့ လျှို့ဝှက်ဆန်းကြယ်မှုတွေ ၊ အဖြေဖော်မရသေးတဲ့ နက်နဲမှုတွေ ပါပါတယ်။ နောက်တခုက ချို့တဲ့တဲ့ရွာသားလေးရဲ့ ဂျီးနီးယပ်စ်တွေပါ။

ရီးမန်းဟာ ဒီ ၈ရွက်မှာ ζ ဖန်ရှင်၊ J ဖန်ရှင် ၊ Riemann hypothesis ၊ proof of PNT outline ၊ zeros of zeta ဆိုတဲ့ အယူအဆ တွေကို ထားခဲ့ပါတယ်။ ဒါက ယနေ့ခေတ်ထိ အဖြေ မရသေးတဲ့ နက်နဲတဲ့ ဖန်ရှင် တခုအကြောင်းပါ။

အရင်ပိုစ့်တွေမှာ ကျနော်တို့က ဇီတာဖန်ရှင် ဖြစ်လာတဲ့အခြေခံကို လေ့လာခဲ့ကြတာ ဖြစ်ပြီး ခုဆက်လေ့လာမှာကတော့ ဇီတာ ဖန်ရှင် နဲ့ သုဒ္ဓကိန်းတွေရဲ့ဆက်သွယ်မှု နဲ့ ရီးမန်းထားခဲ့တဲ့ မဖြေရှင်းနိုင်သေးတဲ့ ဟိုက်ပေါ့သီးစစ် ပါ။ သူ့ဟိုက်ပေါ့သီးစစ်က

All non-trivial zeros of Zeta function have real part 1/2

အဲ့ဒါလေးပါပဲ။ ဒါပေမဲ့။ ဒါပေမဲ့ အဲ့ဒါလေးကိုနားလည်ဖို့ လိုအပ်ချက်လေးတွေရှိပါတယ်။ complex number တွေ၊ zero of function ၊ Li(x) ၊ π(x) ၊ J function ၊ Möbius mu function ၊meromorphic and holomorphic function တွေ ၊ Gamma function ၊ Riemann xi function တွေ စသဖြင့်ပါ။ ဒါတွေကို လေ့လာတဲ့ အခါမှာ ကျနော်တို့ အသေးစိတ်သွားမှာတော့ မဟုတ်ပါဘူး။ သင်္ချာသမိုင်းရဲ့နက်နဲမှုတခုကို နားလည် ယုံလောက်ချည်းကပ်ကြမှာပါ။ ဒါပေမဲ့ ဒီချည်းကပ်မှုကို တောင့်ခံနိုင်ခဲ့ရင်တော့ သင်္ချာရဲ့ အရေးကြီး concept အတော်များများကို နဲနဲတော့ရင်းနှီးလာမှာပါ။

VII.

Ueber die Anzahl der Primzahlen unter einer gegebenen Grösse.

(Monatsberichte der Berliner Akademie, November 1859.)

Meinen Dank für die Auszeichnung, welche mir die Akademie durch die Aufnahme unter ihre Correspondenten hat zu Theil werden lassen, glaube ich am besten dadurch zu erkennen zu geben, dass ich von der hierdurch erhaltenen Erlaubniss baldigst Gebrauch mache durch Mittheilung einer Untersuchung über die Häufigkeit der Primzahlen; ein Gegenstand, welcher durch das Interesse, welches Gauss und Dirichlet demselben längere Zeit geschenkt haben, einer solchen Mittheilung vielleicht nicht ganz unwerth erscheint.

Bei dieser Untersuchung diente mir als Ausgangspunkt die von Euler gemachte Bemerkung, dass das Product

$$\Pi \frac{1}{1-\frac{1}{p^s}} = \Sigma \frac{1}{n^s},$$

wenn für p alle Primzahlen, für n alle ganzen Zahlen gesetzt werden. Die Function der complexen Veränderlichen s, welche durch diese beiden Ausdrücke, so lange sie convergiren, dargestellt wird, bezeichne ich durch $\zeta(s)$. Beide convergiren nur, so lange der reelle Theil von s grösser als 1 ist; es lässt sich indess leicht ein immer gültig bleibender Ausdruck der Function finden. Durch Anwendung der Gleichung

$$\int_0^\infty e^{-nx} x^{s-1}\, dx = \frac{\Pi(s-1)}{n^s}$$

erhält man zunächst

$$\Pi(s-1)\,\zeta(s) = \int_0^\infty \frac{x^{s-1}\,dx}{e^x - 1}.$$

အမှန်တော့ Clay university က ဒေါ်လာ တသန်းဆုငွေ ထုတ်ထားပြီး ခေတ်အဆက်ဆက် သင်္ချာ ပဂေးတွေ လက်မှိုင်ချခဲ့ရတဲ့ ရီးမန်းရဲ့ အဆိုပြုချက်က ဘယ်လောက် နက်နဲလည်းပြောစရာ မလိုပါဘူး။ ဒါကို သဘောလောက်သိခဲ့ရင်ပဲ ကျနော်တို့အတွက် ကျေနပ်စရာ မဟုတ်ပါလား။

ဒါဖြင့် non-trivial zeros of zeta function ဆိုတာ ဘာလဲ?

ပိုင်သွန်

$i = \sqrt{-1}$

သမိုင်းမှာတော့ imaginary number ပေါ်လာပုံက cubic equation တွကို ရှင်းရာကနေ ဘယ်လိုမှ ရှောင်လွှဲမရလို့ ကာဒါနိုက ဒီကိန်းတွေ ရှိနေတာ ကို သတိပြုမိခဲ့တာပါ။ ခုခေတ် complex number ဆိုပီးရေးတဲ့ $a+b\sqrt{-1}$ ကို စရေးခဲ့တာက ars magna မှာ ကာဒါနို ရေးခဲ့တာက ထမဆုံးပါပဲ။

ဒါပေမဲ့ သူက cubic equation ရဲ့ အဖြေကိုပဲစိတ်ဝင်စားတာဆိုတော့ real number solution ကိုပဲလက်ခံခဲ့တယ်။ $\sqrt{-1}$ ပါတဲ့ imaginary solution ကိုတော့ မမြင်ချင်ယောင်ဆောင်နေခဲ့တယ်။ ဒါပေမဲ့ သူရှောင်လို့မရတာက တချို့ real number solution တွက အဆုံးမှာသာ real number ရပေမဲ့ ကြားထဲက တွက်တဲ့ အဆင့်တွေမှာ $a+b\sqrt{-1}$ ပုံစံက ပါနေတာပါပဲ။

ဥပမာဆိုရင် ကာဒါနိုက အာ့မာဂနာကျမ်းမှာ အနှုတ်နှစ်ထပ်ကိန်းရင်းပါတဲ့ ပေါင်းရင် 10 ရပြီး ၊ မြှောက်ရင် 40 ရတဲ့ အဖြေ နှစ်ခုကို ရှာပြခဲ့တယ်။ ခုပြောတာကို quadratic equation

$$x^2-10x+40=0$$

ရဲ့ အဖြေအနေနဲ့ ရေးလို့ ရတယ်။ Cubic equation ပို့စ် ဖတ်ခဲ့ရင် 10 က အဖြေ ၂ ခု ပေါင်းထားတာဖြစ်ပြီး ၊ 40 က အဖြေ ၂ ခု မြှောက်ထားတာ ဖြစ်ကြောင်း မှတ်မိမှာပါ။ အဖြေကို ကာဒါနို က

$$(5+\sqrt{-15}) \text{ နဲ့ } (5-\sqrt{-15})$$

အနေနဲ့ ပေးပါတယ်။ ဒါက သမိုင်းမှာ ပထမဆုံး $a+b\sqrt{-1}$ ပုံစံ complex number ကို ပုံနှိပ်ခဲ့တာပေါ့။

ဒီကိန်းက ကာဒါနိုကို မရိုးမရွ ဖြစ်စေပေမဲ့ သူကဒီ ၂ ခုကို မြှောက်ရင်

$$(5+\sqrt{-15})(5-\sqrt{-15})=25+15=40$$

ရလို့ နောက်ဆုံးမှာ real number 40 ရတာကြောင့် လက်မခံချင်ဘဲ လက်ခံလိုက်ရတယ်။ ဒီနေရာမှာ imaginary number $\sqrt{-1}$ က ခုချိန်မှာ လက်ခံပေမဲ့ အဲ့ အချိန်တုန်းကတော့ ပြဿနာ တရပ်ပေါ့။

ကိန်းတခုကို နှစ်ထပ်ကိန်းတင်ရင် အမြဲတမ်း အပေါင်းရပါတယ်။ ဥပမာ 2 နဲ့ 2 မြှောက်ရင် 4 ရတယ်။ 4 က အပေါင်းကိန်းပါ။ −2 ကို −2 နဲ့ မြှောက်ရင်လည်း 4 ပဲ ရပါတယ်။ ဒါကြောင့် ဘယ်ကိန်းဖြစ်ဖြစ်ကို square root ယူရင် ၊ နှစ်ထပ်ကိန်းပြန်ရှာရင် အပေါင်းကိန်းကို ပဲ ပြန်ရှာလို့ ရပါတယ်။ ဘာကြောင့်ဆိုတော့ square root ဆိုတာက square ရဲ့ ပြောင်းပြန် အော်ပရေးရှင်းမို့ပါ။ square တင်တိုင်း အပေါင်းကိန်းပဲရနေတော့ ၊ square root ပြန်ရှာတဲ့ အခါကြတော့လည်း အပေါင်းကိန်းကိုပဲ ရှာလို့ရတော့တယ်။ အနှုတ်ကိန်းကို နှစ်ထပ်ကိန်းရင်း ရှာရင် ဘာရမလဲ ဘယ်သူမှ မသိကြဘူး။ သေချာတာက အဲ့ကိန်းက real number line ပေါ်မှာ မရှိတာပဲ။ ဒါကြောင့် ကာဒါနိုတို့ ခေတ်မှာ $\sqrt{-1}$ ကို ခါးခါးသီးသီးပဲ number တခုအနေနဲ့ လက်ခံဖို့ ငြင်းခဲ့ကြတာပေါ့။

ဒါပေမဲ့ အထက်က ကာဒါနိုရဲ့ ညီမျှခြင်းတွေက တွက်တဲ့အဆင့်အတိုင်းမှာ ပုံမှန် algebra ရဲ့ rule တွေပဲ သုံးတွက်ထားတာဖြစ်တော့ √ –1 ဟာ real number line ပေါ်မှာမရှိလည်း number တခုလို ပြုမူနေတာက အသိသာကြီးပါ။ ဘဲလို အော်ရင် ဘဲလို့ပဲ ယူဆရမှာပါပဲ။ number လိုပြုမူနေတော့ number ပဲပေါ့။ ခက်တာက real number line ပါမှာ မရှိတဲ့ number ပါ။

√ –1 ကို imaginary number အနေနဲ့ လက်ခံ ဖို့ နှစ်ပေါင်း အတော်ကြာခဲ့ပါတယ်။

Imaginary number လို့ စခေါ်ခဲ့တာက ဒေးကားပါ။ ဒေးကား (1596-1650) တို့ ခေတ်မှာ သက်သေမပြနိုင်သေးပေမဲ့ n degree polynomial မှာ n solution ရှိမှန်းသိနေပြီ။ ဆိုလိုတာက 3 degree ညီမျှခြင်းမှာ အဖြေ ၃ ခု ။ ၄ ဒီဂရီ ဆို အဖြေ ၄ စသဖြင့်ပေါ့။ ဒါပေမဲ့ တကယ် ရှာကြည့်တော့ 3 ဒီဂရီ ညီမျှခြင်းမှာ real solution က ၁ ခု ပဲ ရှိချင်ရှိနေတတ်တယ်။ ၂ ခု ပျောက်နေတယ်။ ဘယ်ရောက်သွားလဲ။ ဒီခေတ် အလိုတော့ အဲ့ ၂ ခုက imaginary solution ပေါ့။ ဒါကို ဒေးကားက

“For any equation one can imagine as many roots [as its degree would suggest], but in many cases no quantity exists which corresponds to what one imagines.”

ဆိုပြီးရေးခဲ့တယ်။ လူတယောက် စိတ်ကူး (imagine) လို့ရတဲ့အဖြေတွေ ဒီဂရီ ရှိသလောက် ရှိရပေမဲ့ အားလုံးကို တကယ်တော့ မတွေ့ဘူး။ စိတ်ကူး ကြည့်လို့ပဲ ရမယ်ပေါ့။

အဲ့စကားကနေ imaginary number ဆိုတဲ့ အခေါ်အဝေါ် ဖြစ်လာတယ်လို့ ဆိုကြပါတယ်။

i ဆိုတဲ့ သင်္ကေတ ကို စသုံးပြီး i= √ –1 လုပ်ခဲ့တာက လီယိုနတ် အွိုင်လာ (1707-1783)ပါ။

ဒီမွိုင်ဗား(1667-1754) လောကို

$$(\cos(\theta)+i\sin(\theta))^n = \cos(n\theta)+i\sin(n\theta)$$

နယူတန် လက်ထက်ကတည်းက သိနေပါပြီ။ ဒါသုံးပြီး နယူတန်က cube root တွေရှာခဲ့ပါတယ်။ ကက်စပါဝက်ဆယ်လ် (1745-1818) က vector addition , vector multiplication တွေရဲ့ အစဦး အိုင်ဒီယာတွေ ချပြခဲ့ပြီး complex number ကို complex plane ပေါ်က vector တခု အနေနဲ့ မြင်ကြည့်ပြခဲ့ပါတယ်။ vector multiplication ဆိုတာ complex vector ရဲ့ rotation လေး အဖြစ် ပြောပြခဲ့တာသူပေါ့။ i နဲ့ မြှောက်တာဟာ 90 ဒီဂရီ နာရီလက်တံ ပြောင်းပြန် လည်တာနဲ့ တူ တယ် ဆိုတဲ့ အိုင်ဒီယာက သူစခဲ့တာပါ။ i ဟာ real number line နဲ့ ထောင့်မှတ်ကျတဲ့ line ပေါ်မှာ 1 ရဲ့ role ကို ယူပြီး ရှိနေပါပြီ။ i နဲ့ မြှောက်ခြင်းက rotation လည်ခြင်းနဲ့ တူတယ်ဆိုတဲ့ အချက်က သိပ္ပံနဲ့ သင်္ချာမှာ imaginary number တွေကို တွင်တွင်ကျယ်ကျယ် သုံးနေရခြင်းရဲ့ လက်သည်ပါပဲ။ သာမန်ကိန်းစစ်မှာ ဒီအရည်အချင်း မရှိပါဘူး။ ကိန်းစစ်နဲ့ မြှောက်ရင် translation ရွှေ့တာနဲ့ပဲတူပါတယ်။ သိတဲ့အတိုင်း

သဘာဝမှာလည်တာတွေက အများကြီးပါ။ ပြီးတော့ သံသရာလည် ခြင်းလို ၊လှိုင်းလို အရာတွေမှာ လည်ခြင်းက မပါမဖြစ်လို့ i ကလည်း မရှိမဖြစ်ပါ။

အာဂန် (1768-1822) က သူရဲ့ အာဂန် ဒိုင်ယာဂရမ် ကို ဖန်တီးခဲ့ပါတယ်။ ဒါက geometrical interpretation ပေါ့။

ဟာမီတန်က (1805-65) ပထမဆုံး complex number တွေရဲ့ algebraic rule ကို ချပြခဲ့ပါတယ်။

(a, b)+(c, d) = (a+c,b+d)   (a,b)(c,d)=(ac–bd,bc+ad)

ဒီ rule တွေက complex number ဟာ vector space ရဲ့ အရည်အချင်းတွေ ရှိနေကြောင်း တိုးတိုးလေး ပြောနေပါတယ်။ အရင်ပို့စ်တွေက ရှင်းပြခဲ့သလို တကယ်တော့ i= √ –1 နဲ့အတူ vector ဆိုတဲ့ idea , rotation ဆိုတဲ့ သဘောတွေ ဟာ စကတည်းက ခွဲ မရဘဲ ပေါ်ပေါက်လာကြတာပါ။

ဂေါ့စ် (1777-1855) ဟာ a+b √ –1 အကြောင်းကို ဟိုးအရင်ကတည်းက သိခဲ့ပေမဲ့ ပုံမနှိပ်ခဲ့ပါဘူး။ နောက်တော့ ဒါတွေကို 1 , –1 , √ –1 ,– √ –1 စသဖြင့် တကွဲတပြား ခေါ်နေမဲ့အစား complex number လို့ တပေါင်းထဲ ခေါ်ဖို့ အဆိုပြုခဲ့ပါတယ်။ဩဂတ်စတပ်လူးဝစ်ကိုချီ (1789-1857) က complex function နဲ့ analytic ကို စလေ့လာခဲ့ပါပြီ။ ရီးမန်းက ဒီ complex plane တွေကို ခွေခေါက်ပြီး တချိန်မှာ complex surface တွေကို ချုပ်လုပ် တော့မှာပါ။ ဒါက general relativity ရဲ့ foundation ဖြစ်လာပါလိမ့်မယ်။

ကာဒါနို စခဲ့တဲ့ cubic equation ဟာ မြင်တဲ့အတိုင်း မဆိုင်ဘူးထင်ရတဲ့ complex နယ်မြေကို လမ်းဖွင့်ပေးခဲ့ပါတယ်။ ရီးမန်းဇီတာ ဖန်ရှင်လို ၊ complex analysis လို ၊ Riemanian geometry လို ဘာသာရပ် အသစ်တွေ ပေါ်ပေါက်လာရပြီး တချိန်မှာ လှိုင်းတွေ၊ သံသရာတွေ၊ ပုံသဏ္ဍာန်တွေ စကြာဝဠာတွေနဲ့ ဖုန်းထဲက GPS လို ဟာမျိုးတွေ လေ့လာပေါ်ပေါက်လာစေပါတယ်။ ဒါကြောင့် သဘာဝ မှာ တခုခုကို လေ့လာတဲ့အခါ ဘာရမလဲဆိုတာထက် လူ့ရဲ့ စူးစမ်းချင်စိတ်ကလေးကပဲ လူတွေထင်မထား မျှော်လင့်မထားတဲ့ အရာတွေကို ရရှိစေလာပါတယ်။ ဘာကြောင့်ဆိုတော့ သဘာဝ ဆိုတဲ့ တံခါးကို ဖွင့်တဲ့ အခါ ဘာထွက်လာမလဲလို့ လူက ကြိုမသိနိုင်လို့ပါ။

ပိုအရေးကြီးတာကတော့ မဆုတ်မနစ်တဲ့ ဇွဲ နဲ့ စူးစမ်းခဲ့သူတွေကြောင့် သိလာရတဲ့ သဘာဝကို ဘယ်လို အသုံးချမလဲ ၊ ဘယ်လို ဟာမိုနီ ဖြစ်အောင် လူသားဟာ နေမလဲ ဆိုတဲ့ အပိုင်းပါ။ ဒါက ကျင့်ဝတ်ရဲ့ အရာဖြစ်ပါတယ်။ ကျင့်ဝတ်နားမလည်သူတွေများလာတဲ့ ကမ္ဘာမှာ ဟာမိုနီဖြစ်အောင် မနေတတ်တဲ့တနေ့ သဘာဝရဲ့ မဖွင့်သင့်တဲ့တခါးတွေ ဖွင့်မိခဲ့ရင် သဘာဝက ဘာတွေကို ထုတ်ပြမလဲ ? ဆိုတာကတော့တိတ်ဆိတ်နေတဲ့ကမ္ဘာကြီးရဲ့ ဂူဟန်လမ်းမတွေက သတိပေးနေသလားဆိုတာ ကတော့.........

ပိုင်သွန်

Ω

π ဟာ random လား? ပိုင်ဟာ irrational number ဖြစ်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် ဒဿမနောက်မှာ အဆုံးမရှိတဲ့ ကိန်းတွေ အများကြီးပါ။ ဒီကိန်းတွေကို မှန်းလို့ရလား ? random လားဆိုတဲ့ မေးခွန်းက subtle ဖြစ်တဲ့ပြဿနာပါ။ ဒါပေမဲ့ ဒါက ပိုင်တခုထဲရဲ့ပြဿနာတော့ မဟုတ်ပါဘူး။ irrational တိုင်းရဲ့ ပြဿနာပါ။ ပိုင်ကို မှန်းလို့ရလားဆိုတာက ရှုထောင့်ပေါ်မူတည်တဲ့အရာပါ။ တကယ်လို့ ပိုင်ကို π လို့ သတ်မှတ်မယ်ဆိုရင် သူရဲ့ ဒဿမနောက်က ကိန်းတွေကို မသိပေမဲ့ exact ဖြစ်ပါတယ်။ random မဟုတ်ဘူးပေါ့။ နောက်ဆုံးတော့လည်း π ဆိုတာ real number line ပေါ်က 3 နဲ့ 4 ကြားက ပွိုင့်လေးတခုပဲ မဟုတ်လား။

ဒါပေမဲ့ အဲ့လို မဟုတ်ဘူး။ ဒဿမနောက်ကဟာတွေကို အဆုံးထိ အတိအကျ သိချင်တာ ဆိုရင်တော့ အဆုံးမှ မရှိတဲ့ အရာကို အဆုံးထိ တိတိကျကျ ဘယ်လို သိနိုင်ပါ့မလဲ။ ဒီအခါမှာ ပိုင်ဟာ ဝေဝါးသွားပါပြီ။ ခုချိန်ထိ ပိုင်ကို 31(50လို့ဆိုတာလဲရှိတယ်) trillion digits ထိ တွက်ထားနိုင်ပါတယ်။ အဲ့ digit တွေကတော့ random မဟုတ်ဘူးပေါ့ ။ သို့သော်မတွက်ရသေးတဲ့ digit တွေမှာ 0 ကနေ 9 ထိထဲက ဘာကျမလဲ မေးရင်တော့ ဘယ်သူမှ မမှန်းနိုင်ပါဘူး။သို့သော် approximate လုပ်တဲ့ ညီမျှခြင်းကတော့ မှန်းနိုင်တယ်။ ဒါပေမဲ့ ဒါက approximation ။ exact မဟုတ်ဘူး ။ exact က အဆုံးမရှိလို့ မသိနိုင်ဘူး။

ဒီတော့ ဒီနေရာမှာ ပိုင်ဟာ truly random လားလို့ ပြောဖို့က တကယ့်ကို သိမ်မွေ့ပါတယ်။ ဒါကို ကိုင်တွယ်ဖို့ ဘိုရယ်လ် ဆိုတဲ့ လူကြီးကပဲ normal real number ဆိုတဲ့ concept ကို တင်သွင်းလားတယ်။ base b မှာ digit ရဲ့ frequency က 1/b ဖြစ်ရင် အဲ့ irrational number ဟာ normal ပါပဲ။

ဆိုလိုတာက 10 base မှာ ပိုင်ရဲ့ digit တခုချင်းကျနိုင်ခြေ 1/10 ရှိရင် ပိုင်ဟာ 10 normal ပဲ။တကယ်လို့ ပိုင်ကို 2 base နဲ့ ပြောင်းရေးလို့ ကျနိုင်ခြေ 1/2 ရှိရင် ပိုင်ဟာ 2 normal ဖြစ်ပါတယ်။ base တိုင်းအတွက် normal ဖြစ်ရင်တော့ b normal ပေါ့။ အမှန်တော့ ဒါက independent fair coin ရဲ့ အရည်အချင်းမို့ random ပဲ။ ဒါပေမဲ့ random လို့မပြောကြတာက ပိုင်ကို ညီမျှခြင်းတခုနဲ့ approximation လုပ်တာမို့ ကိုမိုဂိုရော့ဗ် ကွန်ပလက်စတီ အရ ပြောရရင်တော့ အဆုံးမရှိတဲ့ data ကို တမျက်နှာလောက်ရှိတဲ့ algorithm နဲ့ ခြုံပြီးတွက်နိုင်ပီဆိုရင် ဒါက complexity မဟုတ်တော့ဘူး။ random လို့ ပြောမရဘူးပေါ့။ ဒါကြောင့်ပိုင်ဟာ ရှုထောင့်ပေါ်မူတည်ပြီး random ဖြစ်နေတယ်/မဖြစ်ဘူး။

ဒီမှာ approximation ဆိုတာဘာလဲလို့ပြောရရင် 22/7 ဟာ approximation ပါ။ နီးပါး ခန့်မှန်းတာပေါ့။ နီးပါးပြုတယ်ဆိုတဲ့အတိုင်းတကယ်တော့ 22/7 က ပိုင်မဟုတ်ပါဘူး ။ ပိုင်နားက အမှတ်ပါ။

ဒါကြောင့် ပိုကောင်းတဲ့ approximation တွေ သုံးကြတယ်။ ဥပမာ arctan function ပေါ့။ ခု ကမ္ဘာမှာ ရှာနေတာကတော့ ရာမန်နူဂျန်တွေ့ခဲ့တဲ့ ဖန်ရှင်မျိုးကွဲတွေပါ။ elliptic function တွေနဲ့ ဆက်စပ်ပါတယ်။

ဒီတော့ပိုင်ဟာ normal number လားဆိုတဲ့မေးခွန်းကိုပြောရရင် ခုထိမသိသေးပါဘူး။ တွက်ထား သလောက်မှာတော့ normal ဖြစ်ပေမဲ့ အဆုံးမရှိကိန်းတန်းမို့ normal ဖြစ်မဖြစ်ကို ကွန်ပြူတာနဲ့ သက်သေပြလို့ မရပါဘူး။ Proof လိုပါတယ်။ ခုထိမရှိသေးပါဘူး။ တွေ့တဲ့အတိုင်း အဆုံးမရှိမှုဟာ random ဖြစ်မဖြစ် normal ဖြစ်မဖြစ်ကိုတောင် မသဲကွဲအောင် လုပ်ပါတယ်။

ဒါကြောင့် ချိုင်တင်အတွက်လိုလာတာက သီဝရီအရ truly random ဖြစ်တဲ့ maximally complexity ရှိတဲ့ real number တခုကို ဆွဲထုတ်ပြဖို့ လိုလာတာပါ။

ဘာကြောင့်လဲဆိုတော့ ကန်တာရဲ့ infinity စစ်တမ်းတွေကြောင့် သိလာရတာက real number အများစုဟာ uncomputable ဖြစ်တဲ့ transcendental number တွေ ဖြစ်လို့ပါပဲ။

အမိပ္ပါယ်က real number အားလုံးကို အိတ်ထဲထည့် ပြီးမဲနှိုက်သလို နှိုက်ရင် ပါလာမဲ့ number ဟာ irrational ဖြစ်ဖို့၊ transcendental ဖြစ်ဖို့၊ uncomputable ဖြစ်ဖို့ ၁၀၀% သေချာလို့ပါ။ တွက်ရတဲ့ ကိန်းပါလာဖို့၊ algebraic number ဖြစ်ဖို့၊ rational number ဖြစ်ဖို့က 0% ပါ။

ပိုင်က transcendental ဖြစ်ပါတယ်။ သူ့ကို algebraic equation ရဲ့ အဖြေအနေနဲ့ ရေးလို့ မရပါဘူး။ ပိုင်ဟာ computable number လည်းဖြစ်ပါတယ်။ သူ့ကို approximate ကြိုက်သလောက် digit အတွက် တွက်လို့ရတဲ့ program တွေရှိလို့ပါ။

ကန်တာက real number အားလုံးနီးပါးဟာ တွက်မရဘူးလို့သာ ပြောပေမဲ့ specific example တခုကို ဆွဲထုတ်မပြနိုင်တဲ့အခါမှာ truly random ကို ဥပမာပေးဖို့ကလည်း ချိုင်တင်အတွက် ခက်နေပါတယ်။

ဘာလို့ဆိုတော့ uncomputable number တွေဟာ တွက်စရာ algorithm, program မရှိလို့ သူတို့ ရဲ့ ကိုမိုဂိုရော့ဗ် ကွန်ပလက်စတီက အမြင့်ဆုံးပါပဲ။ ဒါကြောင့် သူတို့ ဟာ truly random ပါ။

Pseudorandom generator တွေဂိမ်းမှာ သုံးတာတွေ့ဖူးပါလိမ့်မယ်။ ဒါတွေက truly random မဟုတ်ပါဘူး။ Equation နဲ့ program နဲ့ကိုသုံးပြီး random နဲ့တူအောင် simulate လုပ်ထားတာပါ။ ပိုင်ဟာလည်း technically အရ သိပ်မကောင်းပေမဲ့ သုံးချင်ရင် သုံးလို့ရတဲ့ PRNG မျိုးပါ။

ဒါတွေကြောင့် ချိုင်တင်ဟာ အိုမီဂါ (Ω)ကို ရှာဖွေခဲ့ပါတယ်။

Ω ဟာဘာလဲ?

ပိုင်သွန်

No TOE , I 'm sorry !!

၂၀ရာစုအစမှာ ဟီလ်ဘတ်က သင်္ချာလောကကို ပုစ္ဆာအခု ၂၀ နဲ့ စိန်ခေါ်ခဲ့ပါတယ်။ ဒီတခုကို ဖြေရှင်းနိုင်တိုင်း သင်္ချာလောကက တဆင့်မြင့်လာမှာပါ။ လူသားတွေရဲ့ အသိဉာဏ်က နောက်တဆင့် ရောက်မှာပါ။ အဲဒီထဲက တခုက FAS(Formal axiomatic system) ရှိ/မရှိ ဆိုတဲ့ ပြဿနာပါ။

ယူကလစ်ရဲ့ ကျမ်းကိုကြားဖူးကြမှာပါ။ ဒါက axiom (၅) ခု နဲ့ logical method တချို့ကို ပေးထား ယုံနဲ့ logic သုံးပြီး theorem တခုပီးတခု ရှာပြလိုက်တာ စာအုပ် ၁၃ တွဲ လောက် ထူသွားပါတယ်။

ဒါက ဘာနဲ့တူလည်း ဆိုတော့ သင်္ချာ(geometry)ဆိုင်ရာ အမှန်တရားဆိုတာ compress လုပ်ရင် axiom ၅ ခုနဲ့ လောဂျစ် ၃/၄ ခု စာပဲ ရှိတယ်လို့ ပြောသလိုပါ။ စာအုပ် ၁၃ အုပ်စာသီအိုရမ်တွေဟာ output data တွေ ဖြစ်ပီး ၊ ဒါတွေကို အက်ဆီယမ် ၅ ခုနဲ့ လောဂျစ် အနည်းငယ်အဖြစ်ခြုံ့ပြီး ၊ ပရိုဂရမ်အဖြစ် သိမ်းထားနိုင်တယ် ဆိုတာပါပဲ။

ဒါကသီအိုရီရှာနေသူတွေရဲ့ အမြဲတေရတနာပါပဲ။ ဟီးလ်ဘတ်က ယူကလစ်ရဲ့ အဲလိမင့်ကျမ်းလို မျိုး ၊ ရှိရှိသမျှ သင်္ချာတွေ အကုန်လုံးကို axiom တချို့ နဲ့ လောဂျစ် အနည်းငယ်အဖြစ် compress လုပ်တဲ့ စက်ရှိလားလို့ မေးတာပါ။ FAS ဆိုတာ အဲ့စက်မျိုးပါပဲ။

ပထမဆုံး Negative လို့ ဖြေခဲ့သူက ဂိုဒဲ ပါ။ Axiom တချို့ကနေ လောဂျစ်ဆိုတဲ့ လမ်းအားဖြင့် ရောက်တဲ့ တချို့သော theorem တွေဟာ မှားလားမှန်လား မပြောနိုင်ပါဘူးတဲ့။ ပြောရရင် အဲ့စက်က မပြည့်စုံနိုင်ဘူးပေါ့။ ဒါကြောင့် ရှိသမျှအမှန်တရားကို အဲ့စက် ကထုတ်မပေးနိုင်ဘူး။ မသိနိုင်တဲ့ သီအိုရမ်တွေ ရှိတယ်ပေါ့။ ဒါက လူတင်မဟုတ်ဘူး ။ even God တောင် မသိနိုင်တာမျိုးပါ။ ဘာလို့ဆိုတော့ ခုအဆိုတွေက သင်္ချာဖြစ်လို့ အသိဉာဏ်ရဲ့ ပုံသဏ္ဍာန်ပေါ် မမှီခိုပါဘူး။

ဂိုဒဲရဲ့နောက်မှာ ဒါကိုမှန်ပါတယ်လို့ နောက်တနည်းနဲ့ သက်သေပြခဲ့တာက တူရင်ပါ။ အလန် တူရင်က သင်္ချာအရ ကွန်ပြူတာတခုကို စာရွက်ထဲမှာ ဆောက်ပြခဲ့တယ်။ ဒီကွန်ပြူတာက မလုပ်နိုင်တဲ့ တွက်ချက်မှု တွေကို ရှာပြခဲ့တယ်။ ဥပမာဆိုရင် ပရိုဂရမ်တခု ဟာ ရပ်မှာလား အဝိုင်းဆက်လည်နေမလား ဆုံးဖြတ်တဲ့ ပရိုဂရမ်မျိုးကို နမူနာပြခဲ့ပြီး ဒီ ပရိုဂရမ်တွေ မလုပ်နိုင်တဲ့ တွက်ချက်မှုကို ပြခဲ့တာပါ။

ဒီမှာ ဂိုဒဲ နဲ့ တူရင် ကတူညီတဲ့ အဆိုတခုကိုပဲ ပြောနေတာပါ။အသိဉာဏ် အရ/ လောဂျစ်အရ မဖြေရှင်းနိုင်တဲ့ ကိစ္စတွေ ရှိတယ်။ ပြဿနာတွေ ရှိတယ်။ ဒါပဲ။ ဒါပေမဲ့ ပြောတဲ့ method မှာ ဂိုဒဲ က သီအိုရီ ဆန်ပြီး အလန်တူရင်ကတော့ လက်တွေ့တွက်ချက်နိုင်တဲ့ ကွန်ပြူတာလိုပစ္စည်းကို သီဝရီအရ တည် ဆောက်ပြပြီး တွက်ချက်မှုရဲ့ အကန့်အသက်ကို ပြပေးတာပါ။ ဒါက နောက်တော့ ဗွန်နျူးမန်းရဲ့ အာခီ တက်ချာနဲ့ ပေါင်းပြီး တကယ့်ကွန်ပြူတာ ဖြစ်လာတယ်။ လူသားဟာ အားလုံးမဖြေရှင်းနိုင်ပေမဲ့ ၊ ဖြေရှင်း လို့ရတာ အကုန်ဖြေရှင်းနိုင်တဲ့ စူပါဦးနှောက်တခုကို ထွင်နိုင်ခဲ့တယ်။

ဒါက ဟီးလ်ဘတ် မေးပြီး ၊ ဂိုဒဲ၊ တူရင်တို့ဖြေရာက ဖြစ်လာတဲ့ကိစ္စပါ။ ချိုင်တင်အတွက် လိုတာကတော့ တူရင်ရဲ့ ရပ်မလား လည်မလား ပြဿနာ (halting problem) ပါပဲ။ ချိုင်တင်က အိတ်တအိတ်ထဲမှာ လောကမှာရှိသမျှပရိုဂရမ်တွေ အားလုံးထည့်ပါတဲ့။ အိတ်ကို မွှေလိုက်။ အဲ့ထဲက တခုကို အိတ်ထဲက နှိုက်လိုက်။ random ပေါ့။ ရလာတဲ့ပရိုဂရမ်ဟာ ရပ်မဲ့ပရိုဂရမ်ဖြစ်ဖို့ probability ဘယ်လောက်ရှိလဲတဲ့။

အဲ့ဒီ number က အိုမီဂါ (Ω)ပါပဲ။ Ω က probability ဖြစ်လို့ 1 နဲ့ 0 ကြားက ကိန်းပါ။ 0.###… ဆိုပြီး မဆုံးတဲ့ irrational number ပေါ့။ သူ့ရဲ့ထူးခြားချက်က သူ့ကို ပိုင်လို တွက်လို့မရဘူး။ သူက uncomputable ပါပဲ။ ဒါက ချိုင်တင်ရှာနေတဲ့ typical example of truly random ပါ။ ဘာလို့ဆိုတော့ အိုမီဂါ ရဲ့ digit တွေက တွက်မရဘူး။ ဒါကြောင့် compress လုပ်လို့ မရဘူး။ သူ့ရဲ့ complexity က

H(first N bits of Ω) > N-c

ပါ။ ဒါက ချိုင်တင်ရဲ့ result ပါ။ ဘာလို့ တွက်မရတာလဲဆိုတာကတော့ တကယ်လို့ ပထမဆုံး N bits ကိုသာတွက်နိုင်ခဲ့ရင် Ω နဲ့ တူရင် halting problem နဲ့ ဆက်စပ်မှုအရ N size ရှိတဲ့ တူရင် halting program တွေကို ဖြေရှင်းနိုင်မှာပါ။ ဒါပေမဲ့ ဒါက No လို့ တူရင်က အဖြေ ပေးပြီးသားပါ။ဒါကြောင့် Ω ဟာ တွက်မရပါဘူး။ Ω ဟာ ရှိမှန်းသိပေမဲ့တွက်မရတဲ့အရာဖြစ်ပြီး တွက်မရတဲ့ digit က infinity မို့ maximally unknowable ပါ။ သူဟာ အမြင့်ဆုံး complexity နဲ့ truly random ပါပဲ။

ချိုင်တင်ရဲ့အလိုအရတော့ ဟီးလ်ဘတ်ရဲ့ အိပ်မက်ဟာ မဖြစ်နိုင်တော့ပါဘူး။ A set of axiom ကနေ ရှိသမျှ အမှန်တရားတွေဆီရောက်မဲ့ စက်ဟာ အိပ်မက်သာလျှင် ဖြစ်သွားရပါပြီ။ ဘာလို့ဆိုတော့ အများစုသော အမှန်တရားတွေဟာ random ဖြစ်နေလို့ပါ။ random ကို compress လုပ်ပြီး Axiom ပြောင်းလို့ မရပါဘူး။ ဒါကြောင့် သင်္ချာမှာ အားလုံးကို ရှင်းပြနိုင်တဲ့ TOE (theory of everything) လည်းမရှိပါဘူးတဲ့။

(မှတ်ချက်။ ။TOE ကိစ္စကတော့ ဂရေဂိုရီချိုင်တင် တဦးထဲရဲ့ အမြင်ပါ။ အများစုကတော့ သဘောမတူကြပါဘူး။)

ပိုင်သွန်

ကွမ်တမ်မက္ကင်းနစ်

ကွမ်တမ်မက္ကင်းနစ်ကို ပထမဆုံးစခဲ့တာက ဟိုက်ဇင်ဘာ့ဂ်ပါ။ သူက ဂျာမန်။ သူက ဂျာမန်နိုင်ငံကို ချစ်တဲ့လူ။ ဒုတိယကမ္ဘာစစ်အတွင်းမှာ အဏုမြူဗုံးလုပ်ဖို့ မဟာမိတ်ဘက်က ကြိုးစားသလို ဂျာမန်ဘက်က ကြိုးစားတဲ့အခါ ဟိုက်ဇင်ဘာ့ဂ် က အခရာပါ။ သူ့ကို လုပ်ကြံဖို့ကြိုးစားတဲ့ ရုပ်ရှင်ကားရှိတယ်။ ကြည့်လို့ ကောင်းတယ်။ တခါတလေ စကိုင်းနက်က လာတယ်။ သမိုင်းမှာ ပထမဆုံး ကွမ်တမ်ညီမျှခြင်းကို စရေးခဲ့တာ သူပါပဲ။ မက်ထရစ်ညီမျှခြင်းသုံးပြီးရေးထားလို့ မက်ထရစ် မက္ကင်းနစ်လို့ ခေါ်တယ်။ မက်ထရစ် တွေနားမလည်လို့ဆိုပြီး စိတ်အားမငယ်ပါနဲ့။ ဟိုက်ဇင်ဘာ့ အဲ့ညီမျှခြင်းကို စရေးတုန်းကလည်း ဘယ်သူမှ နားမလည်ဘူး။ အဲ့တုန်းက ရူပဗေဒသမားတွေက ဖန်ရှင်တို့ ၊ ကဲကုလပ်က ဒရိုက်ဗတစ်တို့ ပဲ သိတာ။ မက်ထရစ်က ပေါ်တာတော့ ကြာပြီ။ ဒါပေမဲ့ သင်္ချာသမားတွေပဲသိကြတာ။ ရူပဗေဒထဲကို မက်ထရစ် ရောက်လာတာ ဟိုက်ဇင်ဘာ့က စတာပါပဲ။

သူလည်း မက်ထရစ်ကျွမ်းလို့တော့ မဟုတ်ဘူး။ အဲ့တုန်းက ကွမ်တမ် ခေတ်ဦး။ စွမ်းအင်လယ်ဗယ် တွေကို ရှင်းပြဖို့ continuous value နဲ့ အလုပ်မဖြစ်ဘူးဆိုတာ ပလန့်၊ အိုင်းစတိုင်း ၊ဒီဘရိုင်း ဘာညာ တို့ကြောင့်သိနေပြီ။ အီလက်ထရွန်က သူတကောင်ထဲရှိနေရင် ကြိုက်တဲ့ position x မှာနေလို့ရတယ်။ ဒါပေမဲ့ ပရိုတွန်စက်ကွင်းထဲ ရောက်ရင်တော့ bound state ဖြစ်သွားတယ်။ အဲ့ အချိန်မှာနေချင်တဲ့နေရာ နေလို့ မရတော့ဘူး ။ Discrete energy level ဖြစ်လာတယ်။ ဒါကို ရှင်းပြဖို့ကြိုးစားတဲ့အခါ ဟိုက်ဇင်ဘာ့ဂ် က ဘာသွားတွေ့လည်း ဆိုရင် အီလက်ထရွန်တွေက စွမ်းအင်ပါတ်လမ်းတခုကနေ တခု ဆင်းလိုက် တက်လိုက် လုပ်တာပေါ့။ အဲ့လိုလုပ်တဲ့အခါ ဆိုပါတော့ ပါတ်လမ်း A ကနေ B သွားပြီး C ကို သွားတာနဲ့ ပါတ်လမ်း B ကနေ A ကို သွားပြီးမှ C ကို ရောက်တာ နောက်ဆုံးရောက်တာချင်း တူပေမဲ့ စွမ်းအင်မတူတာကို သချန်္ဂ ရှင်းပြရတယ်။ သချ်ာ အရတော့ ဒါကို non-commutative properties ခေါ်တာပေါ့။

AB-BA= some value

ခပ်ရှုပ်ရှုပ်ရေးတော့

[A , B]= some value

ပေါ့။ သေချာကြည့်ရင် သာမန် number တွေမှာ အဲ့အရည်အချင်း မရှိဘူး။ ဒါပေမဲ့ မက်ထရစ်တွေမှာ ရှိတယ်။ ဟိုက်ဇင်ဘာ့ဂ်က သူ့ညီမျှခြင်းကို သူ့ဆရာ မက်စ်ဘွန်းကိုသွားပြတော့ ဟိုက မက်ထရစ်တွေမှန်း သိတယ်။ အဲ့ကနေ မက်ထရစ်မက္ကင်းနစ် စတာပါပဲ။သူ့ ကွမ်တမ်ညီမျှခြင်းက

$$i\hbar\ \partial A/\partial t = [H,A]$$

အဲ့ဒါလေးပဲ ။ ဒါပေမဲ့ ရူပဗေဒ အသိုင်းအဝိုင်းက မက်ထရစ်မမြင်ဘူးတော့ နားမလည်လို့ သိပ်မပေါက်ဘူး။ နောက်တစ်နှစ်နီးပါးကြမှ ရှရိုးဒင်ဂါးက လှိုင်းညီမျှခြင်း နဲ့ ဒီလိုရေးတာက ပေါက်သွားတယ်။

$i\hbar\, \partial\psi/\partial t=H\psi$

ကြည့်ရင်ဆင်တူပေမဲ့ သင်္ကေတ နောက်က သင်္ချာပစ္စည်းတွေက သဘောတရား အတော်ကွဲတယ်။ ဒါပေမဲ့ ၂ခု လုံးမှန်တယ်။ ရှရိုးဒင်ဂါး နည်းကို လှိုင်းမက္ကင်းနစ်လို့ ခေါ်ပါတယ်။ စိုင်က လှိုင်းဖန်ရှင်ပေါ့။

အဲ့တော့ ပြောရရင် ကွမ်တမ်က စကတည်းက ၂ခုနဲ့စတာ။ ဒီလိုသီအိုရီ တခုထဲကို သဘောတရား မတူတာနဲ့ ရေးတာကို formulation လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ဖော်စပ်ပုံ မတူတဲ့ ဆေး ၂ဖုံလို့ပေါ့။ အာနိသင် ကတော့ အတူတူပဲ။

ဟိုက်ဇင်ဘာ့ဂ့်မှာပါတဲ့ A ကို operator လို့ ခေါ်ပါတယ်။ Aက မက်ထရစ်တွေပေါ့။ အော်ပရေတာ ဆိုတဲ့စကားကတော့ သူကမြင်တဲ့အတိုင်း H နဲ့ operate လုပ်တယ်။ H က ဟာမီတိုနီယမ်။ အလွယ်ပြောရရင်တော့ စွမ်းအင်ပေါ့။ operate လုပ်တာ ဘာလဲဆိုရင်တော့ ဘာမှ မဟုတ်ဘူး။H နဲ့ A တို့ matrix multiplication နဲ့ မြှောက်ကြတာ။ ကျောင်းမှာသင်တဲ့ row နဲ့ column မြှောက်ပြီး ပေါင်း သူ့နေရာ သူထည့်တာကို ပြောတာ။ ဒါက သင်္ချာလယ်ဗယ်။ လက်တွေ့လောကမှာ ဘာဖြစ်တာလည်း ပြောရင်တော့ စွမ်းအင် H ရှိတဲ့ အမှုန်ရဲ့ A ကိုတိုင်းတာ ။ ဒါပဲ။ A က တည်နေရာတို့ ၊ အဟုန်တို့ ၊ စပင်တို့ စသဖြင့် တိုင်းလို့ရတဲ့ ဟာမျိုးတွေကို ကိုယ်စားပြုတယ်။

ဒီမှာမက်ထရစ်အကြောင်းနဲနဲပြောပြမယ်။ကွမ်တမ်အတွက်လိုအပ်တာလေးပဲပေါ့။ တကယ်တော့ ဒါက linear algebra ခေါ်တဲ့သင်္ချာ။ အရမ်းလှတယ်၊ ရှုပ်တယ်။ သချ်ာ သမားတွေ အတိအကျ ဘယ်လို တွက်ရမလဲသိတဲ့ အရာ။ ဒါကြောင့် linear လို့ခေါ်တာ။ အဖြောင့်ပေါ့။ မဖြောင့်တဲ့ non-linear မှန်သမျှ ကို သင်္ချာသမားက တွေ့ရင် ဘာလုပ်လည်းဆိုတော့ အနီးစပ်ဆုံး ဖြောင့်လိုက်တယ်။ ပြီးတော့ အဖြေ ရှာတယ်။ ရတဲ့ထဲကို နဲနဲ perturbation လေးတွေပေါင်းထည့်တယ်။ပြီးတော့မှ မဖြောင့်တဲ့ ဟာရဲ့ အဖြေကို အနီးစပ်ဆုံးယူတယ်။ အဲ့ဒါ strategy ပါပဲ။ မှန်တဲ့အခါလည်းမှန်တာပေါ့။ မှားတဲ့ အခါကြတော့ လွဲတာပေါ့။😊။ အလကားပြောတာ မှားရင် နောက်တနည်းရှာပေါ့။ ကွမ်တမ် ဂရပ်ဗတီ ခက်နေတာ အဲ့ဒါကြောင့်ပါပဲ။

မက်ထရစ်က စပေါ်တော့ တပြိုင်တည်းညီမျှခြင်းတွေရှင်းဖို့ကြိုးစာရာကနေ စတယ်။ မသိကိန်း တွေ ၊ သိကိန်းတွေ တူရာတူရာ စုထားတာကို ကွင်းခတ်ပြီး မြှောက်ရင် ပိုကောင်းတယ် သိလာရာ ကနေ စတာပေါ့။ ဒီမှာမက်ထရစ်ရဲ့ ထူးခြားချက်က မတူဘူး ထင်ရတဲ့ တချို့မက်ထရစ်တွေက တကယ်တော့ အတူတူပဲဆိုတာ သိလာကြတယ်။တခု ကနေ တခု ကို တနည်းနည်းနဲ့ပြောင်းရင်ရတယ်။ အဲ့ မက်ထရစ်တွေကို equavalence class လို့ ခေါ်ပါတယ်။ သူတို့ကို တခုကနေ တခု ပြောင်းဖို့ တခြားမက်ထရစ်တခုနဲ့ ရှေ့နောက်ညှပ်မြှောက်ရတယ်။ similarity transformation လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ခုအချက်ကို နားမလည်လို့ ကွမ်တမ်ကို နားလည်ဖို့ အတော်ကြာသွားတယ်။

ဘာလို့ ရှောက်ပြောင်းနေလည်းဆိုတော့ တခုက မက်ထရစ်မြှောက်တယ်ဆိုတာ ဆိုဒ်ကြီးလေ ခက်လာလေပဲ။ ပြီးတော့ တခါတလေ ကွမ်တမ်မှာသုံးတဲ့ မက်ထရစ်ဆိုတာ infinite matrix တွေ။ Energy level က အဆုံးမှ မရှိတာ။ n x n matrix မှာ n က တခါတလေ အဆုံးမရှိ ၊ ဒါမှမဟုတ် အရမ်းကြီးတဲ့ number ပေါ့။ အဲ့အခါ ပြောင်းလိုက်လို့ရှိရင် ကံကောင်းရင် diagonal matrix ရတတ်တယ်။ အဓိပ္ပါယ်က မက်ထရစ်ရဲ့ လေးထောင့်ပုံ ကိန်းတန်းအစုအဝေးမှာ ထောင့်တန်း diagonal မှာပဲ ကိန်းတွေ ရှိတော့တယ်။ ကျန်တာက သုညပဲ။ အဲ့အခြေအနေမှာ မက်ထရစ်မြှောက်ခြင်းက လွယ်လွန်းလို့ မျက်စိနဲ့ လက်တန်းကြည့်လို့ ရတယ်။ ဒါကတော့ computation အပိုင်းပေါ့။

နောက်တချက်က မက်ထရစ် တွေမှာ ဗက်တာအနေနဲ့ ယူဆနိုင်တဲ့ မက်ထရစ် တမျိုးရှိတယ်။ n x 1 ဒါမှ မဟုတ် 1 x n matrix တွေပေါ့။ ရိုးတခု ကော်လံတခုပဲပါတဲ့ မက်ထရစ်တွေပေါ့။ အဲ့ဒါကို n x n matrix နဲ့မြှောက်တဲ့အခါ diagonal matrix ဖြစ်ခဲ့ရင် အရမ်းမိုက်တဲ့ အချက်တခုက diagonal မှာ ရှိတဲ့ ကိန်းတွေကို အိုင်ဂန်တန်ဖိုးတွေလို့ ခေါ်ပါတယ်။ Eigenvalue ကိုပြန်ထားတာ ။ ဒါက ကွမ်တမ် မက္ကင်းနစ်မှာ အရေးကြီးဆုံးအရာပဲ။

လိုရင်းကတော့ မက်ထရစ်ထဲမှာရှိတဲ့ အင်ဖော်မေးရှင်းတွေကို ထုတ်ယူတဲ့အခါ မက်ထရစ်က ဘယ်လောက်ရှုပ်ရှုပ် ထောင့်တန်း မက်ထရစ်ပြောင်းလိုက်တယ် ။ ထောင့်တန်းတလျှောက်က တန်ဖိုးတွေ က အိုင်ဂန်တန်ဖိုးတွေ ။ ထူးခြားချက်က မက်ထရစ်ပြောင်းရင် ဗက်တာလည်း ပြောင်းသွားတယ်။ အိုင်ဂန် တန်ဖိုးရစေတဲ့ ဗက်တာကို အိုင်ဂန်ဗက်တာ ခေါ်ပါတယ်။ အဲ့ဗက်တာတွေက တကယ်တော့ ဗက်တာ စပေ့ရဲ့ အခြေခံ ဗက်တာတွေပါပဲ။

အဲ့တော့ ကျနော်တို့နေတဲ့နေရာကို ၃ ဒိုင်မင်းရှင်းပြောကြတယ်။ ဒီစပေ့ထဲမှာ ကျနော်တို့ 360° ကြိုက်တာကို ပါတ်ပါတ်လည်သွားလို့ရတယ်။ ဒါပေမဲ့ ဒီစပေ့ကိုဖော်ပြဖို့ ရှိသမျှဒါရိုက်ရှင် အားလုံးမလို ပါဘူး။ ဒါရိုက်ရှင် အားလုံးလိုတယ်ဆိုရင်လည်း အဲ့သင်္ချာက သုံးစားရမှာ မဟုတ်ဘူး။ ဘာလို့ဆိုတော့ အဆုံးမှမရှိတာ။ အဲ့တော့ စပေ့ကို ကျနော်တို့က ၃ ဒိုင်မင်းရှင်းနဲ့ ချုံ့ပြီး ဖော်ပြလိုက်တယ်။ အဲ့တာ သေနင်္ဂဗျူဟာပါပဲ။ x, y, z အဲ့ သုံးခုနဲ့ ကြိုက်တဲ့ direction ကို ပေါင်းပြီးရေးတယ်။ဒါမျိုး

$$\vec{A} = a\vec{x} + b\vec{y} + c\vec{z}$$

A က ကြိုက်တဲ့ ဗက်တာ။ x,y,z က အခြေခံဗက်တာ။ a,b,c က ဗက်တာတွေရဲ့ပြင်းအားတွေ။ လိုရင်းကတော့ ဗက်တာစပေ့ထဲမှာရှိတဲ့ အဆုံးမရှိတဲ့ ဗက်တာတွေကို ဗက်တာ ၃ ခု ထဲနဲ့ ကိုယ်စားပြု လိုက်တာပေါ့။ ဒါပါပဲ။ အဲ့ အခြေခံဗက်တာတွေ ဘယ်ဘက်လှည့်ဖို့ လိုလည်းမေးစရာရှိတယ်။ ကြိုက်တဲ့ နေရာလှည့် ။အရေးမကြီးဘူး ။အရေးကြီးတာ ထောင့်မှန်ကျနေဖို့ပါပဲ။

ခု အိုင်ဂန်ဗက်တာဆိုတာကသူ့ကို အိုင်ဂန်မက်ထရစ်နဲ့ မြှောက်ရင် ဒါရိုက်ရှင်ပြောင်း မသွားဘူး။ အိုင်ဂန်တန်ဖိုးအတိုင်း တိုတာရှည်တာပဲရှိမယ်ပေါ့။ အမှန်တော့ - တန်ဖိုးတော့ ပြောင်းနိုင်တယ်။ရှုပ်လို့။

ဒါတွေ ဘာလို့ပြောနေလည်းဆိုတော့ လိုရင်းက ကွမ်တမ်မက္ကင်းနစ်မှာရှိနိုင်တဲ့ state ကို အိုင်ဂန်ဗက်တာတွေနဲ့ ကိုယ်စားပြုလို့ပါ။ မက်ထရစ် မက္ကင်းနစ်မှာတော့ အိုင်ဂန်ဗက်တာတွေက နှစ်ထပ်ကိန်းတင်လိုက်ရင် probability ရတယ်။ ဘာရဲ့ဖြစ်တန်စွမ်းလည်းဆိုတော့ ပေးထားတဲ့ အိုင်ဂန်တန်ဖိုး ဝင်မြောက်တဲ့ အိုင်ဂန်ဗက်တာရဲ့ ဖြစ်တန်စွမ်းပါပဲ။

ရှင်းအောင် စပင် ၂ ခုပဲပါတဲ့ အီလက်ထရွန်နဲ့ ဥပမာပေးပါမယ်။ အီလက်ထရွန်က စပင် မတိုင်းခင် စပင်စပေ့မှာ ကြိုက်တဲ့ဘက် မျက်နှာမူပြီးနေတယ်။ အဲ့စပေ့ကို အခြေခံဗက်တာ (basic vector) ၂ခု ပေါင်းပြီး ရေးလို့ရတယ်။ up နဲ့ down ပေါ့။ ဒါက မတိုင်းခင်။ မတိုင်းခင် အဲ့စပေ့မှာ ဘယ်ဘက် မျက်နှာမူလည်း ကျနော်တို့မသိဘူး။

ပြီးရင်တိုင်းတယ်။ တိုင်းတယ်ဆိုတာစပင်ကို သံလိုက်စက်ကွင်းထဲဖြတ်ခိုင်းလိုက်တာ။ တိုင်းပြီး သွားရင် ဘယ်ဘက်မျက်နှာမူမယ်ထင်လဲ။ သာမန်ဆိုရင်တော့ ကြိုက်တဲ့ ဘက်မူမယ် ထင်စရာရှိတယ်။ မဟုတ်ဘူး။ ရလာဒ်က up နဲ့ down နှစ်ခု ထဲက တခုခုကို မူတာပါပဲ။ အဲ့နှစ်ခုထဲက ဘာကျမယ် ဆိုတာလည်း အံစာလှိမ့်သလို random ပဲ။ အဲ့ဒါကွမ်တမ်ပါပဲ။

ရှုပ်သွားရင် ကျနော်တို့ နားလည်တဲ့ x y z နဲ့ ပြောကြည့်မယ်။ x y z ဆိုတာ ရှေ့နောက်၊ တောင်မြောက်၊ အပေါ်အောက်ကိုပြောတာ။ ဆိုပါတော့။ ကမ္ဘာပေါ်မှာမဟုတ်ဘူး။ အာကာသထဲမှာ captain marvel လို ပေါတောတောနဲ့ space suit မပါပဲ ရပ်နေတယ်။ တဖက်ဖက်ကို မျက်နှာမူလို့ပေါ့။ သာနိုးက **က** လာတယ်။ မျက်စိကမမြင်ဘူး။ သူကပွတိန်မာဗယ် ဘယ်ဘက်မျက်နှာမူနေလည်း သိချင်တယ်။ လုပ်နိုင်တာက သူ့လက်အိပ်အစွမ်းနဲ့ လက်ဖျောက်တီးလိုက်ရင် မျက်နှာမူတဲ့ဘက်ကို သိရမယ်။ ဒါပဲ။ မတီးခင်တော့ ကပ္ပတိန်မာဗယ်ရဲ့ မျက်နှာမူရာကိုတွက်ရင် x, y, z ကို အထက်လို ပေါင်းထားတာမျိုးပေါ့။ တီးပြီးရင်ရော။ သာမန်ကပ္ပတိန်ဗာဗယ်ဆိုရင်တော့ သူမူတဲ့ဘက်ကို သာနိုးက မြင်ရမယ်။ ဒါပဲ။ အဲ့ ကွမ်တမ်မာဗယ်ဆိုရင်တော့ သာနိုးဟာ ကွမ်တမ်မာဗယ် နဂိုက ဘယ်ဘက်မူမူ လက်ဖျောက်တီးပြီးတာနဲ့ x, y, z တဖက်ဖက်ကို မူနေတာ အမြဲတွေ့ရမယ်။ မထူးဆန်းဘူးလား။ ကွမ်တမ်အမှုန်ဟာ မကြည့်ခင် စပေ့ အကျယ်ကြီးမှာနေပေမဲ့ ကြည့်ပီးတာနဲ့ အခြေခံဗက်တာတွေပေါ်မှာပဲမေးတင်နေရတယ်။ ကွမ်တမ်က ကြောင်းကျိုးမကျဘူးဆိုရင် အဲ့တာပါပဲ။

ခုပြောတဲ့အချက်က လူတွေ ဘယ်လိုမှနားလည်လို့မရတဲ့ ကွမ်တမ်ပါပဲ။ ဒီမှာ စပေ့က တည်နေရာနဲ့ ပြောပေမဲ့ စပင်၊ အဟုန် ၊စွမ်းအင်စသဖြင့်တိုင်းလို့ရတဲ့ observable မှန်သမျှကို စပေ့အနေနဲ့ ခုလို ရေးလို့ရပါတယ်။ ဟိုက်ဇင်ဘာဂ်က ဒါကို မက်ထရစ်နဲ့ ရေးတယ်။ မတိုင်းခင်မှာ ကြိုက်တဲ့ မက်ထရစ်ပေါ့။ တိုင်းပြီးရင်တော့ diagonal matrix နဲ့ eigen vector တွေမှာပဲ စွမ်းအင်တန်ဖိုးက ရှိပါတော့တယ်။

ပိုင်သွန်

ရှရိုးဒင်းဂါး ညီမျှခြင်း

ရှရိုးဒင်းဂါး ညီမျှခြင်းကတော့ စိုင် ψ ဆိုတဲ့ လှိုင်းဖန်ရှင် နဲ့ဆိုတော့ အဲ့ခေတ်ရူပဗေဒသမားတွေအတွက် မစိမ်းပါဘူး။ စိုင် က ဖန်ရှင်။ အဓိပ္ပါယ်က input အနေနဲ့ x (နေရာ) ကို ထည့်လိုက်ရင် output အနေနဲ့ y direction အတိုင်း (ဒေါင်လိုက်ပေါ့) တိုးလိုက်လျော့လိုက် ဖြစ်နေတဲ့ sine wave ရဲ့ amplitude ကို ပေးတယ်။ sine wave မသိရင် အင်တာနက်မှာ sine wave လို့ ရိုက်ပြီး image နှိပ်လိုက် ။ပုံတွေအများကြီးပဲ။

ဒါက သူတို့ အတွက်မစိမ်းတော့ လွယ်သလိုဖြစ်နေတယ်။ သူတို့ ဒီညီမျှခြင်းကို အီလက်ထရွန်အတွက်တွက်ပြီး စိုင်ကအီလက်ထရွန်လှိုင်းရဲ့ amplitude (လှိုင်းအမြင့်) ကိုပေးတာလို့ ပထမတော့ ထင်တာပေါ့။ တွက်ကြည့်ပြီး စမ်းသပ်ချက်က ဒေတာတွေနဲ့ တိုက်စစ်တော့ တလွဲတွေဖြစ်နေရော။ နောက်မှ ဘွန်းက idea တခုချပြတယ်။

$$|\psi|^2 = P$$

စိုင်ကို ကွကိုယ်နဲ့ပြန်မြှောက်ရင် probability P ရတယ်ပေါ့။ ဘာရဲ့ P လည်းဆိုတော့ ကြိုက်တာရဲ့ ဖြစ်တန်စွမ်းပဲ။ စိုင်က input x ကိုယူရင် အဲ့ x ရဲ့ P။ စိုင်က စပင်ကို input ယူရင် စပင်ရဲ့ P ။ စိုင်က အဟုန်ကို input ယူရင် အဟုန်ရဲ့ဖြစ်တန်စွမ်း။

အထက်က စိုင်စကွဲ = P ဟာ ကွမ်တမ်ရဲ့နောက် rule တခုဖြစ်ပါတယ်။ ဒီ rule မပါဘဲ ဆိုရင် ရှရိုဒင်ဂါးညီမျှခြင်းက အပူညီမျှခြင်းလို ဘာလိုလို ဖြစ်သွားပါလိမ့်မယ်။ ကွမ်တမ်မဖြစ်ဘူး။ ကွမ်တမ်ရဲ့ ဒီ rule ကို ဘွန်း rule လို့ခေါ်ပါတယ်။ ပြောရရင် ဒီ rule ဟာ ဘုရားသခင်ပဲ။ လောကဟာ ရှရိုးဒင်ဂါး ညီမျှခြင်းအောက်မှာ ကြောင်းကျိုးကျနေပေမဲ့ ၊ deterministic ဖြစ်ပေမဲ့ တိုင်းလိုက်တဲ့ အချိန်၊ ကြည့်လိုက်တဲ့အခါ၊တုန့်လှယ်သက်ရောက်တဲ့အခါ မှာတော့ ဘွန်းနိယာမက ကျပမ်းတွေနဲ့ ပညာပြပါတော့တယ်။ လောကကို ဘွန်းနိယာမက ခြယ်လှယ်ပါတယ်။ အဲ့ဒါ ကျနော်ပြောတာ မဟုတ်ဘူး။ ကွမ်တမ်က ပြောနေတာပါ။ စကားမစပ် ကံ ကံရဲ့နိယာမတို့ ၊ ကြောင်းကျိုးတို့ ဘာတို့ညာတို့ ကိုယ်စိုက်တဲ့အသီး ကိုယ်ရိတ်တယ်တို့ဆိုတာ အမြဲမမှန်ပါဘူး။ ဒါတွေက ဘွန်း နိယာမထဲမှာ ပါတယ်။

ကျနော် ဘာဖြစ်လို့ ဒါပြောလည်း။ ပထမအချက်က ကျနော်တို့သိတဲ့ လောက ၊ ဆိုရရင် လူတွေ လယ်ဗယ်ပေါ့ဗျာ။ အဲ့ဒါဘာဖြစ်ဖြစ် အောက်က ကွမ်တမ်ရဲ့ approximation ပါပဲ။ classical limit ပေါ့။ ဒါကြောင့် ကျနော်တို့ကိုလည်း ဘွန်း နိယာမက အုပ်ချုပ်ပါတယ်။

ကွမ်တမ်ရဲ့လော ၂ခုမှာ ရှရိုးဒင်းဂါးညီမျှခြင်း (အရင်ပို့က ဟိုက်ဇင်ဘာ့ဂ် ညီမျှခြင်းနဲ့ အတူတူပဲ။ အဲ့ဒီက တွေ့ရှိချက်တွေက ခုပြောတာအတွက် အကျုံးဝင်ပါတယ်။) က နောက်ကွယ်က အရာပါ။ သူက ၁၀၀% deterministic ဖြစ်တယ်။ ဒီအပင်စိုက်ရင် ဒီ အသီးကို 100% စားရတယ်ဆိုတဲ့ နိယာမမျိုးပြသနာက သူက နောက်ကွယ်မှာပဲရှိနေတာမျိုး။ တခုခုလုပ်လိုက်ရင် (ဝါသနာပါရင် ကံကိုပြုတယ်

လို့ယူလိုက် macroscopic limit မှာ။ Physics အရတော့ measure လုပ်တယ်၊ interaction ဘာညာပေါ့) Born rule ကဝင်လာတာပါပဲ။ သူက အရင်ပို့စ်က ပြောတဲ့အတိုင်း ပိုကျယ်တဲ့ စပေ့ကနေ ၊ အခြေခံ ဗက်တာတွေထဲကတခုခုပေါ် ကျပမ်းဖမ်းတင်ပေးလိုက်တယ်။ အဓိပ္ပါယ်က ခဗျားပြုလုပ်ချင်းရဲ့ အကျိုးဟာ deterministic မဖြစ်ဘူး။ ကျနိုင်တာထဲက ကျချင်တာ ကျနေတာ ။ လောကဟာ random လို့ ပြောတာ။ စိုက်တာ သရက်ဖြစ်ပေမဲ့ သီးနိုင်တာ သရက်၊လိမ္မော်၊ ဒူးရင်း ၃ မျိုးရှိတယ်ဆိုရင် ၃ မျိုးထဲက တခုခုကို ကျပမ်းသီးပွင့်မယ်လို ပြောနေတာပါ။ ယုံချင်ယုံ ၊ မယုံချင်နေ လောက က အဲ့ဒီအတိုင်းပါပဲ။

ကျနော်တို့ လူတွေရဲ့ လယ်ဗယ်မှာ ဒီကွမ်တမ်နိယာမက ပျောက်သွားမယ်လို့ ထင်ရပေမဲ့ သေချာ အာရုံစိုက်ကြည့်ရင် အဲ့ဒီအချက်ကို မထင်မရှားတွေ့နိုင်ပါတယ်။ သတင်းဆိုးချည်းပဲတော့လည်း မဟုတ်ဘူးပေါ့။ Good news က ဘယ်လောက်ပေစောင်းပေစောင်း ဖြစ်နေလည်း ကံတချက်ကောင်းရင် နေရာရနိုင်ပါတယ်။ သတင်းဆိုးကတော့ ကြိုးစားတိုင်းလည်း အရာမထင်သူတွေရှိနေမှာပါပဲ။ ဒါပေမဲ့ probability သဘောကတော့ လုံလောက်တဲ့ frequency အကြိမ်အရေအတွက်ကို လုပ်ခဲ့ရင် (တနည်းတော့ လုံလောက်အောင်ကြိုးစားရင်) တကြိမ်တော့ ဖြစ်မှာပေါ့။ ဒါပေမဲ့ လုံလောက်အောင် ဆိုတဲ့အရာက subtle ဖြစ်ပါတယ်။ ထားပါ ။ ခုပြောနေတာက ဖစ်စစ်တော့ မဟုတ်ဘူး။ ဒါပေမဲ့ ဖစ်စစ်နိယာမတခုရဲ့ most possible macroscopic consequence ကိုပြောပြနေတာပေါ့။ World view ပေါ့ဗျာ။ ဒီအချက်ကိုတော့ အသေမမှတ်ပါနဲ့။ သို့သော် ဘွန်းနိယာမနဲ့ ရှရိုးဒင်းဂါးကတော့ လောကရဲ့ အခြေခံ အကျဆုံးနိယာမပါ။ ကျန်တာတွေက ဒီက ပြေးမလွတ်ပါဘူး။

ကွမ်တမ်ဖြစ်စဉ်ကို ပိုရှင်းအောင် အဆင့် ၃ ခု နဲ့ ထပ်ရှင်းပါမယ်။ ၃ ပိုင်း ပိုင်းပေမဲ့ အရာက measurement ဖြစ်ပါတယ်။ တိုင်းတာတာပေါ့။ တိုင်းတာတာကို ဘယ်လိုသတ်မှတ်မလဲကိုက ရူပဗေဒရဲ့ ပြဿနာတခုပါ။ Measurement problem ခေါ်တာပေါ့။ ဒါပေမဲ့ အကြမ်းဖျဉ်းကတော့ အီလက်ထရွန်ကို တိုင်းချင်ရင် ဖိုတွန်နဲ့ တိုက်လိုက်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် လမင်းဟာမကြည့်ရင် မရှိဘူးလားဆိုတဲ့စကား ပေါ်လာရတာပါ။ ကြည့်တယ်ဆိုတာ ဖိုတွန်နဲ့ လမင်းကို တိုက်ပြီး ပြန်ကန်ထွက်လာတဲ့ ဖိုတွန်ကို မျက်လုံးက ဖမ်းယူလိုက်တာပါပဲ။ ဒါကြောင့် interaction လို့ ယူရင်လည်းရပါတယ်။

ကွမ်တမ်စနစ်တခုဟာ ၃ ပိုင်းရှိပါတယ်။

1 မတိုင်းခင်

2 တိုင်းချိန်

3 တိုင်းပြီး

မတိုင်းခင်မှာ ပိုကြီးတဲ့ စပေ့မှာနေပါတယ်။ ဘယ်မှာနေလည်းတော့ မသိရပါဘူး။ Superposition of basic vector တွေ အနေနဲ့နေတာ ဖြစ်လို့ သရက် ၊ ဒူရင်း နဲ့ လိမ္မော်သီးရဲ့ အရောပါ။ တိုင်းချိန်မှာ သရက်သီးဖြစ်ချင်ဖြစ်မယ်။ လိမ္မော်သီး ဖြစ်ချင် ဖြစ်မယ်။ ဒူးရင်းသီး ဖြစ်ချင်ဖြစ်မယ်။ ဒီ၃ခု အရောတော့

ဘယ်တော့မှ မဖြစ်ဘူး။ ၃ခု ထဲက ဘာကျမလဲက random ပါ။ အံစာခေါက်ပြီး ကျပါတယ်။ အိုင်းစတိုင်းရဲ့ မချီတင်ကဲ "God does not play dice " က ဒီက လာတာပါ။

တိုင်းပြီးချိန်မှာတော့ လှိုင်းဟာ superposition state (၃သီးရော) ကနေ decoherence ဖြစ်ပီး ပါတ်ဝန်းကျင်နဲ့ entangle ဖြစ်ပါတယ်။ လိမ္မော်သီးကျခဲ့ရင် လိမ္မော်သီး ဆက်ဖြစ်မယ်။ ဒူးရင်းသီးကျခဲ့ရင် ဒူးရင်းသီးဆက်ဖြစ်မယ်။ သရက်သီးကျခဲ့ရင် သရက်သီးဆက်ဖြစ်ပါမယ်။

အထက်က ၃ ချက်က ရှရိုးဒင်းဂါးနဲ့ ဘွန်း နိယာမတွေရဲ့ အကျိုးဆက်ကို နားလည်လွယ်မဲ့ ဥပမာနဲ့ ပေးတာပါ။ ကွမ်တမ်က ကမောက်ကမ ပါ။ That means လောကဟာ ကမောက်ကမပါ။ ဆန်းတော့လည်း မဆန်းပါဘူး။ ဒါကြောင့်လည်း ကမောက်ကမ ကြောင်းကျိုး မဆီလျော်တာတွေ တွေ့နေရတာပေါ့။ အိုခေ ။ ခုထိကတော့ ကွမ်တမ်ရဲ့ ဆေး ၂ ဖုံကို မြင်သာအောင် ရှင်းပြတာပါ။ တခုသိရမှာက ရူပဗေဒဟာ စာနဲ့ရှင်းပြပေမဲ့ သင်္ချာညီမျှခြင်းဖြစ်လို့ တတ်နိုင်သမျှ တွဲစပ်ပြခြင်းပါ။

ဒီဖေါ်မြူလေးရှင်း ၂ခုဟာ တခုနဲ့တခု မတူဘူးထင်ရပေမဲ့ အတူတူဖြစ်ကြောင်းကို တွက်ပြခဲ့သူက ရှရိုးဒင်ဂါးကိုယ်တိုင်ပါပဲ။ ဒါကို စိတ်မကျေလည်သူတယောက် ရှိပါတယ်။ သူကတော့ ဒရက်ပါ။

ပိုင်သွန်

နယူတန့်ရေပုံး

နယူတန်ဟာ သူ့သီအိုရီကို ရေးတဲ့အခါမှာ အချိန်နဲ့နေရာဟာ အဓိကဇာတ်ကောင်တွေပါ လောကဟာ ဖြစ်ပျက်ပြောင်းလဲနေတာပါ ပြောင်းလဲမှုရဲ့ သင်္ချာက ကဲကုလပ် ဖြစ်ပြီးဒစ်ဖရန်ရှယ် ညီမျှခြင်းတွေဟာ အချိန် ဒါမှမဟုတ် နေရာပေါ်မူတည်ပြီး ရှိတ်ရတာပါ ∂/∂t ဆိုတာ အရာ တခုရဲ့ အချိန်နဲ့ လိုက်ပြီး ပြောင်းနှုန်းပေါ့။

$$\partial/\partial x+\partial/\partial y+\partial/\partial z$$

ဆိုတာက နေရာလိုက်ပြောင်းနှုန်းပါ။ နေရာက ၃ ဘက်တိုင်းမို partial differential ၃ခု ရှိနေတာပါ။ ဒါကို gradient လိုခေါ်ပြီး ∇(nabla operator) နဲ့ရေးလေ့ရှိပါတယ်။ ဥပမာ အပူချိန်ကို စဉ်းစားကြည့်ပါ။ တချို့နေရာတွေကအေးပြီး ကပ်ရပ်နေရာတွေက ပူပါတယ်။ ဒါက နေရာလိုက် အပူချိန်ပြောင်းနှုန်း gradient ပါပဲ။ ဒီမှာ သင်္ကေတကို ပြောချင်တာထက် အချိန်နဲ့နေရာဟာ ကဲကုလပ်မှာ ရှောင်မရဘူးဆိုတာ သိစေချင်တာပါ။ ပြဿနာက နိယာမတခုရေးမယ်ဆိုရင် အချိန်နဲ့နေရာဟာလိုကို လိုပေမဲ့ ဒီအချိန်နဲ့ နေရာဟာ တကယ်ရှိတဲ့ အရာလား (Absolute လားပေါ့) ဒါမှမဟုတ် သင်္ချာတွက်ဖို့ လူတွေ ဖန်တီးထားတဲ့ သဘောတရားတခု (relative လား)ပေါ့။ ဒါက နယူတန် ၊ သူနဲ့ ခေတ်ပြိုင် လိုက်ဗနစ်တို့ကို ငြင်းခုန်စေတဲ့ အရာပါ လိုက်ဗနစ်ဟာ ကဲကုလပ်ကို နယူတန်နဲ့ ခေတ်ပြိုင်ထွင်ခဲ့သူပါ။ သူတို့ ၂ ယောက်က ဘယ်သူအရင် ထွင်လဲဆိုတာနဲ့ပါတ်သတ်လို့ အငြင်းပွားခဲ့ကြပါတယ်။ လိုက်ဗနစ်ဟာ နယူတန်ရဲ့ absolute space ကို လက်မခံနိုင်ခဲ့ပါဘူး။ နေရာဆိုတာ ထိကိုင်လို့ရတဲ့အရာမှ မဟုတ်တာကိုး။ နယူတန်ကဒါကို တုန့်ပြန်ဖို့ အတွေးစမ်းသပ်ချက်တခုကိုလုပ်ခဲ့ပါတယ်။ အဲဒါက နယူတန်ရဲ့ရေပုံးပါ။ ရေပုံးတခုကိုယူပါ။ ရေအပြည့် နီးပါးထည့်ပါ။ ရေပုံးကိုင်းမှာကြိုးတချောင်း ချည်ပါ ။ ကြိုးကိုလိမ်လိုက်ပါ ။ ကြိုးကို လွှတ်လိုက်ပါ ။ ဒါဆို အလိမ်ပြေပြီး ရေပုံးဟာ လည်ပါလိမ့်မယ်။

(၁) ကြိုးအလိမ်မပြည်ခင်မှာရေပုံးက ရပ်နေပါတယ်ရေလည်းရပ်နေပါတယ် ရေမျက်နှာပြင်က ပြားနေမယ် အလိမ်ဖြည်ပြီးတော့

(၂) အစမှာ ရေပုံးလည်ပေမဲ့ ရေကမလည်ပါဘူး ရေမျက်နှာပြင်ကပြားမယ်

(၃) နဲနဲကြာလာတော့ ရေပုံးလည်း လည်မယ် ရေလည်းလည်မယ် ရေမျက်နှာပြင်က ခွက်သွားမယ်

(၄) ဒီအဆင့်မှာ ရေပုံးကို အလည်ရပ်အောင် လက်နဲ ့ထိန်းလိုက်ပါ ရေပုံးရပ်သွားမယ် ရေကဆက်လည် နေမယ် ရေမျက်နှာပြင်က ခွက်မယ်။

ဒီတော့ နယူတန်ကမေးပါတယ်။ ရေလည်တဲ့အခါ ရေမျက်နှာပြင်က ဘာလို့ခွက်တာလဲ။ အမှန်တော့ ကားတွေကွေ့တဲ့အခါ လူယိုင်သွားသလို ရေလည်တဲ့အခါ ဗဟိုခွာအားက ရေကိုတွန်းထုတ်ပါတယ်။ ရေက လွတ်တဲ့နေရာတက်ရင်း ခွက်သွားရတာပါ။ ဒါပေမဲ့ နယူတန်က ဒါကို မေးချင်တာ

မဟုတ်ပါဘူး။ ရေလည်တဲ့အခါ လည်ခြင်းရဲ့ အကျိုးဆက်အဖြစ်ခွက်တာကိုတွေ့နေရပါပြီ။ ဒါပေမဲ့ ရေဟာ ဒီလိုခွက်အောင် ဘာနဲ့နှိုင်းယှဉ်ပြီး လည်တာလဲ?။ Relative motion လို့ယူဆတဲ့သူကတော့ ရေပုံးနဲ့ ယှဉ်လို့လို့ပြောနိုင်ပါလိမ့်မယ်။ ဒါပေမဲ့ (၂) မှာ ရေပုံးလည်ပေမဲ့ ရေကမလည်ပါဘူး။ ဒါက relative motion ပါ။ ဒါပေမဲ့ ရေမျက်နှာပြင်က ပြားတယ်။ (၃) ကျတော့ ရေကောရေပုံးကောအတူတူလည်နေတယ်။ ဒီ ၂ ခု ကြားမှာ ဘာ relative motion မှမရှိဘူး။ ဒါပေမဲ့ ရေမျက်နှာပြင်ကခွက်တယ်။ ဒီတော့ရေဟာ ရေပုံးနဲ ့ယှဉ်ပြီးလည်တာ မဖြစ်နိုင်တော့ဘူး။ (၄) ကျပြန်တော့ ရေပုံးကရပ်ပြီး ရေကလည်နေတယ်။ Relative motion တော့ ပြန်ဖြစ်တယ်။ ဒါပေမဲ့ (၂) နဲ့မတူတာက ရေကခွက်နေတယ်။ ဒီတော့ ရေလည်တာ (ခွက်တာ)ဟာ ရေပုံးနဲ့ နှိုင်းယှဉ်ပြီးဖြစ်တာတော့ မဖြစ်နိုင်တော့ဘူး။ ဒါဆို ဘာနဲ့လဲ။ ကမ္ဘာနဲ့လား၊ စမ်းသပ်သူနဲ့လား။ ဒါတွေကို တခုထဲချုပ်ပြောလို့ရပါတယ်။ ကမ္ဘာနဲ့လို့၊ ဒါဆိုနယူတန်က စမ်းသပ်ချက် တခုထပ်လုပ်တယ်။ ကမ္ဘာကော ကြယ်တွေလတွေ စမ်းသပ်သူပါမရှိတဲ့ ဟင်းလင်းပြင်မှာ ရေပုံးကို အထက်ကအတိုင်း စမ်းမယ်ဆိုရင်ရေမျက်နှာပြင်ဟာ ခွက်မှာလား နယူတန်က ခွက်မယ်တဲ့ဒါဆိုရင်တော့ ရေလည်နေတာသေချာပါပြီ။ ဒါပေမဲ့ ဘာနဲ့ယှဉ်ပြီးလည်မှာလဲ။ ရေပုံးနဲ့ယှဉ်လည်တာတော့ အထက်က ပြောသလို မဟုတ်ဘူး ဒါဆိုရင်တော့ ဘာမှမရှိတဲ့ နေရာမှာယှဉ်စရာဆိုလို့ space ပဲ ရှိပါတော့တယ်။ ဒါကြောင့် spaceဟာ စိတ်ကူးထဲက အရာမဟုတ်ဘူး။ တကယ်ရှိကိုရှိနေရမဲ့အရာ။ Absolute space လို့ သုံးသပ်ပြခဲ့တာပါ။ ဆိုလိုချင်တာက သင်ဟာ စကြာဝဠာက ရှိရှိသမျှ အရာတွေကို ယူသွားရင်တောင် space ဆိုတာကြီး ကျန်ခဲ့မှာပါ။ ပြီးတော့ ဒါကလက်တွေ့ စမ်းသပ်လို့ရတယ်။ ရေမျက်နှာပြင် ခွက်ခြင်းဆိုတဲ့ အကျိုးဆက်နဲ့ တိုင်းတာလို့ရတာပါပဲ။ ဒီလိုရှင်းတဲ့နောက်မှာ လိုက်ဗနစ်ဟာ နယူတန်ရဲ့ absolute space ကို လက်မခံချင်လည်း လက်ခံခဲ့ရပါတော့တယ်။

ဒါဖြင့် absolute space ဟာ တကယ်ပဲရှိသလား?

ဒီမှာ ဝင်လာသူကတော့ ကျနော်တို့ရဲ့မာ့ခ်ျပါ။

ပိုင်သွန်

Vortex

ဝဲတွေကတော့ နေရာတကာမှာ တွေ့ရတဲ့အရာပါ။ ရစ်ချက်ဖိုင်းမင်းရဲ့ အဆိုအရတော့ ဝဲနဲ့ turbulence ဟာ Classical physics ရဲ့ အရေးကြီးသလောက် ဖြေရှင်းမရသေးတဲ့ ပြဿနာပါ။ Fluid လို့ခေါ်တဲ့ငွေ့ရည် တွေရဲ့ သဘာဝကို အကောင်းဆုံးရှင်းပြနိုင်တဲ့ ညီမျှခြင်းက နေဗီယာ-စတုတ် ညီမျှခြင်းပါ။ ဒီညီမျှခြင်းကို curl ယူရင် ဝဲကတော့တွေရဲ့ ညီမျှခြင်းကိုရပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ non linear equation ဖြစ်တာကြောင့် solution ရှိလား၊ မရှိဘူးလားဆိုတာက ခုချိန်ထိဒေါ်လာ တသန်းတန်တဲ့ ပြဿနာပါ။ ဆိုလိုတာက ဒါကို ဖြေရှင်းနိုင်ရင် သင်က ဒေါ်လာတသန်း ရပါလိမ့်မယ်။ငွေ့ရည်တွေရဲ့ flow စီးဆင်းမှုက ၂မျိုးရှိပါတယ်။ တခုက ငြိမ့်ငြိမ့်လေး စီးဆင်းတာ (laminar flow) ဖြစ်ပြီး နောက်တမျိုးက ဝရုန်းသုန်းကား စီးဆင်းမှု (turbulence flow) ပါ။ လမင်နာဖလိုးကို နားလည်ပေမဲ့ ဝရုန်းသုန်းကားကို ခုချိန်ထိ ဘယ်သူမှ နားမလည် ကြပါဘူး။ အနီးစပ်ဆုံးပြောနိုင်တဲ့သူက ရေးနိုးလ် ပါ။ ရေးနိုးလ်ရဲ့ ညီမျှခြင်းက

$$Re= uL/\gamma$$

ပါ။ u က ငွေ့ရည်ရဲ့အလျင်ဖြစ်ပြီး L က characteristic length ပါ။ γ က စေးပြစ်မှု(viscosity) ပါ။ ဆိုလိုတာကစေးပြစ်မှုနည်းရင် ရေးနိုးလ် နမ်ဗာ (ရေးနိုးလ်ကိန်း) များပါတယ်။ ရေးနိုးလ် ကိန်း 5000 ကျော်တဲ့ အရည်မှာ turbulence ရှိကို ရှိပါတယ်။ ဒါဖြင့် turbulence ဟာ ဘာလဲ။ သူ့ရဲ့ အရည်အချင်းတွေထဲက တခုကတော့ vortex များရှိခြင်းပါ။ ဒါဖြင့် vortex (ဝဲ) ဆိုတာကကော ဘာလဲ?

ဝဲ ဟာ axis of rotation ကို fluid elements တွေက ဝဲလှည့်နေတဲ့ အခြေအနေပါ။ တပြိုင်နက်တည်းမှာ fluid element ကိုယ်တိုင်ကလည်း လည်နေနိုင်ပါတယ်။ ဒါကို Vorticity လို့ ခေါ်ပြီး ညီမျှခြင်းအားဖြင့်

$$\omega=\nabla\times u$$

လို့ရေးပါတယ်။ u က velocity field ဖြစ်ပြီး curl of u က Vorticity ပါ။ ဒါပေမဲ့ ဝဲတိုင်းမှာ vorticity ရှိတာတော့ မဟုတ်ပါဘူး။ ω=0 ဖြစ်တဲ့ ဝဲကို irrotational fluid လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဟမ်းဟို့ဇ်ရဲ့ ဒုတိယ သီအိုရမ်အရ ဝဲ တွေရဲ့အလယ်က axis of rotation ဟာ ဘယ်တော့မှ fluid တွေထဲမှာ မဆုံးပါဘူး။ ငွေ့ရည်ရဲ့ မျက်နှာပြင်မှာဆုံးရင်ဆုံးမယ် (ဥပမာလေဆင်နှာမောင်းတွေဟာ ဒါကြောင့်မြေပြင်မှာဆုံးတာပါ)ဒါမှမဟုတ်ရင် အဆုံးအချင်းချင်းပြန်ဆက်ပြီး loop ဖြစ်သွားပါတယ်(ဆေးလိပ်မီးခိုးငွေ့အဝိုင်းတွေမြင်ဖူးကြမှာပါ) ကမ္ဘာပေါ်မှာ ဝဲကတော့ပေါင်းများစွာရှိပြီး ဒီထဲက ဥပမာ တချို့ကတော့ မုန်တိုင်း ၊လေဆင်နှမောင်း၊ Water sprout၊ ဗွေ ၊ရေဝဲ ၊ ဆေးလိပ်မီးခိုးကွင်း စသဖြင့်ပါ။

ပိုင်သွန်

$1/r^2$

ဂျိုးအန်း ကပ်ပလာက တိုင်ချိုပရေး တသက်တာလုံး စုဆောင်းထားခဲ့တဲ့ဒေတာတွေ သုံးပြီး တွက်ချက်ခဲ့ရာမှာ ဂြိုဟ်သွားလမ်းတွေဟာ ဂရိတွေထင်သလို စက်ဝိုင်းပုံမဟုတ်ပဲ ဘဲဥပုံဆိုတာ သိခဲ့ရပါတယ်။ ဂရိတွေအတွက်တော့ ကောင်းကင်ကအရာတွေရဲ့ လမ်းကြောင်းဟာဝိုင်းစက် ပြည့်စုံရမယ်ပေါ့။ ဒါကို မှားကြောင်းကပ်ပလာက ပြခဲ့ပါတယ်။ တကယ်တော့ စက်ဝိုင်းပဲဖြစ်ဖြစ် ဘဲဥပုံပဲဖြစ်ဖြစ် ဒါတွေကို ကန်တော့ပုံဖြတ်ပိုင်းလို့ခေါ်ပါတယ်။ ကန်တော့ပုံတခုကို ယူလိုက်ပါ။ ရေပြင်ညီဖြတ်ရင် စက်ဝိုင်းရပါတယ်။ စောင်းပြီးဖြတ်ရင် ဘဲဥပုံရပါတယ်။ ဒေါင်လိုက်ဖြတ်ရင် ပါရာဗိုလာ ရပါတယ်။ ကပ်ပလာကဘဲဥပုံ ဘာလို့ရတာလဲတော့ မရှင်းပြနိုင်ခဲ့ပါဘူး။ ဒါကိုရှင်းပြနိုင်သူက နယူတန်ပါ ။ နယူတန်ဟာ F=ma =mr'' ဆိုတဲ့ယေဘူယျ အား ညီမျှခြင်းနဲ့ ဒြပ်ဆွဲအား $F=Gm_1m_2/r^2$ ဆိုတဲ့ နိယာမ ၂ ခုကို တွေ့ခဲ့ပါတယ်။ ပထမညီမျှခြင်းက ယေဘူယျကျတဲ့ ညီမျှခြင်းမို့ အားက ကြိုက်တဲ့အားပါ F နေရာမှာ ဒြပ်ဆွဲအား လျှပ်စစ်သံလိုက်စသဖြင့်ကြိုက်တာထည့်လို့ရပါတယ်။ ဒုတိယညီမျှခြင်းကတော့ ဒြပ်ထုရှိတဲ့ အရာဝတ္ထု ၂ ခု m_1 နဲ့ m_2 ကြားမှာ ဖြစ်ပေါ်တဲ့ အားပါ။ ဒီအားဟာ အကွာအဝေး ၂ ထပ်ကိန်းနဲ့ ပြောင်းပြန်အချိုးကျပါတယ်။ ဒါကို ၂ထပ်ကိန်းပြောင်းပြန်နိယာမလို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒီနိယာမက ဒြပ်ဆွဲအားတင် မဟုတ်ပါဘူး။ လျှပ်စစ်သံလိုက်အားမှာလည်းရှိပါတယ်။ ဘာကြောင့် $1/r^2$ ဖြစ်ရလဲ? အာခီးမီးဒီးစ်ဟာ အရည်ရဲ့ ဖော့ဂုဏ်ကို တွေ့ခဲ့သူ၊ ပိုင် ကိုနားလည်ခဲ့သူ၊ အလင်းကိုသုံးပြီး စစ်တိုက်ခဲ့သူ၊ စလောင်းတို့ရဲ့ ဖခင်နဲ့ ကမ္ဘာ့အပြင်မှာသာ ခြေချစရာတနေရာပေးရင် ကမ္ဘာကို ကုတ်နဲ့ ကော်ထုတ်မဲ့သူပါ။ သူရဲ့ ကြီးကျယ်တဲ့ တွေ့ရှိမှုတခုကတော့ စက်လုံးရဲ့မျက်နှာပြင် ဧရိယာပါ။ သူက အချင်းဝက် r ၊ စက်ဝန်း p ရှိတဲ့ စက်ဝိုင်းရဲ့ဧရိယာနဲ့ ထောင်မှန်ခံအနားကလွဲရင် ကျန်နီးစပ်အနား ၂ဘက် ကအလျား r နဲ့ p ရှိတဲ့ ထောင့်မှန်တြိဂံတို့ရဲ့ဧရိယာဟာ တူကြောင်းပြနိုင်ခဲ့ပါတယ်။ အောက်မှပုံကိုကြည့်ပါ။ ဒီကနေ

$$A(\text{circle})= A(\text{right angle})=1/2\ pr =1/2\times 2\pi r \times r$$

$$=\pi r^2$$

ကို ရရှိခဲ့ပါတယ်။

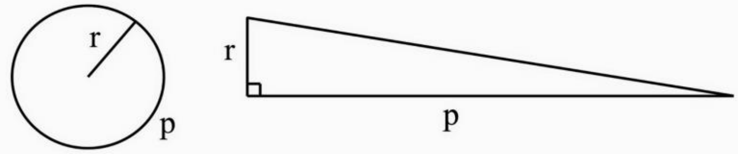
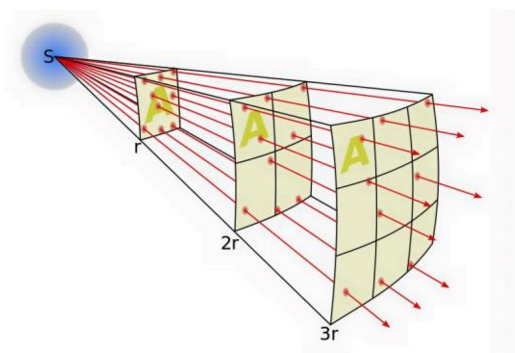


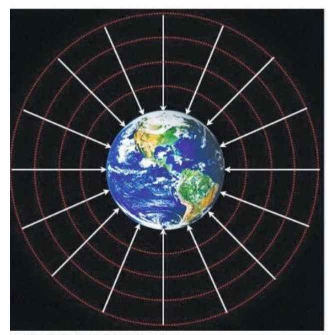
Figure 3.3: Archimedes proved that this circle and this triangle have the same area.

နောက်တခါ စက်လုံးမျက်နှာပြင်ဟာ စက်လုံးရဲ့ အကြီးဆုံးစက်ဝိုင်းရဲ့ ဧရိယာ ၄ဆ ရှိကြောင်း သိခဲ့ပါတယ်။

$$A(sphere)=4A(circle)=4\pi r^2$$

တကယ်တော့ စက်လုံး ဟာ 3 dimension ပစ္စည်းပါ။ သူ့မျက်နှာပြင်ကတော့ ၂ ဒိုင်မင်းရှင်း ရှိပါတယ်။ စက်လုံးရဲ့ထုထည်ဖြစ်ဖြစ်၊ မျက်နှာပြင်ဧရိယာပဲဖြစ်ဖြစ်၊ အချင်းဝက်ပေါ်ပဲ မူတည်ပါတယ်။ ၃ ဒိုင်မင်းရှင်းမှာတော့ စက်လုံးရဲ့မျက်နှာပြင်ဧရိယာက r^2 ပေါ်ပဲမူတည်ပါတယ်။ ဒြပ်ဆွဲအားကို ဖော်ပြတဲ့အခါ အောက်ကပုံမှာလို သူ့ပြင်းအားကို ပေးထားတဲ့ မျက်နှာပြင်ဧရိယာကို ထောင့်မှန်ကျကျ ဖောက်သွားတဲ့အားလိုင်း အရေအတွက်နဲ့ဆုံဖြတ်ပါတယ်။ ပေးထားတဲ့ဧရိယာမှာများများဖြတ်ရင် ပြင်းအားများတယ်။ နဲနဲဖြတ်ရင် အားနည်းတယ်။ ဒြပ်ဆွဲအားဟာ ဒုတိယပုံမှာလို့ဒြပ်ထုကို ဗဟိုထားပြီး ပါတ်ပါတ်လည်ကို ဖြာထွက်ပါတယ်။ ဒီဖြာထွက်မှုဟာ ၃ ဒိုင်မင်းရှင်းရှိတဲ့ ကျနော်တို့စကြာဝဠာမှာတော့ စက်လုံးပုံပါ အားလိုင်းတွေရဲ့ အရေအတွက်ကတော့ အကွာအဝေးနဲ့လိုက်ပြီး မပြောင်းပါဘူး။ ဒါပေမဲ့စက်လုံးရဲ့ မျက်နှာပြင်ဧရိယာကတော့ နီးလေ သေးလေသေးလေ ဖြတ်သွားတဲ့ အားလိုင်းတွေ သိပ်သည်းလေ ပါရလာဒ်က အား ဟာ $1/r^2$ နဲ့အချိုးကျတာပါပဲ။ နယူတန်ဟာ လနဲ့ကမ္ဘာလို အချင်းချင်းပါတ်နေတဲ့ 2 body problem ကို ဖြေရှင်းခဲ့ပါတယ်။





ig. 2.11. The Earth's gravitational force lines.

$$m_1 r_1'' = -Gm_1m_2/r^2 \times \vec{r}$$

$$m_2 r_2'' = Gm_1m_2/r^2 \times \vec{r}$$

F = ma မှာ F နေရာ ဒြပ်ဆွဲအား ထည့်ထားတာပါ။ r က m_2 နဲ့နှိုင်းယှဉ်ရင်ရှိတဲ့ m_1 ရဲ့ relative position ပါ။ r ကို $r = r_1 - r_2$ နဲ့ရေးနိုင်ပြီး $\vec{r}$ က ယူနစ် ဗက်တာပါ။

ဒီညီမျှခြင်း ၂ခုကို နှုတ်ရင်

$$r'' = -\mu/r^2 \times \vec{r}$$

ရပါတယ် $\mu = G(m_1+m_2)$ ပါ ဒါရဲ့ အဖြေက

$$r = a(1-e^2)/1+e.\cos\theta$$

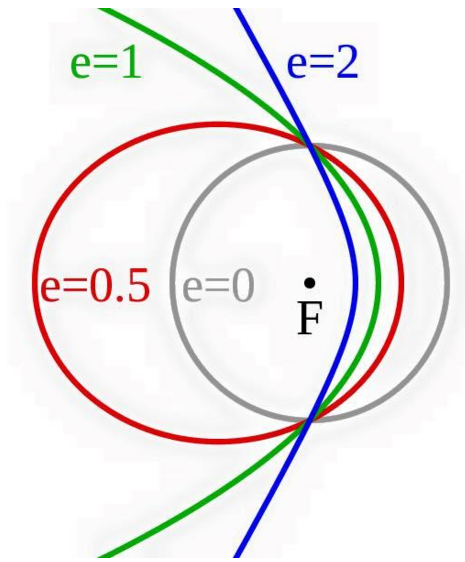
ပါ။ ဖြေရှင်းနည်းအဆင့်ဆင့်တော့ မရေးတော့ပါဘူး။ ခုညီမျှခြင်းက ကန်တော့ပုံဖြတ်ပိုင်း (ဝါ) conic section ပါပဲ။ a က semi major axis ၊ e က eccentricity ပါ။

e = 0 , circle

0 < e < 1 , ellipse

e = 1 , parabola

e > 1 , hyperbola



ပါ။ a နဲ့ e ဟာ ဒြပ်ဝတ္ထုရဲ့ စွမ်းအင်နဲ့ထောင့်ပြောင်း အဟုန်ပေါ်မူတည်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် စွမ်းအင်နဲ့ ထောင့်ပြောင်းအဟုန်ကို စနစ်အပြင်က ပေးလိုက်ရင် conic section ဟာလည်း ပုံပြောင်းနိုင်ပါတယ်။ နေအဖွဲ့အစည်းမှာတော့ ဒါကပုံသေမို့လမ်းကြောင်းတွေက ပုံသေဖြစ်နေတာပါ။ ဂြိုဟ်အများစုက ဘဲဥပုံ၊ ကြယ်တံခွန်တွေက ဟိုက်ပါဘိုလာနဲ့ မြားတွေက ပါရာဗိုလာပုံ သွားကြတာဟာ နယူတန်ရဲ့ဒီညီမျှခြင်း အဖြေကြောင့်ပါ။ တနည်းကျနော်တို့ လောကက ၃ ဒိုင်မင်းရှင်း ရှိလို့လည်း ဖြစ်ပါတယ်။ နယူတန်က ဒါကို တွက်ခဲ့ပေမဲ့ မထုတ်ပြန်ပါဘူး။ ဒီအချိန်မှာ ဟုခ် လောကိုတွေ့ခဲ့တဲ့ ရောဘတ်ဟုခ်က ဒြပ်ဆွဲအားဟာ ပြောင်းပြန် ၂ ထပ်ကိန်းလို့ သူ့မိတ်ဆွေ ဟေလီ တို့ကိုပြောခဲ့ပါတယ်။ ဟေလီ ဆိုတာက ဟေလီ ကြယ်တံခွန်ကိုတွေ့ခဲ့သူပါ။ မိတ်ဆွေတွေက သင်္ချာနည်းအရ တွက်ပြဖို့တောင်းဆိုတဲ့အခါ ဟုခ် ဟာ တွက်လို့မရခဲ့ပါဘူး။ ဒီအချိန်မှာဒြပ်ဆွဲအားနဲ့ပတ်သက်ပြီး အတော်သိတယ်လို့နယူတန်က တိုးတိုးသဲ့သဲ့ နာမည်ကြီးနေတာပါ။ ဒါနဲ့ ဟေလီလည်း နယူတန့်ဆီသွားခဲ့ပါတယ်။ သူကနယူတန်ကို ဒြပ်ဆွဲအားရဲ့ အောက်မှာ ပါတ်လမ်းဟာ ဘာဖြစ်မလဲလို့မေးခဲ့တဲ့အခါ "conic section " လို့ဖြေခဲ့ပါတယ်။ ဟေလီဟာ အရမ်းအံ့အားသင့်သွားပြီး ဘယ်လိုသိလဲဆိုတော့ “I calculate it” လို့ဖြေခဲ့ပါတယ်။ အဲ့ဒီတွက်ခဲ့တာက ခုပြောတဲ့ဟာပါပဲ။ ဟေလီရဲ့ တိုက်တွန်းမှုနဲ့ ငွေစိုက်ထုတ်မှုကြောင့် သိပ္ပံခေတ်ကို တရားဝင်စတင်စေခဲ့တဲ့ Philosophiae Naturalis Principia Mathematica ဟာ ဖြစ်ပေါ်လာခဲ့ပါတယ်။

ပိုင်သွန်

သင်္ချာရဲ့သင်္ချာ

၁၆၄၂ အင်္ဂလန် လင်ကွန်း ရှိုင်းယား ၊ ဝူးသော့ ။ ဟာနန်း နယူတန်က လမစေ့ သေးတဲ့ သားငယ်ကို မွေးဖွားခဲ့တယ်။ ခလေးကသေးလွန်းတော့ မတ်ခွက်ထဲတောင် ထည့်လို့ရတယ်လို့ သူမက နောက်တော့ ပြန်ပြောခဲ့တယ်။ အဲ့မတ်ခွက်ကဘယ်အရွယ်လဲတော့ ကျနော်လဲမသိဖူး။ သူမကတော့ ဒီခလေး အသက်ရှင်လိမ့်မယ်လို့ မထင်ခဲ့ပါဘူး။ ဒါပေမဲ့ဒီခလေးဟာ အသက်ရှင်ယုံတင်မကပါဘူး။ လူသားတို့ရဲ့ သမိုင်းကိုပါ ပြောင်းပစ်ခဲ့ပါတယ်။ သူက ဆာအိုင်ဆက်နယူတန်ပါ။ နယူတန် ၄နှစ်သားမှာ အမေက နောက်အိမ်ထောင်ပြုခဲ့ပါတယ်။ အဖွားနဲ့နေရပါတယ်။ ဒါကပဲ သူ့ကို တကိုယ်တည်း နေစေခဲ့ပါတယ်။ ကျောင်းမှာလည်းစာသိပ်မတော်ခဲ့ပါဘူး။

ဒါပေမဲ့ ဦးလေးရဲ့ကောင်းမှုကြောင့် ကိန်းဘရစ်ချ်ကိုတက်ခွင့်ရခဲ့ပါတယ်။ အဲ့ဒီမှာ အဖေ အစားထိုး အနေနဲ့ ရူပဗေဒပါမောက္ခ အိုင်ဆက်ဘာရိုးနဲ့တွေ့ခဲ့ပါတယ်။ ဒီမှာ နယူတန်ဟာ သူ့ရဲ့သင်္ချာစွမ်းရည်ကို binomialtheorem ကိုတိုးချဲ့ရင်းပြခဲ့ပါတယ်။ ဘိုင်နိုမီရယ် ဆိုတာကိန်း၂ ခုပါတဲ့ မြှောက်ခြင်းပါ။

$$(a+b)(a+b)= a^2+2ab+b^2$$

ပါ။ ဒါကို (a+b) နဲ့ထပ်မြှောက်ရင်

$$(a+b)^3=a^3+3a^2b+3ab^2+b^3$$

ထပ်မြှောက်ရင်

$$(a+b)^4=a^4+4a^3b+6a^2b^2+4ab^3+b^4$$

ဒါတွေမှာ pattern တခုရှိတယ်။ ဒီပုံစံကို ယေဘူယျပြုရင်

$$(a+b)^n = a^n+n/1!\ a^{n-1}\ b+ n(n-1)/2!\ a^{n-2}\ b^2+n(n-1)(n-2)/3!\ a^{n-3}\ b^3+.....+b^n$$

သင်္ကေတကပါဝါကို 1,2,3,4 ပဲ။ ကီးဘုတ်မှာတင်ရလို့ စာရွက်ပေါ်မှာပြန်ရေးကြည့်ပေါ့။ ဒီမှာ factorial ! က

0!=1

1!=1

2!=2*1= 2

3!=3*2*1= 6

4!=4*3*2*1= 24

......

စသဖြင့်ပေါ့။ ဖတ်တိုရီရယ် အရည်အချင်းတခုက

n=n!/(n-1)! (ဥပမာ 3=3*2*1/2*1)

n(n-1)=n!/(n-2)! ပါ။ (ဥပမာ 4*3=4*3*2*1/2*1)

ဒါကို ယေဘူယျ ပုံစံဆို

n(n-1)(n-2).....(n-(j-1))=n!/(n-j)!

ပါ။ Binomial ရဲ့ General formula မှာ မြှောက်ဖော်ကိန်းဟာအပေါ်ကို အောက်က စားထားတဲ့ ကိန်း ၂ ခု ရှိပြီး အပေါ်က n(n-1)(n-2).. စသည်ကို ခု ရတဲ့

n!/(n-j)!

နဲ့ရေးနိုင်ပါတယ်။ အောက်ကပိုင်းခြေကို j! နဲ့ရေးနိုင်ပါတယ်။ ဘိုင်နိုမီရယ်ကိန်းတန်းမှာ ဖြန့်ထားတဲ့ ကိန်းတန်းဟာ ထပ်ညွှန်းထက်တခုပိုတာကို တွေ့နိုင်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် j ကို 0 ကနေစရေပါတယ်။ ဒါဆို မြှောက်ဖော်ကိန်းရဲ့ ယေဘူယျ ပုံစံက

1/j! * n!/(n-j)!= n!/j!(n-j)!

ပါကိန်းတန်းမှာ a ဟာကြီးရာက သေးသွားပါတယ်ဆိုလိုတာက n ကစပြီး 0မှာ ဆုံးမယ်။ ဒါကြောင့် a^n-j ပါ။ b က 0 ကစ ပြီး n မှာဆုံးမယ် သူက ငယ်ရာက ကြီးမှာဒီတော့ b^j ပါ j က 0 to n ပေါ့ ဒါဆိုရှင်းမယ် ထင်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် ဘိုင်နိုမီရယ်ရဲ့ ယေဘူယျညီမျှခြင်းကို ! သုံးပြီး ဒီလိုရေးနိုင်ပါတယ်။

(a+b)^n= Σ(j=0 to n) n!/j!(n-j)! a^n-j b^j

ပါ ချတွက်ကြည့်ပါ ဒီမှာ n!/j!(n-j)! ကို (n   j) လို့ ရေးရင် ဒါက ဘိုင်နိုမီရယ် မြှောက်ဖော်ကိန်းပါ ဒါကို တြိဂံလို ရေးလို့ရပြီး ပါစကယ်တြိဂံလို့ခေါ်ပါတယ်။ ညီမျှခြင်းက ဒါဆို

(a+b)^n= Σ(j=0 to n) (n   j) a^n-j b^j

ပေါ့။ နယူတန်က ဒါကိုတွေ့ခဲ့တဲ့အပြင် သူ့ကိုသူ ဆက်မေးပါတယ်။ ခု ဘိုင်နိုမီရယ် မှာ n က Integer ပါ ကိန်းပြည့်ပေါ့။ သူက တကယ်လို့ ကိန်းပြည့်မဟုတ်ဘဲ Real number ဖြစ်ခဲ့ရင်(ဆိုလိုတာက ဒသမတို့၊ အနုတ်တို့ အပိုင်းကိန်းတို့ဖြစ်ရင်) ရလာဒ်ကဘာရမလဲ သူက ဒါကို n အစား p ကိုသုံးတယ်။ အဖြေက

(a+b)^p= a^p+p a^p-1 b+ p(p-1)/2! a^p-2 b^2+

......

ဒါက အဆုံးမရှိပါဘူး။ ဘာလို့ဆိုတော့ real number က အဆုံးမရှိလို့ပါ။ ဒါဆို ဒီ series က convergence ဖြစ်မလား။ တနည်း အဖြေရှိမလား။ ဒီမှာ နယူတန်တွေ့တာက တကယ်လို့ b ဟာ a နဲ့ ယှဉ်ရင် အရမ်းသေးရင် အဖြေရှိပါတယ်။ ဒီမှာ အရမ်းသေးတယ်ဆိုတာက 0.000000000012စသဖြင့် သုညနား ကပ်တာကို ဆိုချင်တာပါ။တကယ်လို့ အဲ့ဂဏန်းကို ၂ ခါမြှောက်ခဲ့ရင် 0.000000000012*0.000000000012 ဆိုရင်ဘာရမလဲအဖြေက သုညနီးပါးပါပဲ ဒီအချက်ကိုမှတ်ထားပါ။ ၁၆၆၅ မှာ ပလိပ်ရောဂါဖြစ်လို့ ကိန်းဘရစ်ချ်ပိတ်ခဲ့ပါတယ်။ နယူတန်က မွေးရပ်မြေ ဝူးသော့ ကိုပြန်တယ်။ အဲဒီမှာ ဒြပ်ဆွဲအားနဲ့ ကဲကုလပ်ကို တွေ့ခဲ့တယ်။ ကဲကုလပ်ကသင်္ချာ။ ဒြပ်ဆွဲအားက ရူပဗေဒ။ ဒြပ်ဆွဲအားကို လေ့လာရင် အချိန်နဲ့အမျှ ပြောင်းနေတဲ့အလျင်လို ဟာမျိုးတွေပါပါတယ်။

နယူတန့်အရင် သင်္ချာက ဂရိတွေတွေ့ခဲ့တဲ့ geometry နဲ့ algebra ပါ။ ဒီ ၂ ခုက ရပ်နေတဲ့ အရာတွေကိုလေ့လာတဲ့သင်္ချာပါ။ ခုနယူတန်လိုနေတာက ဒြပ်ဆွဲအား အတွက်ဆိုရင်ရွေ့နေတဲ့ အရာတွေကို လေ့လာနိုင်တဲ့ သင်္ချာပါ။ ဒါကမရှိသေးပါဘူး။ မရှိတော့ နယူတန်ဘာလုပ်လဲ ထွင်လိုက်ပါတယ်။ ဘယ်ကနေထွင်လဲ။ ဘိုင်နိုမီရယ်ကပါ။ အလျင်ဟာ ပြောင်းနေပါတယ်။ အောက်ကျတဲ့ အရာဟာ ကျလေမြန်လေပါ။ စက္ကန့်နဲ့အမျှ မြန်ပါတယ်။ အချိန်ကို t လို့ခေါ်ရင် Δt ဟာ အချိန်နဲနဲလေး တိုးတာပါ။ ဥပမာ t က 1စက္ကန့်ဆိုရင် Δt က 0.000000000012 လို ဟာမျိုးပေါ့။ (t+Δt) က 1.000000000012 ပေါ့ ။ နယူတန်က ဒါရဲ့ ဘိုင်နိုမီရယ်ကိုရေးတဲ့အခါ

$$(t+\Delta t)^p=t^p+p\ t^{p-1}\ \Delta t+ p(p-1)/2!\ t^{p-2}\ \Delta t^2+\ldots$$

ပါ။ ဒီမှာ အထက်ကပြောတဲ့ အတိုင်း Δt^2ဟာ သိပ်သေးတော့ သုညပါ။ သုညနဲ့မြှောက်ရင် သုညမို့ နောက်ကိန်းတွေဟာ အားလုံးသုညပါ။ ဒါဆို ဒီညီမျှခြင်းကိုအနီးစပ်ဆုံး

$$(\mathrm{t}+\Delta\mathrm{t})^2=\mathrm{t}^p+p\ t^{p-1}\Delta\mathrm{t}$$

ပါ။ ဒါဆို Δt က သုည နီးပါးရောက်တာနဲ့ (ဒါကို သင်္ချာအခေါ်က Limit Δt tends to zero)

$$\lim_{\Delta t\to 0}\left|(t+\Delta t)^p - t^p/\Delta t\right| = p\ t^{p-1}$$

ပါ။ ဟိုဘက်ကဟာကို ဒီဘက်မှာလာနုတ်တယ်။ ပြီးတော့ဟိုဘက်က မြှောက်တာကို ဒီဘက်မှာ လာစားတယ်။ ရလာဒ်က p t^{p-1} နဲ့တူတယ်။ ညီမျှခြင်းရဲ့ဘယ်ဘက်က တကယ်တော့ differential df/dt ရဲ့ definition ပါ။ ညာခြမ်းက function f(x) ကို ရှိတ်ရင် ရမဲ့ရလာဒ်ပါ။ ဥပမာ $f(x) = x^3$ ဆိုရင် ရလာဒ်က $3x^2$ ပါ။ ဒါဟာ ကဲကုလပ်ရဲ့အစပါပဲ။ အာရုံစိုက်ရင်တော့ နားလည်ပါလိမ့်မယ်။ ဒါက ပြောင်းလဲခြင်းရဲ့သင်္ချာ၊ ကဲကုလပ်ရဲ့အစပါ။ လောကဟာ သင်္ခါရ(ပြောင်းလဲခြင်း)ဆိုရင် ဒါကို တိတိကျကျ ရေးနိုင်တဲ့သင်္ခါရရဲ့ သင်္ချာဟာ နယူတန်ရဲ့ ကဲကုလပ်ပါ ။ ပိုင်သွန်

အတွေးအခေါ် နဲ့ကဗျာ

ခုတလောတော့ အတွေးအခေါ်နဲ့ကဗျာဘက်ကို နဂါးခေါင်းလှည့်နေတယ်။ လှည့်ဖြစ်ပုံက နယူတန်က ကဲကုလပ်ကို သူ့ယာမြေ ဝူးသော့မှာ ပလိပ်ရောဂါကြောင့် ကျောင်းပိတ်လို့အိမ်ပြန်တဲ့ ၂နှစ်ကာလ မှာ တီထွင်ခဲ့တာပါ။ ဘယ်ကနေ တီထွင်လဲကို လေ့လာရင်းကနေ binomialCoefficient ဆီရောက်သွားတယ်။ နောက်တော့ ပါစကယ် တြိဂံပေါ့။ အဲ့ဒါတွေ အကြောင်း ရှေ့မှာ ကျနော် ရေးဖူးပါတယ်။ စိတ်ဝင်စားရင်ပြန်ရှာကြည့်ကြပါ ။ အဲ့ပါစကယ်တြိဂံကို တရုတ်တွေက အစောဆုံးတွေ့ခဲ့တာလို့ဆိုပါတယ်။ ဒုတိယတွေ့တဲ့သူက အိုမာခေယမ်ပါ။ သူ့အကြောင်းဖတ်ရင်း ရေးချင်နေတာ ကြာပြီဖြစ်တဲ့ သူ့ရုဘိုင်ယတ်ကို ပြန်ရေးဖြစ်သွားတယ်။ ၂ရက်လောက်ကြာတယ်။ အိုမာခေယမ်ဆိုတာ အချစ်ရယ်၊ ပေါင်မုန့်တလုံးရယ်ဆိုတဲ့ စာသားပိုင်ရှင်ပေါ့။ ဒါက ကမ္ဘာမှာကို နာမည်ကြီးတာပါ ။ အိုမာခေယမ်ဟာ ၁၁ရာစုမှာပေါ်တဲ့ ပါရှား သင်္ချာပညာရှင်၊ နက္ခတဗေဒပညာရှင် ကဗျာဆရာနဲ့ အတွေးအခေါ်ပညာရှင်ပါ။ ပါရှားဆိုတာခုခေတ် အီရန်ပေါ့ ဆူဖီခေါ်တဲ့ မူဆလင်ဝါဒ ထွန်းကားတယ် အိုမာခေယမ်တို့ခေတ်မှာ ဂရိ နဲ့ ရိုမန်ခေတ်တွေ တိမ်မြုပ်သွားပြီ။ ဂရိတွေရဲ့သင်္ချာကို အာရပ်တွေကအဓိက ထိန်းသိမ်းပေးခဲ့တာ ဒီခေတ်မှာ သူတို့ကမှတဆင့် အလယ်ခေတ် ဗင်းနစ်ကနေ သင်္ချာပညာဟာ အနောက်ဆီကိုရောက်ပြီး ရီနေးဆွန်း ခေတ်စတာပေါ့။ အိုမာခေယမ်က အထက်ကပြောသလို ပါစကယ်တြိဂံနဲ့ Binomial theorem, geometric algebra တွေကို ရေးခဲ့သူ၊ နက္ခတဗေဒ မှာ ဆို ပြက္ခဒိန်ကို စနစ်တကျ ပြန်ဆွဲခဲ့သူပါ။ သူကတစ်နှစ်မှာ 365.24219858156 ရက် ရှိတယ်လို့တိုင်းနိုင်ခဲ့ပါတယ်။ ဒါအတော်တိကျပါတယ်။ ခုခေတ်စံနဲ့ဆိုရင်တောင် အတွေးအခေါ်ဘက်မှာလည်း အတော်ပံ့ဖိုးခဲ့ပါတယ်။ ကဗျာမှာတော့ ရုဘိုင်ယတ်လို့ခေါ်တဲ့ လေးကြောင်းပါတဲ့ကဗျာ အမျိုးအစားတွေပါ။ အဆုံးစာလုံးတွေရဲ့ ကာရန်ပေါ်မူတည်ပြီး AAAA, AABA, ABAB စသဖြင့် ရေးပါတယ်။ လေးကြောင်းပြည့်ရင်ကဗျာတပုဒ်ပေါ့ ။ ခေယမ်က ဒါမျိုး ၁၀၀၀ လောက်ရေးခဲ့ တယ်ဆိုပါတယ်။ ခုရုဘိုင်ယတ်လို့သိနေတာက ဖစ်ဇ်ဂျရယ် ရဲ့ လင်ရာပါ။ ၁၀၁ပုဒ် ၁၁၀ နဲ့ ၇၅ ဆိုပြီး မူကွဲတွေရှိတယ်။

ဖစ်ဇ်ဂျရယ်ကြောင့် အနောက်မှာ အိုမာခေယမ်က နာမည်ကြီးလာပါတယ်။ တကွဲတပြားဖြစ်နေတဲ့ ရုဘိုင်ယတ်တွေကို အိုမာခေ့ယမ်ရဲ့ ဒဿနပေါ်လွင်အောင်စီစဉ်ပေးခဲ့တယ်။ တချို့ အပိုဒ်တွေကလည်း ဖစ်ဇဂျရယ်ရဲ့ own creation တွေပါတယ်လို့ဆိုပါတယ်။ ဒါကြောင့် တချို့ကလည်း Rubaiyat of FitzOmer လို့ခေါ်ကြပါတယ်။ ခေယမ်ရဲ့ဒဿန က Atheism,nihilism လို့ပြောကြတယ်။ Nihilism ဆိုတာက လူ့ဘဝဖြစ်တည်မှုမှာ ရည်ရွယ်ချက်တွေ အဓိပ္ပါယ်တွေ မရှိဘူး။ တိုက်ဆိုက်မှုဆိုတဲ့ သဘောပဲရှိတယ်ဆိုတဲ့အယူအဆပေါ့။ သူ့ကဗျာမှာ စပျစ်ဝိုင်ကို ဘဝရဲ့နိမိတ်ပုံအနေနဲ့ယူပြီး ရေးထားပါတယ်။ ဘဝဟာမမြဲမှု ပစ္စုပ္ပန်မှာ ဘယ်လိုနေမလဲ။ ဒါတွေကို ရေးဖွဲ့ထားတဲ့သူ့ကဗျာကို အောက်မှာ ဘာသာပြန်ပေး လိုက်ပါတယ်။ သူ့ကဗျာကို ဖစ်ဇ်ဂျရယ်ပြန်တဲ့အခါ AABA ပုံစံ ကိုသုံးပါတယ်။ ကျနော်လည်း AABA ပုံစံဝင်အောင် အတတ်နိုင်ဆုံးပြန်ထားပါတယ်။ ရုဘိုင်ယတ်ဆိုတာ ဒါကိုခေါ်တာမို့ပါ...

ရှဘိုင်ယတ်

၁

ထလေ့ာ့! ညရဲ့ဖလားထဲက နံနက်ခင်း

ကြယ်တွေကို ပြေးအောင် ခဲပစ်ရှင်း

ကြည့်စမ်းလေ ! အရှေ့ရဲ့ မုဆိုးက

စူလတန့်နန်းမှာ အလင်း ကျော့ကွင်း ခင်း

၂

အာရုဏ်ရဲ့ ဘယ်လက်ကကောင်းကင်မှာ အိပ်မက်တော့

ဗျစ်ရည်ဆိုင်ထဲက အော်သံလေ ကြားကြရ သူငါ နော့

" ထပါလေ၊ ခလေးရယ်၊ ခွက်တွေကို ဖြည့်ကြ

ဘဝ ရဲ့ သေရည်တွေ ခွက်မှာ မခန်းခင်ပေါ့"

၃

လင်းကြက်တွန်သံကြားတော့ ဗျစ်ဆိုင်ရှေ့ က

လူတသိုက်က အော်တယ် "တံခါး ကို ဖွင့်ပါဗျ ။

တို့တတွေ ကြာကြာ မနေနိုင်တာ မင်းသိရဲ့သား

သွားရပြီ ဆိုတာနဲ့ ပြန်မလာနိုင် ဘူးဟ"

၄

ခုတော့ နှစ်သစ်က ဆန္ဒဟောင်းတွေ ပြန်လည်ရှင်သန်ဖို့

အထီးကျန် အတွေးနက်ခြင်းကို အနားပေးလို့

သစ်ကိုင်းထက်က မိုးဇက်ရဲ့ အဖြူရောင်လက်တွေ

ထုတ်ပြရာ၊ ယေရှုလေ သက်ပြင်း စို့

၅

ပျောက်ဆုံးသွားတဲ့မြို့တော်ဟာ သူ့ရဲ့နှင်းဆီတွေနဲ့အတူ

ဘယ်မှာရှိမှန်း ဘယ်သူမှမသိတဲ့ ခွက်ကိုယူ

ပျောက်ဆုံးသွားလဲ ရေးပတ္တမြားရောင် နွယ်တွေကြား

ရေပန်းများနဲ့ ဥယျာဉ် တခုနဲ့တူ

၆

ဒေးဗစ်ရဲ့ နှုတ်ခမ်းတွေ ဆွံ့အ နဲ့ယိုင်

စူးရှတဲ့ အသံကိုပြုတယ်" ဝိုင်!ဝိုင်!ဝိုင်

ဝိုင်နီလေ!" နိုက်တင်ဂေးငှက်ငယ် သူ့ပါးတွေ

နှင်းဆီလိုနီဆွေးတဲ့အထိ အော်သံလှိုင်

၇

လာပါ ဖြည်လှည့် ! ခွက်ကို နွေဦးရဲ့မီးလျှံကြား

ပြောင်းလဲချင်တဲ့ ဆောင်းရဲ့ ဒီအဝတ်အစား

ချွတ်ချခဲ့တော့ ။ အပျံသင်စ အချိန်ရဲ့ငှက်ငယ်

ကြည့် စမ်းလေ! ငှက်ဟာ လေဟုန်ကြား

၈

နေ့နဲ့အတူ ပန်းပေါင်းတစ်ထောင် ပွင့်ကာဖူး

နိုးထ မြေသားများပေါ်ပြန့်ကျဲ လိုမ့်ကာလူး

ဒီ ဦးဆုံးနွေလဦး က နှင်းဆီတွေကို သယ်လာတော့

ဂျင်ရှစ် နဲ့ ကိုင်ကိုဘတ် တို့ အဝေးကို ပြေးကြဦး

*ဂျင်ရှစ်က ဒဏ္ဍာရီထဲက ဘုရင်ကြီး

၉

ဒါပေမဲ့ လာပါ ခေယမ် ကြီး ရေ

ကိုင်ကိုဘတ်ကို မေ့ထားချန်ခဲ့ လေ

ရပ်စ်တမ် တယောက် သူ့ဘာသာ လှဲပါစေ

ဟာတင်တိုင်လည်း ညစာစားချိန် ဂရုမထားနဲ့လေ

*ရုပ်စိတ်မဲ့ဟာ ဒဏ္ဍာရီထဲက စစ်ပွဲမှာ သားမှန်းမသိပဲ

ကိုယ့်သားကို ပြန်သတ်ခဲ့တဲ့ သူရဲကောင်းပါ

၁၀

ငါ့ဘေးတလျှောက်မှာ ပရဆေးပင် ပြန့်ကျဲတဲ့ စိုက်ခင်း

ကန္တာရ နဲ့ပျိုးခင်း ကို ခြားထားတဲ့ ကွင်း

ဘုရင်နဲ့ကျွန် ရဲ့အမည်သညာ တွေရှင်းရာ

သနားစရာ စူလတန် မာမွတ် နန်းတက်ချိန် အတွင်း

၁၁

ပင်ယံအောက်မှာ ပေါင်မုန့်တလုံးရယ်

ဝိုင်တပုလင်း ၊ ကဗျာ တအုပ် နဲ့မင်းရယ်

တောရိုင်းကြီးထဲ ငါ့နံဘေးမှာ သီချင်းသာ ဆိုနေရင်

တောရိုင်းမြေဟာ နိဗ္ဗာန်သာ ပါကွယ်

၁၂

မခိုင်မြဲတဲ့ အာဏာဟာ ဘယ်လောက် ချိုမြမလဲ?

ရလာမဲ့ နိဗ္ဗာန်ကော ဘယ်လောက်ကောင်းနိုင်မလဲ?

လက်ထဲက ပိုက်ဆံကို ဆုပ်ကိုင်၊ မပိုင်တဲ့ကျန်တာကိုမေ့ထား

အဝေးကဗုံသံဟာ ရဲရင့်တေးသွား များပါပဲ

၁၃

တို့အနားမှာ ပွင့်လာတဲ့ နှင်းဆီကိုကြည့်ပါ

"ဒီကမ္ဘာထဲပွင့်ရတဲ့ အဖြစ်က ရယ်စရာ

ငါ့ပွင့်လွှာ ပိုးပန်းဖွားတွေ ကြွေခါကျတာနဲ့

ဥယျာဉ်ရဲ့ ရတနာ ဟာ ကွယ်ခါပျောက်သွားမှာ"

၁၄

လူတွေရဲ့ နှလုံးသားက ရည်မှန်းချက်ကြီးမား

မကြာခင်မှာ ပြာ၊ ပြာဖြစ်လို့သွား

ကန္တာရထက်က နှင်းပွင့်များလို

တနာရီသာသာ ထွန်းလင်းလွင့်ပျောက်သွား

၁၅

ရွှေမှုန်ရွှေသားမှ ခင်တွယ်ကြသူတွေ

မိုးပွင့်လို လေထဲ လွင့်ပျံ့ချင်သူတွေ

ကမ္ဘာမြေဟာ ရွှေရောင် ဘယ်အခါ မဝင်းပသလို

သေပြီဆို တူးခါဖို့ကြလေ

၁၆

ဒီ ချုံးချုံးကျသော ခိုနားရာ လှည်းစခန်းမှာတော့

သူ့အဝင်လမ်းဟာ နေ့ နဲ့ည တလှည့်စီပေါ့

စူလတန်ပြီး စူလတန် ခမ်းနားစွာ တနာရီနှစ်နာရီစံအပြီး

ခရီးလမ်းကို ဆက်ထွက်ကြပေါ့

၁၇

ဂျင်းရှစ် သေသောက်ကြူး လို့ စံမြန်းရာမယ်

ရုံးတော် ဝယ် ခြင်္သေ့နဲ့နဂါးတွေ စောင့်ကြတယ်

မုဆိုးကြီးဘာရမ် သူ့ခေါင်းကို မြည်းရိုင်းနင်းတော့

အမြန်ဆုံးပဲ လျောင်းစက်ရရှာတယ်

၁၈

ဆီဆာ့ သွေးစက် ပွက်ရာမှာ ပွင့်တဲ့ နှင်းဆီလို

ငါ ဘယ်တော့မှ ရဲရဲနီ မပွင့်ဖူးလို့။

တခါကချစ်ရသူ ကေသာထက်က

ဥယျာဉ်က ပန်တဲ့ ဗေဒါပန်းနှယ် ရင်ခွင်ထဲမှာခို။

၁၉

နူးညံ့စွာစိမ်းတဲ့ ကြည်နူးဖွယ် ဒီနွယ်မြက်တွေ

တို့မှီခိုတဲ့ မြစ်ရဲ့နှုတ်ခမ်းဝယ် တသွေးတမွေး လေ

အင်း!! ဖြည်းဖြည်းမှီပ ဘယ်သူသိမလဲ

တခါကချစ်ဖွယ် နှုတ်ခမ်းမှ ပွင့်ဖူးဝေ

၂၀

အို ' ချစ်ရသူရေ ! ငှဲ့လှည့် ပေါ့ ဒီခွက်

အတိတ်ရဲ့နောင်တ နဲ့ အနာဂါတ်ရဲ့ကြောက်စရာ့ နေ့ရက်

ဒါတွေကိုရှင်းပေးတဲ့ ခွက်ကို ။ ဘယ်လို! မနက်ဖြန်လား

မနက်ဖြန်ဆို မနေ့ရဲ့နှစ်ပေါင်း ခုနှစ်ထောင် မှာ ငါလေရပ်

၂၁

ကြည့်' တို့ ချစ်ရတဲ့သူတွေ ၊ အချစ်ဆုံး ၊ အတော်ဆုံးတွေပေါ့

စပျစ်ရာသီရဲ့အခါ နဲ့ကြမ္မာ ရင့်မှည့်လာတော့

သူတို့ခွက်တွေ တကြိမ်နှစ်ကြိမ် မော့ကြလို့

တယောက်ပြီးတယောက်ငြိမ်ဆိတ်ဖြေးညင်းစွာနားလေတော့

၂၂

တို့တွေ ခန်းမထဲမှာ ပျော်ကြတယ် ခုချိန်ခါ

 နွေက ပွင့်သစ်ကို ဆင်မြန်းတော့ သူတို့တွေ ထွက်ခွာ

ကမ္ဘာမြေရဲ့ ညောင်စောင်း အောက် ကို ဆင်းရမဲ့အတူတူ

ဒီညောင်စောင်း က ဘယ်သူ့အတွက် တို့တွေလုပ်ကြတာ

၂၃

တို့မသုံးဖြစ်မဲ့အရာ အများစုကို တို့ လုပ်ခဲ့ကြ

တို့တွေကိုယ်၌ က မြေမှုန့်ထဲကို မဆင်းခင် ခဏ

မြေမှုန့်မှ မြေမှုန့်၊ မြေမှုန့်အောက်မှာ ၊ လိမ်ညာလို့

ဝိုင်မရှိဘဲ၊ သီချင်းမရှိဘဲ၊ တေးသံရှင်မပါဘဲ၊ အဆုံးမသိနိုင်ရ။

၂၄

ဒီနေ့ အတွက် ပြင်ဆင်နေသူကော

မနက်ဖြန်ကို ငေးကြည့် သူတွေရော

အမှောင်မျှော်စင်ပေါ်က နိဗ္ဗာန်ဆော် အော်တယ်

"အရူးတွေ! မင်းတို့ ဆုလာဒ်က ဒီမှာကောဟိုမှာပါ မရှိတော့

၂၅

ဘာကြောင့်လဲ, သူတော်စဉ်ကော ပဏ္ဍိတ ပါ

လောက ၂ပါး အကြောင်း ဆွေနွေးငြင်းခုံကြတာ

ဘိုးတော်ရှုးတွေလိုပြောကြတဲ့ သူတို့ဆိုစကား

မြေမှာပြန့်ကြဲ၊ ပါးစပ်မယ် မြေမှုန့်ခဲတို့ ပိတ်သွားရှာ။

၂၆

ဝိုး လာပါ ခေယမ်ရယ် အသိဉာဏ်တွေထားခဲ့

ပြောရရင် တခုတော့ သေချာတယ် ဘဝ ဟာမမြဲ

တခုသာ သေချာ တယ် ကျန်တာ အလိမ်ညာမို့

တကြိမ်သာ ပွင့်တဲ့ ပန်းဟာ နွမ်းတော့ ထာဝရ အမြဲ

၂၇

ငယ်စဉ်အခါ သမယ ငါ ကြားခဲ့ရ စကားတွေ

သမား နဲ့ သူတော်စဉ် များ ငြင်းခဲ့ကြ တအားလေ

ဟိုအကြောင်း ပြီး ဒီအကြောင်း ၊ နောက်ကျနောက်တမျိုး

ငါ့မှာသာ ဝင်ခဲ့သော တခါးက ပြန်ထွက်လေ။

၂၈

သူတို့နဲ့အတူ ပညာ မျိုးစေ့ကို ငါလိုက်ပျိုး

ကိုယ့်လက်နဲ့ ရှင်သန် အောင် အားစိုက်ကြိုး

ဒါဟာ ငါ ရိတ်သိမ်းခဲ့သော ကောက်နှံပါ

ရေလိုလာ လေလိုသွား တဲ့ အမျိုး

၂၉

ဒီ စကြာဝဠာထဲ ဘယ်အခါ ၊ ဘာကြောင့်မသိပဲ ငါ

ရေလို သာ ဂူးဝါးဝါး စီးခဲ့တာ

အပျက်စီးတွေကြားက လေလို ပဲ

ဘာမှန်းသာ မသိပဲ ဝိုးတဝါး ပြန်ထွက်ခွာ

၃၀

မစူးစမ်းဘဲ ဘာကြောင့် လောနေလဲ?

မမေးမြန်းဘဲ ဒီမှာ လောနေဆဲ

ရိုင်းစိုင်းတဲ့ အမှတ်သညာတွေ ဖျက်နိုင်ဖို့

တခွက်ပြီးတခွက် လက်ဇယ်စက် နေရဲ့

၃၁

ကမ္ဘာ့ဗဟိုကနေ ခုနှစ်ခုမြောက်ငရဲတံခါးကို ဖြတ်လို့သာ

စေတန် ရဲ့ ပလ္လင်မှာ ငါ ရပ်နေ တာ

လမ်းခရီးမှာ ကြိုးထုံးများစွာ ရှင်းလာခဲ့ပေမဲ့

သေခြင်းတရား နဲ့ ကြမ္မာထုံးကိုတော့ ဖြေလို့မရခဲ့ပါ

၃၂

သော့မရှိတဲ့ တခါးတခု တွေ့တယ်

မမြင်ရတဲ့ မျက်နှာဖုံး တွေ ရှိတယ်

ခဏတဖြုတ်တော့ မင်း နဲ့ငါ့အကြောင်း ပြောကြမယ်

နောက်တော့ မင်း နဲ့ငါ ထပ်ပြီး မရှိတော့တယ်

၃၃

ပြီးတော့ လိမ့်နေတဲ့ ကောင်းကင်ဘုံ ကို ငါ အော်မေးလို့

အမှောင်ကမ္ဘာမယ် ဒယိမ်းဒရိုင်နဲ့သူ့ကလေးဖို့

ကံကြမ္မာရယ် အလင်းပြဖို့ မီးအိမ် ရှိသေးရဲ့လား

ကောင်းကင်ဘုံက ပြောတယ် မျက်ကန်းယုံကြည်စို့

၃၄

နောက်တော့ ကမ္ဘာမြေဆိုတဲ့ ခွက်ဆီ ငါရွှေ့ခဲ့

ဘဝရဲ့လျှို့ဝှက် တွင်းကို လေ့လာမယ် ငါ့နှုတ်ခမ်းတွေနဲ့

နှုတ်ခမ်းပြီး နှုတ်ခမ်း ညည်းတယ် "ရှင်သန်တုန်း

သောက်စမ်းပါ ! သေသော် မပြန်နိုင် မဲ့..."

၃၅

ရစ်ရွှေခွက်ဟာ ရှင်သန်လာချိန်မှာ

မပီဝိုးဝါး စကားနဲ့ ပြန်ဖြေလာ

ပျော်ရွှင်စရာတွေဖြစ်လာ အေးစက်နှုတ်ခမ်းတွေနမ်း

အနမ်းဘယ်နှပွင့် ယူ ဖို့ - ပေးရမှာ

၃၆

ဈေးမြေပြင်တနေရာ နေ့တနေ့ရဲ့ဖုန့်မှုန့်ကြား

ရွှံ့စေး အစိုတွေ ကိုင်နေတဲ့အိုးဖုတ်သမား

သူ ရဲ့ ရွှံ့စောင်းနေတဲ့ လျှာဖျားက ညည်းတယ်

" ရွရွ လေး ၊ မိတ်ဆွေ ၊ ရွရွလေး ၊ ဆုတောင်းစကား"

၃၇

အား ၊ ငဲ့လိုက်ပါ ! ဘယ်ဖိနပ်ကို ထပ်စွပ်ဦး မှာလဲ?

တို့ခြေကြားက အချိန်ဟာ လျှောထွက်သွားမှတော့လဲ

မမွေးသေးတဲ့ မနက်ဖြန်၊သေဆုံးသွားတဲ့မနေ့က ကြားမှာ

ဒီကနေ့ဟာ ချို မြနေရင် ဘာကြောင့် ပူဆွေးမလဲ?

၃၈

ပျက်စီးသွားတဲ့ ဆုံးရှုံးမှုတွေနဲ့ ခဏ

မြည်းစမ်းရမဲ့ ဘဝရဲ့ နတ်ရေကန် ရဲ့ ခဏ

ကြယ်တွေ ဟာ စုံညီ ၊ မရှိမှုရဲ့ မနက်ဆီ

လှည်းသားခရီးသွားတို့ ခရီးဆက်ကြပြီ ၊ အို! ရပ်ကြခဏ

၃၉

မဆုံးတဲ့ အပူတပြင်း တွေ ဘယ်လောက်ကြာမှာလဲ?

ဟိုဟာဒီဟာ အတွက် ကြိုးစားမှုနဲ့ အငြင်းပွားမှုတွေ

ဘယ်လောက်ကြာမှာလဲ?

ဘာမှသီးပွင့်မလာလို့ဝမ်းနည်း၊ ခါးသီးရတာထက်

စပျစ်ရည် ရွှမ်းနဲ့ ဝမ်းသာပျော်ရွှင်ရရင် ကောင်းမှာပဲ

၄၀

မင်းသိရဲ့လား ၊သူငယ်ချင်း၊ မင်္ဂလာပွဲသစ်အတွက် ငါ့အိမ်မှာ

ဆူဆူညံညံ့နွှဲခဲ့တာ ဘယ်လောက်ကြာပြီလဲ ဆိုတာ

ငါ့ အိပ်ယာခင်းပေါ်က သုံးမရတဲ့ ဆင်ခြင်မှုတွေကို ကွာရှင်း

စပျစ်ရဲ့သမီးပျိုကို ကြင်ယာ အဖြစ် လပ်ထပ်ခဲ့တာ

၄၁

စည်းတွေ ကမ်းတွေရှိလည်းပဲ ဖြစ်တာနဲ့မဖြစ်တာ အတွက်

နိမ့်မြင့် တက်ကျ မသတ်မှတ်နိုင်တာတွေ အတွက်

ငါ သိချင်ခဲ့တာ တခုသာပဲလေ

ဝိုင် မှတပါး အခြားကို စိတ်မဝင်စားတဲ့ အတွက်

၄၂

မကြာခင်က ဗျစ်ဆိုင် ဖွင့် တဲ့အချိန် မို့

နတ်ကိုယ်ယောင် မြေမှောင်မှုန့်တွေကြား ဖြတ်လို့

သူ့ပုခုံးပေါ် ဗျစ်ရည်အိုးထမ်း လို့သာ

ဒါဟာ စပျစ်ပေါ့ ! ငါ့ကို မြည်း ခိုင်းဖို့

၄၃

ယုတ္တိကို မလွဲကောန်ပြနိုင်တဲ့ စပျစ်ရည်

၂၇၀ သော ကန့်လန့်သမား တွေ စုဖွဲ့နေ

သိမ်မွေ့တဲ့ အဂ္ဂိရက်သမားလို ရုတ်တရက်

ဘဝရဲ့သတ္တု ကို ရွှေအဖြစ် ပြောင်းလဲစေ

၄၄

ဝိညာဉ်ကို ကူးစက်စေတဲ့ ကြောက်ရွံ့မှု၊ ဝမ်းနည်းမှုတွေ ရဲ့

အနက်ရောက် ဓါးပြ နဲ့ မယုံကြည်မှုတွေ ကိုနှိမ်ကာနှင်းတဲ့

ကြီးမြတ်တဲ့မာမွတ်လေ

ကြည်နူးဖွယ် ဓါးနဲ့ ပြန့်ကျဲ ခုတ်ရှင်းခဲ့

၄၅

ပညာရှိတွေဆက်ခါ ငြင်းပါစေ

စကြာဝဠာရဲ့ ပဋိပက္ခတွေ ရှိကြပါစေ

ဆူဆူညံညံ ငြင်းခုံနေတဲ့စကား ထောင့် နား တွေမှာ

မင်း ဘယ်သူဆိုတာပြမဲ့ကစားပွဲ ငါနဲ့အတူ ဆော့ပါလေ

၄၆

အထဲ၊ အပြင် ၊ အထက်၊ အောက် ဒီအနားနားမှာ

အရာရာဟာ အရိပ် ပြဇာတ် သာ

နေကို သူ့မီးတောက်အဖြစ်၊ သေတ္တာထဲမှာ ကစားတဲ့ပွဲ

အရိပ်လိုတို့တွေ ဝင် ၊ ထွက် သွားလို့သာ

၄၇

တကယ်လို့သာ ဝိုင်ကိုသောက်လို့ နှုတ်ခမ်းတွေသပ်

ဘာမှမကျန် အဆုံးသတ်ခဲ့တယ်လို့ထင်ရင် ဟုတ်တယ်မှတ်

မင်း စိတ်ကူးနဲ့မြူးထွေရင် လေ

မင်း ဘာမှ မကျန် သလို ဘာမှ ရှုံး စရာ မရှိဘူးထပ်

၄၈

မြစ်ကမ်းနဘေး နှင်းဆီတွေ ပွင့်ဝေရာ

ခေယမ်ဟာ ပတ္တမြားစပျစ်ရည်ကို သောက်လို့သာ

နတ်သားလေ လေနက်မှောင်ကို သင့်ထံ ဆောင်ယူလို့

ယူပါ သောက်လေ ၊ မရှုံ့ကြေး မတွန့်ကြေး ကွာ

၄၉

ဒါဟာ နေ့နဲ့ည ရဲ့စစ်တုရင် ခုံ

ကြမ္မာဟာ လူသားကို အရုပ်အဖြစ် ကစားတဲ့ ရုံ

ဒီနား ဟိုနား ရွှေ့ကြ၊ သတ်ကြ ၊ အနိုင်ယူကြနဲ့

တဦးပြီးတဦး အခေါင်းထဲ လှဲလို့ပုံ

၅၀

ဘောလုံးဟာ မှန်တယ်၊မှားတယ် မမေးပါ

ကစားသမားတို့ဘယ်၊ညာ ပြောင်းလို့ ဆော့ တာ

ကွင်းထဲကို ထည့်ခါ ဆော့ စေသူ

သူကတော့ အားလုံးကို သိတာ ၊အားလုံးကို သိမှာ

၅၁

လက်ကရေးခြစ် စာတပိုဒ်ဖြစ်ရင် ၊ ဆက်ခါ သီကုံးပါ

သင့် ယုံကြည်ရာကော ဟာသအမြင် ပါ

စာကြောင်း တဝက်ပြန်ဖျက်ဖို့တောင်မဆွဲဆောင်နိုင်တော့

မျက်ရည်ကတောင် စာတလုံးပြောင်အောင်ဆေးမရပါ

၅၂

ကောင်းကင်လို့တို့ခေါ်တဲ့အရာဟာ မှောက်ထားတဲ့ခွက်ပါ

ဒီအောက်မှာရှင်ခါ သေခါ တွားသွားနေတာ တို့တွေပါ

အကူအညီတောင်းရအောင် မင်းလက်ကို မထောင်ပါနဲ့

ခမျာမှာလည်း မင်းနဲ့ငါ အပေါ် မစွမ်းရင်းမို့လိမ့်နေတာ

၅၃

ဦးဆုံးမြေသားနဲ့နောက်ဆုံး လူသားကိုပုံသွင်း

နောက်ဆုံးရိပ်သိမ်းမှုက အစေ့ကို စပျိုးရင်း

အေး , ဖန်းဆင်းမှုရဲ့ ဦးဆုံး မနက်ခင်းက ရေးခဲ့တာ

ယုံကြည်ရာတို့ရဲ့ နောက်ဆုံး အာရုဏ်ကျင်း

၅၄

ပန်းတိုင်ကစလို့သင့်ကိုငါ ပြောကြားတယ်

မီးလျှံ မြင်းရဲ့ ပခုံးများပေါ်ဝယ်

ကောင်းကင်က ပျံသန်းတဲ့ မူရှိတာရာ

ပြဋ္ဌာန်းပြီးသား မြေသားနဲ့ဝိညဉ်ရဲ့ဇာတ် ညွှန်းမယ်

၅၅

စပျစ်နွယ်ဟာ ငါ့ဖြစ်တည်ခြင်းကို ပတ်နွယ်နေတာ

ဆူဖီတွေ ဆန့်ကျင်ပါစေကွာ

ငါ့ အခြေ ကသတ္တု တွေ နဲ့ လုပ်ခဲ့တဲ့ ဒီသော့က

သူတို ့မသိဘဲ ဟောင်နေသော တံခါးကို ဖွင့်လိမ့်မှာ

*ဆူဖီ က ဆူဖီမူစလင် ဝါဒ ကို ဆိုလို

၅၆

ဒါတခုတော့ငါသိတယ်၊ အချစ်နဲ့အမျက်ကိုထွန်းညှိလေတဲ့

အလင်းရောင်အစစ်လား ငါ့ကိုလောင်မြိုက်စေခဲ့

ဗျစ်ရည်ဆိုင်ထဲက အလင်းတချက်ဟာ

ဘုရားကျောင်းတော်က အမှောင်မှာထက်သာလေရဲ့

၅၇

အိုအရှင်, အန္တရာယ် များနဲ့ ဂျင်ယမကာကိုထားခဲ့လေသူရာ

ကျနော်မျိုးလျှောက်မဲ့ လမ်းမှာ ဝန်းရံပေးလှဲ့ပါ

အရာရာကိုကြိုဆုံးဖြတ်ပြီးသားမို့ ဘာကိုမှ မညွတ်ကိုင်းတဲ့အရှင်

အပြစ်သားကို ရှုပ်ထွေးလေအောင် အပြစ်တင်မှာလားဗျာ?

၅၈

အိုအရှင်,မကောင်းတဲ့မြေမှုန့်ကနေလူသားကိုဖန်ဆင်းလေသူ

ဒေင်ဥယျာဉ်နားမှာ မြွေကိုထားခဲ့လေသူ

လူသားရဲ့မျက်နှာကို အိုမဲသုတ်ခဲ့စေတဲ့ အပြစ် တွေအတွက်

လူသားရဲ့ခွင့်လွှတ်ခြင်းကို ပေးတယ် -ယူ!

၅၉

ထပ်ပြီးပြောမယ်နားထောင် , ဥပုသ် လ ရဲ့

အဆုံးကာလ ၊ လမင်းကြီး မမြင့်ခင် ကွဲ့

အိုးဖုတ်သူရဲ့ဆိုင်မှာ ငါ ရပ်လို့ တယောက်ထဲ

မြေစေး အစုအဝေးတွေ ဘေးမှာစီရရီ ရှိနေခဲ့

၆၀

အံ့သြစရာ ကောင်းတာက မြေမှုန့်သားတွေထဲ

တချို့က ချက်ချာတယ် တချို့က မရဲ

ရုတ်တရက်စိတ်မရှည်တဲ့သူတယောက်ကအော်ငေါက်တယ်

"ဘယ်သူကအိုးထိန်းသမား ၊ဘယ်သူက အိုးများလဲ?"

၆၁

တခြားတယောက်ကပြောတယ်" အချည်းနှီး မဖြစ်ပါ

ငါ့ကို ဖွဲ့စည်းဖို့ရာ ကမ္ဘာ့မြေသားကယူခဲ့တာ

ငါ့ကို သိမ်မွေ့စွာ ပုံသွင်းခဲ့သူဟာ

မြေကမ္ဘာ ဆီပြန်ပို့ခွင့်လည်းရှိသင့်တာ"

၆၂

နောက်တယောက်ကပြောတယ်"ဘာကြောင့်လဲ

သူကျေနပ်စွာသောက်တဲ့ ခွက်ကို ခွဲရလဲ

ချစ်ခြင်း နဲ့ ဒီခွက်ကို သူလုပ်ခဲ့ တာဆိုရင်

ဒေါသအလျောက် ဘာလို့ဖျက်စီးခဲ့မှာလဲ!"

၆၃

ဘယ်သူမှ မဖြေကြဘူး ဒါကို;တိတ်ဆိတ်မှုတွေရဲ့အဆုံးမှာ

ဗျစ်ရေခွက် က ဒီလိုပြောတာ

" လွဲချော် လို့ ငါ့ကိုကြည့်ပြီး လှောင်ကြ တယ်

အလို ! အိုး ဖုတ်သမား ရဲ့ လက်တွေတုန်နေတာ"

၆၄

တယောက်ကပြောတယ် "စားပွဲထိုးရဲ့အပြောမျိုးသာ

ငရဲ က အခိုးအငွေ့မျိုး နဲ့သူ့မျက်နှာကဲ ကို ကာ

ငါတို့ကို သူတို့ကစမ်းချင်တာ လေ- ကျွတ်!

သူက လူကောင်းတယောက်ပါ ၊ကောင်းသွားမှာ"

၆၅

သက်ပြင်း ရှည်ရှည် ရှိုက်လို့ တယောက်ကပြောလိုက်တယ်

"မေ့ပျောက်သွား တဲ့ ငါ့ မြေစေး တောင်ခြောက်ကုန်တယ်

ဒို့မိတ်ဟောင်း အရည်ကို ငှဲ့ပါ အုန်းလေ

ငါပြန် စဉ်းစား ဖို့လိုနေလို့ ၊နှုတ်ဆက်ပါတယ်"

၆၆

ဒီလိုနဲ့အိုး တလုံးပြီး တလုံး ပြောနေကြတာ

တလုံးကတော့ အားလုံးမြင်ချင်တဲ့ လကွေးလေးကိုရှာ

"ညီအကိုတို့ညီအကိုတို့"တလုံးနဲ့တလုံး တိုက်လို့

အိုးထိန်းသည် ရဲ့ ပခုံးက တကျိကျိမြည်သံသာ

၆၇

အား! မေးမှိန်လာတဲ့ ဘဝ ချိန်တန်ရင် စပျစ်တွေနဲ့

သေဆုံးချိန်မှာ ငါ့ ခန္ဓာ ကို ဆေးကာကြောခဲ့

စပျစ်နွယ်တွေ ပတ်နေတဲ့ စောင်နဲ့ခြုံ လို့သာ

သာယာတဲ့ ဥယျာဉ်ဘေးမှာ ငါ့ကိုမြေ မြှုပ် လှဲ့

၆၈

မြှုပ်နှံထားတဲ့ ပြာမှုန်တွေတောင်

လေထဲကို လွင့်ပျံ အနံ့ကျော့ကွင်းကို ထောင်

မယုံကြည်တတ်သူစစ်စစ်တယောက် သွားလေတော့

ဘယ်သူမှ သတိမထား မိကြပေါင်

၆၉

တကယ်တော့ ငါအရမ်းကြည်ညိုခဲ့တဲ့ စံပြ ဟာ

လူတွေအမြင်မှာ ငါ့ကို အထင်မှားစေတာ

ငါ့သိက္ခာကို ခွက်တိမ်တိမ် မှာနှစ်လို့

သီချင်းတပုဒ်နဲ့ ငါ့ကျော်ဇော်မှုကို ရောင်းခဲ့ရာ

၇၀

တကယ့်ကို၊ တကယ့်ကို မကြာခဏ ငါ နောင်တရဘူး သား။

ငါကျိန်ရဲပါတယ်!ကျိန်လိုက်တော့ကော အရက်ပြတ်သွားသလား?

နောက်တော့ နောက်တော့ နွေဦးဟာ နှင်းဆီတွေနဲ့ရောက်လို့လာ

ချည်မျှင်သာသာငါ့ နောင်တလေ အဲ့အခါ ဆုတ်ပြဲသွား

၇၁

ဝိုင်ဟာ ငါ့ကို အယူမှားစေတယ်

ငါ့ ဂုဏ်ကိုလဲ လုယူလို့သွားတယ်

တခါတခါစဉ်းစားမိတယ် ဝိုင်ရောင်းသူလေ

သူရောင်းတာရဲ့ တန်ဖိုးတဝက်သာသာ ဘာကိုပြန်ဝယ်မယ်

၇၂

ဘုရားရေ! နွေဦးဟာ နှင်းဆီတွေနဲ့ လွင့်ပါ

နုပျိုရာစာမူ ဟာ ဖေါင်ပိတ်တော့မှာ

သစ်ကိုင်းထက်က နိုက်တင်ဂေးလ်လေး တေးဆိုဆဲ

အား,ဘယ်သူသိမလဲ!ဘယ်အချိန် ဘယ်နေရာ နောက်တခါပျံသန်းမှာ

၇၃

အချစ်ရယ်! မင်းနဲ့ငါက ကြမ္မာတရား နဲ့ ပူးပေါင်းကြံစည်လဲ

ဝမ်းနည်းစရာ ဒီဟာ တခုလုံး ကို ဖမ်းဆုပ် ဆဲ

အစိတ်စိတ် အမြွာမြွာ ကွဲကြေမသွားရင်

နှလုံးသား ရဲ့ဆန္ဒ နဲ့ အနီးဆုံးတနေရာ ပြန်ထုဆစ်မြဲ

၇၄

အား, အချိန်ပြည့်သာတဲ့ ငါ့ ကြည်နူးမှု လဝန်းငယ်

ကောင်းကင်ဘုံရဲ့လဟာ တခါပြန် သာလွန်းတယ်

ခုကစ မကြာခဏ သာလွန်းပုံ ဘယ်လိုရှိလိမ့်မလဲ

ငါ့နောက်က ဒီဥယျာဉ်ကို ဖြတ်လို့ -အချီးနှီး ကွယ်

၇၅

သူတို့ဘာသာ တောက်ပတဲ့ ခြေလှမ်းတွေ သော့

ညှို့သည်တော်တွေကြားမှာ မြက်ခင်းပေါ်ကြယ်တွေမော့

ပျော်စရာခရီးတိုက အချိန်တခုရောက်လာတော့

ခွက်အလွတ်ငါ တချက်ထဲ မှောက်ခါပေါ့။ ။

🎌Rubaiyat of Omar Khayyám (Persian: خيام عمر ربـ اع يات) by Edward FitzGerald ကို ပြန်ဆိုဖွဲ့နွဲ့ပါသည်🎌

ပိုင်သွန်

လွင်တီးခေါင်က သစ်ရိပ်အို

၁

သူမရဲ့အလှက ငါ့စိတ်ကူးထဲက ဧဝရဲ့ပုံမျိုး
ဗီးနပ်စ် ကျောက်သား ရုပ်တုရဲ့ ဖုံးထားတဲ့
အဓိပ္ပါယ်ကို ဖော်ကြည့်ရသလိုပဲ … ဟာတယ်
ဘယ်လို ကောက်ကြောင်းများက ဒေင်မှာ ဖူးပွင့်ခဲ့တာလဲ?

၂

လူတိုင်းမှာ ပြောရရင် လှတဲ့ တခြမ်းတော့ရှိကြတယ်
ကြယ်မှုန်တွေထမ်းပြီး အိမ်ပြန်လမ်းကို ခမ်းနားချင်သူတိုင်းမှာ
မာန နဲ့ နိဗ္ဗာန်ကို လဲပြစ်ဖို့ ဝန်မလေးတဲ့ သတ္တိတွေရှိတယ်
အမှား နဲ့ အမှန်ဟာ ဘယ်တော့မှ 2πr လို မရှင်းဘူးလေး/

၃

တချို့ရဲ့လမ်းက ဖြောင့်တယ် တချို့အတွက်တော့ကောက်တယ်
ဧဝ တွေရဲ့ ရင်ထဲမှာလည်း အာဒမ်ကို ပြည့်စုံစေချင်မှာသေချာတယ်
ဒါပေမဲ့ ဘယ်အရာမှ စိတ်ကူးထဲကလို မသာယာကြဘူး
ဒီဇင်ဘာလမှာတောင် နှင်းမိုးတွေ ရွာကျနိုင်သေးတာ

၄

အိုမာခေယမ်လို နက္ခတဗေဒ နဲ့ အချစ်တွေကို
ရောမွှေပူဇော်ဖို့ ငါမျှော်ကြည့်ဖူးတယ်
အလှဆုံးတွေရဲ့ ဟိုးအောက်မှာ ကြောက်စရာ့
တိတ်ဆိတ်မှုတွေက နူတ်ပိတ်လို့စောင့်နေကြတယ်

၅

တချို့တွေပြောတာက မျက်နှာ၂ခု ၊ လက် ၄ဖက် ၊

ခြေ ၄ချောင်း ပါတဲ့ ရှေး လူသားကို ဇု ကဖန်ဆင်းသတဲ့

အပြစ်တခုရဲ့ နောက်မှာ တဦးကို တဦးက လိုက်ရှာဖို့

လူသားကို ၂ခြမ်း ခွဲ ခဲ့တယ် ၊ တခြမ်းဟာ တခြမ်းကိုရှာဖို့

၆

ကိုယ့် ပျောက်နေတဲ့ အခြမ်းကို ရမ်းသမ်းရှာရတာ

လွယ်တဲ့ အရာတော့ မဟုတ်ခဲ့ဘူးလေ

ကောက်ရိုးပုံမှာ အပ်ပျောက်ရှာတာမှ လွယ်ချင်လွယ်မယ်

တခြားတခြားအခြမ်း တွေကြားက ကိုယ့်အခြမ်းကိုတွေ့ဖို့

ဆိုတာ ငိုချင်စရာပါ 😢

၇

Soulmate ဆိုတာ တိုးတိုးတိတ်တိတ် တိုင်ပင်ဖော်ပေါ့

အထိုးအကြိတ်တွေ များတဲ့ လောကလမ်းမှာ

စိုးစိတ်မှု ဖြစ်ဖြစ် တွဲကူဖို့ အားပေးဝေမျှ ဖော်ဟာလိုတယ်

သူလဲရင် ကိုယ်ထူ ၊ ကိုယ်ငူတော့သူပွေ့ဘဝကိုမေ့နိုင်ဖို့လေ

၈

ဟိုဟိုဒီဒီ ပြေးလွှား အရောင်စုံတဲ့ ဆန္ဒ များကြားမှာ

လူသားဟာ ဘာကို ရှာနေသလဲ?

ဘုရားသခင်ကကော လူသားကို ဘာရှာတွေ့စေချင်တာလဲ?

အနီးအနားမှာ ဖွင့်မကြည့်ဖြစ်တဲ့ အိုးတွေ များလှတယ်

၉

အပြုံး တပွင့် ၊ အကြည့် တချက်နဲ့ နီးစပ်ခဲ့ သူတွေ

သူ့ ရင် နဲ့ ကိုယ့် ရင်ထပ်ဖို့ မျက်ဝန်းရဲ့တံခါးကို လှပ်ဟဖို့လိုတယ်

အနတ္တရဲ့ အမှောင်ကမ္ဘာမှာ မေတ္တာဟာ အလင်းတံတား

တံခါတလေ အတ္တ မြူခိုးတွေကို သတိတော့ထား

၁၀

နယူတန်ရဲ့ကမ္ဘာမှာ Gravity ဟာ ဆွဲအား
ဒြပ်ဆွဲအားရဲ့ charge က mass ဆို ရင်
မေတ္တာတရား ရဲ့ charge ဟာ "ပညာ"
မိုက်မဲတဲ့သူဟာ ဘယ်မှာချစ်နိုင် မှာ!

၁၁

ကမ/ကဦး ဟာ သီယာ နဲ့ တိုက်မိလို့
တစ်ဂြိုဟ် ရဲ့ မြေသား ဟာ တဂြိုဟ် နဲ့ရောနှော
လွင့်ထွက်ခဲ့ပြီး နောက်မှာ တခုဟာ တခုကို လှည့်ပါတ်
ရေးကစ ပြီး လဟာ ကမ္ဘာအပါးက မခွာတော့ဘူးလေ

၁၂

ဒြပ်ဆွဲတရား ရဲ့အောက်မှာ နေ့နဲ့ည ဟာ ကွယ်ဝလာတယ်
ချစ်ခြင်းတရားရဲ့အောက်မှာ ရှင်သန်မှုဟာ ပြည့်ဝလာတယ်
ကမ္ဘာရဲ့အပါးက လဝန်း အဝေးထွက်မသွားသလို
ချစ်ရသူရဲ့နား မှာ ချစ်တတ်သူတွေ နား ကြတယ်

၁၃

ဒါပေမဲ့ လည်း အချစ်ဆိုတာ ပကတိတရား တော့ မဟုတ်ပြန်ဘူး
မေတ္တာရဲ့ဆွဲအားမှာ အမှတ်ရနီးစပ်မှုဟာ အခရာ
ဝေးသွားတဲ့ မှတ်ဉာဏ်တွေဟာ အချိန်တိုက်စားမှုအောက်မှာ
အေးခဲ သွားတတ်ကြတာ Law of $1/r^2$ ကြောင့်ပဲလား who
know!!

၁၄

လေထု ကို ထိန်းထားနိုင်ဖို့ ကမ္ဘာမှာ ဒြပ်သားလိုသလို

အချစ်ကို တည်တံ့ဖို့ လူသားမှာ "ပညာ" ဒြပ်သားလိုတယ်

ဆင်ခြင်မှုမပါတဲ့ မျက်ကန်းချစ်ခြင်းဟာ ပြတ်လုံး တခုသာ

အစွန်းရောက် အကြမ်းဖတ် တာကလွဲရင် ဘာမှဖြစ်မလာဘူး

၁၅

အမှောင်ထဲကလာတယ် အမှောင်ထဲကိုသွားကြမယ်

အလင်းသဲ့သဲ့ သာတဲ့လမ်းမှာ တယောက်မျက်နှာတယောက်မှာမသဲကွဲ

ငါတို့တွေ့ရတာ အစစ်မှန်တရားတွေလား ထင်ယောင်မြင်မှားလား

အမှောင်ရွာလယ်လမ်းမှာ လမ်းပြမဲ့ မီးအိမ် ဟာ ဘယ်မှာ

၁၆

ငါတွေ့ခဲ့ရသမျှ အများစုဟာ ရိုးရာကို ကမ္ဘာထင်ကြသူချည်း

ပုံပြင် တွေကို ယုံထင်ကြောင်ထင် ဆင်ခြင်ဖို့ဆို ကျွတ်ဆင်

ဒဏ္ဍာရီ နဲ့ သမိုင်း ကို ဂဃနဏ ခွဲခြားမသိပဲ စဆရက လုပ်

စဓဗဝ ကို အိမ်နံရံမှာ ဦးချခံတယ်၊ အဆံ ထုတ်ပြီးဟန်လုပ်တဲ့ခေတ်။

၁၇

ဘဝရဲ့အဆုံးဟာ တခြားရဲ့ အစ လို့ထင်ကြတယ်

ဘာက ဆုံးပြီး ဘာက စတာလဲ? ဘာက အချက်အလက်လဲ?

ဘယ်သူက သတ်မှတ်သလဲ ? ဘာ့အတွက်လုပ် ရလဲ?

ဘာ့ကြောင့် လုပ်မှာလဲ? ဘာဘာ ဘာမှမသိဘူး ကွယ်

၁၈

သေချာတာ တခုတော့ ရှိပါတယ်

ဝေဒနာဟာ သိစိတ်ကြောင့်ဖြစ်တယ်

အသိတရားတွေ ရပ်ကာဆုံးတဲ့ တနေ့မှာ

"ငါ" ဆိုတာ ပျောက်လွင့် ပျက်ရတာ

၁၉

တချို့က ပြော ကြတယ် ယုံတမ်းစကား

ငှက် ဖြစ်တောင် ကိုယ်ရယ်မင်းရယ် တကိုင်းထဲနား

အရင်ဘဝက ကိုယ့်အဖြစ်တောင် မမှတ်မိတဲ့ ဘဝမှာ

အချစ် "၂"ခုက ပြန်ဆုံမှာ ကယောင်ကတမ်းလား

၂၀

သေချာတာ တခုတော့ ရှိပါတယ်

ကလေးတွေ ဆော့တဲ့ သံပါတ်ကားလို ကွယ်

အားကုန်တော့ ထိုးလို့သာရပ်သွား

ဘဝဆိုတာ ခဏတာ ပွက်တဲ့ ငါး

၂၁

ဘဝဆိုတာ ဘာလဲ တချို့ကမေးတယ်

Entropy တော့ သိဖို့ လို လိမ့်မယ်

လောကရဲ့တရားဟာ လေးက ခွင်းတဲ့ မြှား

Knowing မှ Nothing ဆီသို့သွား

၂၂

ငယ်စဉ်အခါ ကဗျာတပုဒ်ကြားဖူးတယ်

ကလေးဟာ လူကြီး ရဲ့ အဖေပါကွယ်

ပြောရရင်ဒါဟာ Dilemma

သူတို့ဦးက တကယ်ပဲ တယောက်ထဲလား?

၂၃

ငါဟာ ငါဟုတ်ဖို့

သတ်သေတွေထုတ်ဖို့တောင်

တွေးခဲ့ဖူးရင် တကယ်ခက်တာ

Life after Death ဟာ ဘယ်မှာလဲ?

၂၄

မနေ့ဟာ ကျန်ခဲ့ပြီ

မနက်ဖြန်ဟာ ရောက်မလာသေး

ယနေ့တောင်မှ ဝိုးတဝါး*

တွေးကြည့်ရင် သင်္ချိုင်းရတဲ့၊ ယူတို့က ဘာလား!

* According to Special relativity,

Now has no universal agreement and

very elusive

၂၅

I think so I am

But what is the thinking

And what is the Mind

Anyway what is the poem

And what is the Time

၂၆

ဘာသာတရားရဲ့ ကျောက်ဖြစ်ရုပ်ကြွင်းများ

တူးကြည့်ဖို့ရာ ပရော်ဖတ်တွေကတား

ယုံကြည်ရာလမ်းများက ဖုန်လုံးတလူလူ

Smoker တွေရဲ့ Saint Joe နဲ့အတူ

*ကီဗင်ကော့စနာရဲ့ waterworld ထဲက

သူတော်စဉ် ဂျိုးလ်

၂၇

ဘယ်သူသိနိုင်မှာလဲ

ရိုးရာတွေဟာ

တန်ခိုးပြာဋိဟာ တွေနဲ့ထုံမွမ်း

ပိုးဖလံစိတ်တွေကို ကျွမ်းစေမဲ့ မီးမျိုးဆိုတာ

၂၈

တစ်ဘဝမှာ တစ်ခါပဲ မင်းနေရမယ်

ပန်းဟာ တခါပဲပွင့်ပေမဲ့ နွမ်းရင်ထာဝရ အမြဲမို့

ဝတ်မှုန်တွေ ပြန့်ကြဲအောင်

ချစ်ခြင်းကို ဆောင်ပါ

၂၉

လောကကို အတ္တ တွေ မဖက်ဘဲ

ချစ်တတ်သူရဲ့စိတ်မှာ

အရာရာဟာ စိမ်းစိုနေမှာ

သေချာတယ်လေ

၃၀

ရိုဒင်ရဲ့ thinker

မိုနာလီဇာရဲ့အပြုံး

မွန့်ချ် ရဲ့ အော်သံ

၃ နားညီ တြိဂံ အောက်မှာ

တွေးစရာတွေ တလှေကြီးပေမဲ့

သေချာတာက လူ့ရဲ့ ချစ်ခြင်းပါ ပိုင်သွန်

String net liquid

ရှေ့မှာ principle of emergence ကို ရေးခဲ့ ပြီးပါပြီ။လောကမှာ ရုပ် အခြေတွေ အများကြီးရှိတယ် အသေးဆုံးအစိတ်အပိုင်းက သုံးခုထဲ ။ ပရိုတွန်၊နျူထရွန်နဲ့ အီလက်ထရွန် ဒီ ၃မျိုးကို ပေါင်းနည်း အမျိုးမျိုးနဲ့ပေါင်းရင် အက်တမ်တွေ မော်လီကျူးတွေ ဖြစ်လာမှာပါ။ ဒါပေမဲ့ ရလာတဲ့ အရေအတွက်က လောကမှာ မြင်ရတဲ့ မရည်မတွက်နိုင်တဲ့ရုပ်အခြေရဲ့အရေအတွက်ထက် နည်းပါတယ်။ ဒါကြောင့် ရှင်းမပြနိုင်ပါဘူး။ ရှင်းပြနိုင်တာက ဒီအက်တမ်တွေ မော်လီကျူးတွေ အီလက်ထရွန်တွေရဲ့ စီနည်း အမျိုးမျိုးပါ။ ဒါက မရေမတွက်နိုင် အောင် များပြီး သူက ရှင်းပြနိုင်ပါတယ်။ ဒီတော့လောက ကရုပ်အခြေ အမျိုးမျိုးဟာ အခြေခံ ပစ္စည်းတွေရဲ့ စီနည်း အမျိုးမျိုးက နေဖြစ်လာတာပါ။ ဒါကို အော်ဒါခေါ်ပြီး ဒီမှာမှ တိုပိုလိုဂျီအော်ဒါဟာ ပိုကြွယ်ဝပါတယ်။ String-net liquid ဆိုတာကတောတော့ တိုပိုလိုဂျီအော်ဒါထဲက အံ့အားသင့်စရာ အကောင်းဆုံးတစ်ခုပါပထမဆုံး အရည် liquid နဲ့ စရအောင်ပါ။ ဘာအရည်ပဲဖြစ်ဖြစ် သူတို့ရဲ့အစိတ်အပိုင်းတွေက အက်တမ်တွေပါ အမှုန်လို့ပြောရအောင် အမှုန်တွေဟာတစ်ခု နဲ့တစ်ခု ကျော်ဖြတ်ပြေးလွှားနေကြပါတယ်။ ဒါကြောင့် အရည်တစ်ခုကို သင်ကဘေးကနေ အားတစ်ခု ပေးလိုက်မယ်ဆိုရင် အရည်ထဲမှာအားကိုသယ်တဲ့ လှိုင်းတစ်ခုဖြစ်လာပါတယ်။ လှိုင်းက ကျနော်တို့ မြင်ဘူးနေကြရေမျက်နှာပြင်ပေါ်က လှိုင်းလိုပါပဲ။

FIG. 8: Liquids only have a compression wave – a wave of density fluctuations.

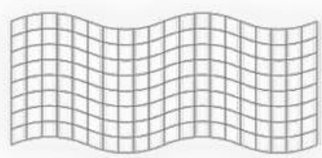


FIG. 9: Drawing a grid on a sold helps us to see the deformation of the solid. The vector u^i in eqn. (3) is the displacement of a vertex in the grid. In addition to the compression wave ($i.e.$ the density wave), a solid also supports transverse wave (wave of shear deformation) as shown in the above figure.

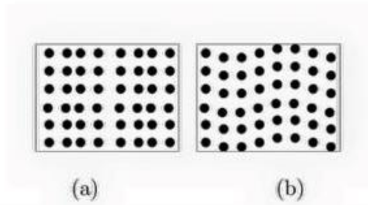


FIG. 10: The atomic picture of (a) the compression wave and (b) the transverse wave in a crystal.

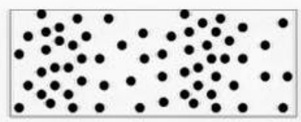


FIG. 11: The atomic picture of the compression wave in liquids.

အရည်ထဲက အမှုန်တွေဟာ ရွေ့ပေမဲ့ အဝေးကြီးမရွေ့ပါဘူး။ ဘာလို့ဆိုတော့ သူ့ဘေးက အမှုန်ကို တိုက်မိလို့ပါ။ သူကလည်းဘေးက အမှုန်ကို ဆက်တိုက် ဒီလိုနဲ့အဝေးကြီးကိုရောက်သွားပါတယ်။ အမှုန်က ရောက်တာမဟုတ်ပါဘူးအမှုန်အချင်းချင်း လက်ဆင့်ကမ်းပေးတဲ့ စွမ်းအင် ဒါမှမဟုတ်အဟုန်က အဝေးကို ရောက်တာပါ။ အမှုန်တစ်ခုချင်းကိုကွက်ကြည့်ရင်တော့ အမှုန်ဟာဟိုဘက်တိုးတယ် ဘေးကအမှုန်နဲ့ တိုက်မိပြီး ဒီဘက်ပြန်လွင့်တယ်။ တခါ ဒီဘက်နဲ့တိုက်မိ၊ ဟိုဘက်ပြန်လွင့် ဟိုဘက်တိုးလိုက် ဒီဘက်တိုးလိုက်ပေါ့။ဒါက ဘာနဲ့တူသလဲဆိုတော့ ဖိထားတဲ့ စပရိန်ကိုလွှတ်လိုက်သလိုပဲ ထပ်ပြန်ကျော့ တုန်ခါနေမှာပါ။ ဒါကလှိုင်းရဲ့ အစိတ်ပိုင်းတစ်ခုခြင်းမှာဖြစ်တဲ့ ဖြစ်စဉ် ဖြစ်ပြီးအရည်တစ်ခုလုံးမှာတော့ စွမ်းအင်ကို ဟိုးအဝေးရောက်အောင်ပို့ပေးပါတယ် ခုပြောနေတာက အရေရဲ့ bulk လို့ခေါ်တဲ့ အသား(သို့) အတွင်းမှာ ဖြစ်နေတာပါ။ မျက်နှာပြင်ကိုမပြောဘူးနော်။ အရေတစ်ခုကို အပြင်က အားတစ်ခု သက်ရောက်တယ်ဆိုတာ ဖိညှစ်လိုက်တာ deformation လုပ်လိုက်တာပါပဲ။ ဥပမာ ဟိုက်ဒရောလစ်တွေ ကိုမြင်ကြည့်ပါ။ ဒါပေမဲ့ အားသက်ရောက်မှုက ၂မျိုး ရှိပါတယ်။ တစ်ခုက အရည်မျက် နှာပြင်နဲ့ ထောင့်မှန်ကျပါ။ ဒါကို compression လို့ခေါ်ပါတယ်။ နောက်တစ်ခုက အရည်ရဲ့ မျက်နှာပြင်နဲ့အပြိုင် ပွတ်တာပါ shear force ပေါ့။ shear က မျက်နှာပြင်မှာ ၂မျိုး လုပ်လို့ရတယ် ဒေါင်လိုက်နဲ့ ကန့်လန့် ပေါ့အရေကို compress လုပ်ရင် သိပ်သည်းဆ စုလိုက်ပြန့်လိုက်နဲ့ရွေ့ပါတယ်။ ဒါက စောစောက ပြောသလို အမှုန်တစ်ခုချင်းဆိုရင် ဟိုဘက်တိုးလိုက် ဒီဘက်တိုးလိုက်ဖြစ်နေတာပေါ့။ အမှုန်အများစု ဆိုရင်တော့ ဒါကို density (σ)လို့ပြောတာပါ။ ဒါက လှိုင်းပါ ဒီလှိုင်းဟာ လှိုင်းရွေ့တဲ့ ဘက်(ဆိုလိုတာက စွမ်းအင်ရွေ့တဲ့ဘက်)နဲ့ σ density ရွေ့တဲ့ ဘက်က အတူတူပါပဲ။ ဒါကို longitudinal wave အလျားလိုက် လှိုင်းလို့ခေါ်ပါတယ်။ အသံဟာ အလျားလိုက်လှိုင်းပါ ရေမျက်နှာပြင်က လှိုင်းက ဒေါင်လိုက်လှိုင်း Transverse wave ပါ။ အလင်းဟာ ဒေါင်လိုက်လှိုင်းဖြစ်ပါတယ်။ ခုပြောနေတာက ရေအသားထဲမှာဖြစ်တဲ့ အလျားလိုက်လှိုင်းပါ။ ဥပမာ sonar လိုဟာမျိုး၊ ဝေလ ငါးတွေ အချင်းချင်းပြောတဲ့ အသံမျိုးတွေဟာ

အလျားလိုက်လှိုင်းပါ။ ရေကို shearforce ပေးလို့မရပါဘူး။ ပေးရင် resist မလုပ်ပါဘူး ဒါကြောင့်ရေမှာ ဒေါင်လိုက်လှိုင်းမဖြစ်စေပါဘူး။မျက်နှာပြင်မှာတော့ဖြစ်တယ်။ အတွင်းမှာ မဖြစ်ဘူးပေါ့။ အလျားလိုက် လှိုင်းကိုညီမျှခြင်းရေးလို့ရပါတယ်။ ဒါကို အွိုင်လာညီမျှခြင်းလို့ခေါ်ပါတယ်။

$$d^2\sigma/dt^2-v^2\ \ d^2\sigma/dx^2=0$$

ပါ σ က သိပ်သည်းဆပေါ့ ဒါက လှိုင်းညီမျှခြင်းပါ သိပ်သည်းဆရဲ့ အချိန်နဲ့အပြောင်းဟာ ကိန်းသေတစ်ခု (v^2) နဲ့ သိပ်သည်းဆရဲ့ နေရာလိုက်ပြောင်းလဲမှုတို့မြှောက်ခြင်းနဲ့ညီတယ်လို့ပြောတာပါ။ ဒီ ညီမျှခြင်းကို ရှင်းရင် သိပ်သည်းဆရဲ့ ဂရပ်ဟာ Sin wave ကို ရပါတယ်။ ကျနော်တို့မြင်ဖူးနေကျ ရေလှိုင်းလို့ နိမ့်တုံ မြင့်တုံပေါ့။ အခဲမှာကော အခဲက ဖိအားကော ပွတ်အားကောကို ပါတုန့်ပြန်ပါတယ်။ ဒီတော့ သူ့မှာ အလျားလိုက်လှိုင်း ၁ ခုနဲ့ဒေါင်လိုက် လှိုင်း ၂ ခုလုံးရှိပါတယ်။ ဒါကို ညီမျှခြင်းနဲ့ရေးရင် elasticity equation လို့ခေါ်ပါတယ်။

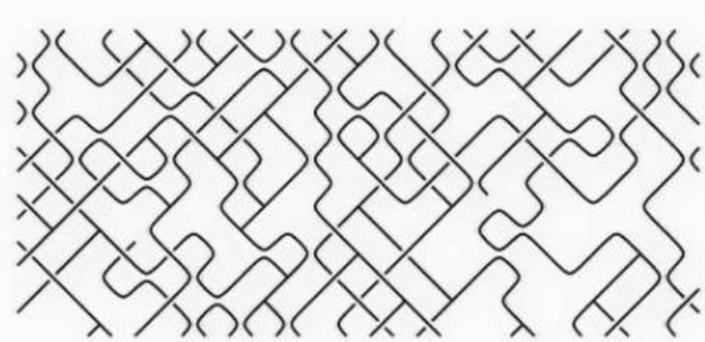
$$d^2\mu^1/dt^2-T_4{}^{123}d^2\mu^4/dx^2dx^3=0$$

ပါ။ ဒါက နဲနဲရှုပ်ပေမဲ့သဘောတရားကတော့ အပေါ်ကဟာနဲ့အတူတူပါပဲ။ ဒါကို တန်ဆာ (Tensor) ညီမျှခြင်းလို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒီမှာကိန်းသေက တန်ဆာ $T_4{}^{123}$ ဖြစ်ပြီး μ ကအခဲရဲ့ local displacement (အမှုန်တွေရွေ့တဲ့ ဦးတည်ဘက်ကိုပြတဲ့) field စက်ကွင်းပါ။ ဒီညီမျှခြင်း ၂ ခုကအပေါ်ယံမှာ မဆင်ပါဘူး။ သူတို့တူတာ တစ်ခုက လှိုင်းညီမျှခြင်းဖြစ်လို့လှိုင်းတွေကိုပြတာပါပဲ။ ဒီညီမျှခြင်း ၂ခုဟာ အခဲ နဲ့ အရည်ရဲ့ လှိုင်း ဖြတ်သန်းနိုင်စွမ်းကိုသာမက သူတို့ရဲ့ mechanical properties ခေါ်တဲ့ ရုပ်ပိုင်းစွမ်းဆောင်ရည်ကို ဖော်ပြနေတဲ့ ညီမျှခြင်းပါ။ ဒီလို ဆင်တူရဲ့သားနဲ့ အခဲနဲ့အရည်ဟာ ဘာလို့မတူတာလဲ? ရေက စီးပြီး အခဲက ဘာလို့ ပုံသဏ္ဍာန်ရှိနေတာလဲ? ဒါကိုသိဖို့အရာရာဟာ အက်တမ်လို အမှုန်တွေနဲ့ဖွဲ့တည်ထားရတယ်ဆိုတဲ့ atomic theory အက်တမ်သီဝရီကို စောင့်ခဲ့ရပါတယ်။ ရေမှာပါတဲ့ အမှုန်တွေက တခုကို တခု ဖြတ်စီး နိုင်ပြီး အခဲက အမှုန်တွေက ပုံဆောင်ကွက်ဖြစ်နေလို့ပါ။ ဒီတော့ အရေအခဲ စသဖြင့်တို့ရဲ့ အရည်အချင်း ဟာ အမှုန်တွေ ဘယ်လိုစီထားလဲ ဆိုတာပေါ်မူတည်တာပါ။ ဒါက ပေါ်ထွန်းခြင်းမူ principle of emergence ပါ။ ဒီမူကမတူတဲ့အမှုန်တွေရဲ့ စီစဉ်မှုဟာ မတူတဲ့ လှိုင်းတွေနဲ့မတူတဲ့ ရုပ်ပိုင်း အရည်အသွေး ကို ပေးကြောင်းပြောပြနေပါတယ်။ အွိုင်လာညီမျှခြင်းနဲ့ အီလက်စတစ် ညီမျှခြင်းဟာ mechanical engineering နဲ့ aerodynamic လိုပညာတွေရဲ့ အခြေခံပါပဲ။ ဒါပေမဲ့ ဒါထက် အရေးကြီးတဲ့ လှိုင်းညီမျှခြင်း တခု ရှိပါသေးတယ်။ အဲ့ဒါက မက်စ်ဝဲလ်ရဲ့လျှပ်စစ်သံလိုက်လှိုင်းညီမျှခြင်းပါ။ ဒါက သူ့အရင် လျှပ်စစ်သံလိုက်ပညာရဲ့ညီမျှခြင်းလေးကြောင်း ကိုပေါင်းစပ်ရာက ရလာတဲ့ ညီမျှခြင်းပါ လျှပ်စစ်သံလိုက် စက်ကွင်းတွေရဲ့တုန်ခါမှုလှိုင်းဟာ အလင်းပါပဲ။

$$d^2E/dt^2-1/c^2\ \Delta^2E=0$$

$$d^2B/dt^2-1/c^2\ \Delta^2B=0$$

ဒီညီမျှခြင်းက ၂ကြောင်းပါ ဘာလို့ဆိုတော့ အလင်းဟာဒေါင်လိုက်လှိုင်း ၂ခု ဖြစ်လို့ပါ (လှိုင်းညီမျှခြင်း ဖြစ်မှန်းအလွယ် သိစေတဲ့နည်းက တခုခုရဲ့အချိန်လိုက်ပြောင်း၂ဆင့်ဟာ ကိန်းသေ တစ်ခုနဲ့ အဲ့တခုခုရဲ့ နေရာလိုက်ပြောင်း ၂ဆင့် မြှောက်ထားတာဆို အဲ့ဒါ လှိုင်းညီမျှခြင်းပါပဲ။ ဒီမှာတစ်ခုခု ဟာ လှိုင်းပဲ။ ဒီမှာ Δ^2 က နေရာ ၃ခု x,y,z ရဲ့အလိုက်ပြောင်း အတိုကောက်) ဒီမှာ E ကလျှပ်စစ်လှိုင်းပါ။ B ကသံလိုက်လှိုင်း ဒီ၂ခု ပေါင်းရေးရင် တကြောင်းထဲရပါတယ်။ ဒါက အလင်းပါ။ အလင်းမှန်းဘာလို့သိလဲ ဆိုတော့ဒီကကိန်းသေ ရဲ့တန်ဖိုး c ကို တွက်ကြည့်တော့ အလင်းအလျင်ရလို့ပါ။ ဒီတော့ သိပ္ပံပညာရှင်တွေဟာ အလင်းဟာ လှိုင်းဆိုတာ လက်ခံခဲ့ရပါတယ်။ ပြဿနာက လှိုင်းဆိုရင် ဘာကလှုပ်နေတာလဲ။ ဆိုပါတော့ ရေမှာ လှိုင်းရှိရင် လှုပ်နေတာက ရေအမှုန်တွေပါ။ အလင်းမှာ ဘာကလှုပ်နေလဲ။ မက်စ်ဝဲကဒါကိုဖြေရှင်းဖို့ ether ဆိုတဲ့အရာကို တင်သွင်းလာပါတယ်။ စကြာဝဠာဟာ အီသာနဲ့ပြည့်နေတဲ့ နေရာပေါ့။ အီသာရှာဖို့ ကြိုးစားရာကနေ မိုက်ကယ်ဆန်နဲ့မော်လေးက အလင်းအလျင်ရဲ့ကိန်းသေဖြစ်မှုကိုတွေ့ရှိခဲ့ပါတယ်။ အိုင်းစတိုင်းက အီသာဟာ မလိုအပ်ဘူးဆိုပြီး သူ့ရဲ့ထူးရှယ်နှိုင်းယှဉ်ကို တွေ့ခဲ့တာပါ။ သိပ္ပံပညာရှင် အများစုက အီသာဆိုတဲ့အယူအဆကို အိုင်းစတိုင်းနောက်ပိုင်း စွန့်လွှတ်ခဲ့ကြပါတယ်။ ဆိုလိုတာက အလင်းဟာ လှုပ်ဖို့အစိတ်အပိုင်းတွေမလိုဘူး။ သူကိုယ်တိုင်က အခြေခံအစိတ်အပိုင်းပေါ့။ ခု ၂၁ရာစု မှာတော့ ဒါဟာ string-net liquid အယူအဆနဲ့အတူ quantum ether ကွမ်တမ်အီသာ ဟာ ပြန်ပေါ်လာ ခဲ့ပါတယ်။



A quantum ether: The fluctuation of oriented strings give rise to electromagnetic

ဒါကို အမေရိကန်နိုင်ငံ MIT က တရုတ်လူမျိုးပညာရှင် ရှောင်ကန်ဝမ် က တိုပိုလိုဂျီအော်ဒါ နဲ့ စခဲ့ပါတယ်။ String-net liquid ဆိုတာ တိုပိုလိုဂျီ အခြေအနေတမျိုးပါ။ သူ့မှာ ပါတဲ့ အခြေခံအမှုန်မှာ စပင် တစ်ခု ပဲပါပါမယ်။ ဆိုပါတော့ စပင်။ အထက်နဲ့အောက်စပင်က ရိုးရိုးပြောရရင် လည်နေတာပါ။ အပေါ် ဆိုတာက ညာရစ်လည်ရင် အောက်ဆိုတာ ဘယ်ရစ်ပါ။ ဒါပါပဲ။ အကြမ်းဖျဉ်းတော့ ဒါပေမဲ့ဒီအမှုန်တွေဟာ အခဲလို ပုံဆောင်ခွက် lattice ဖြစ်မနေဘူး။ အရေလို လွတ်လွတ်လပ်လပ် စီးနေမယ် ဒါကို စပင်အရည် spin liquid လို့ခေါ်ပါတယ်။ စပင်အရည်ဟာ တစ်ခုချင်းကြိုက်သလို စီးဆင်းပြီး အပေါ်၊အောက်

ကြိုက်သလို နေနိုင်ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ collectively စုပေါင်းအားဖြင့် ပုံသဏ္ဍာန်တစ်ခု ဖြစ်နေမယ်ဆိုရင် ဒါဟာ ကြိုးတွေကကွန်ယက်ဖြစ်သလို ပုံမျိုးမို့ string-net liquid လို့ခေါ်ပါတယ်။ String-net အရေဟာ ကြွံခိုင်ပါတယ်။ ဒီမှာ တစ်ခုသတိထားရမှာက string ကြိုးလို့သာဆိုပေမဲ့အခြေခံအစိတ်အပိုင်းဟာ စပင်ပေါ်/အောက်ရှိတဲ့ အမှုန်တွေပါ။ ဒီအမှုန်တွေ ချိတ်ဆက်တဲ့ အတန်းလိုက်ကလေးကို string လို့ ခေါ်တာပါ။ ဒါက ကြိုးမျှင်သီဝရီ string theoryက string နဲ့ နာမည်ပဲတူတာပါ။ သဘောတရား မတူပါဘူး။ ကြိုးမျှင်သီဝရီမှာက အခြေခံပစ္စည်းဟာ ကြိုးမျှင်လို ၁ဒိုင်မင်းရှင်းရှိတဲ့ ပစ္စည်းပါ။ ဒီstring-net မှာက သုည ဒိုင်မင်းရှင်ရှိတဲ့အမှုန်က အခြေခံပစ္စည်းပါ။ အမှုန်တွေဆက်မှ ကြိုးဖြစ်ပြီး ကြိုးတွေ ပုံစံတစ်ခုပေါ်မှ ကွန်ယက်ဖြစ်တာပါဆိုပါစို့။ ဒီကြိုးဟာ အစနဲ့အဆုံး ပြန်ဆက်နေမယ်။ ကြိုးမှာပါသမျှ အမှုန်ဟာ စပင်အောက်ဖြစ်မယ်ဆိုရင် ဒါဟာ တိုပိုလိုဂျီအရတော့ circle ပါပဲ။ ဒီ circle ဟာ တွန့်တွန့် ခေါက်ခေါက် လိမ်လိမ် ကြီးကြီးသေးသေး အတူတူပါပဲ။ ဒီအချိန်မှာ အမှုန်တခုက စပင်အပေါ်ဖြစ်သွားခဲ့ရင် ကွင်း ပြတ်သွားပါမယ် string-net liquid က ဒီအချိန်မှာ ဘာကို တောင်းဆိုသလဲဆိုတော့ တခြားအမှုန်တွေဟာ စပင်ပြောင်းခြင်းဖြင့် ကွင်းတခုပြန်ဖြစ်စေရပါမယ်။ ဒါကို တိုပိုလိုဂျီအော်ဒါခေါ်တာပါ။ ဝမ်ရဲ့အယူအဆ အရ ကြိုးကွန်ယက်အရည်ဟာ စကြာဝဠာရဲ့လေဟာနယ် vacuumမှာ ပြည့်နေပါမယ်။ ဆိုလိုတာက Space နေရာဆိုတာ ဒီကြိုးကွန်ယက်အရည်တွေပါပဲ။ ဒါဆိုရင် ပေါ်ထွန်းမှုမူအရ ဒီကွန်ယက် လှုပ်ခါသွားတဲ့ အခါလှိုင်းတစ်ခုဖြစ်ပေါ်လာပါမယ်။ ပင့်ကူအိမ်ပေါ်လှိုင်းဖြတ်သလိုပေါ့။ ဒါကို ညီမျှခြင်း ထုတ်ကြည့်တဲ့အခါ အဲ့ညီမျှခြင်းဟာမက်ဝဲရဲ့လှိုင်းညီမျှခြင်းနဲ့တူနေပါတယ်တဲ့။ တနည်းအားဖြင့် ဒါဟာ အလင်းပါ။နောက်တခုကတော့ ကြိုးမျှင်တွေဟာ ကွင်းမဟုတ်ပဲ ပွင့်နေတဲ့အခါ အစွန်းဟာ အီလက်ထရွန် ရဲ့ အပြုအမူနဲ့ တူနေတာပါ။ အီလက်ထရွန်ရဲ့ပြုမူ ပုံ အကြောင်းရေးတဲ့ညီမျှခြင်းဟာ ဒီရက် ညီမျှခြင်းပါ။

(γd−m)စိုင်=0

ဒါကလဲ လှိုင်း ညီမျှခြင်းပါပဲ။ သင်္ကေတတွေကြောင့် အထက်က ညီမျှခြင်းနဲ့မတူသလို ဖြစ်နေပါတယ်။ ကိန်းသေကဒီမှာ အီလက်ထရွန်ရဲ့ဒြပ်ထု m ပါ ဝမ်ဟာ တခြားသောအားနဲ့ အခြေခံ အမှုန်တွေအတွက် (ကွက်၊ ဂလူဝန် စသဖြင့်) တိုပိုလိုဂျီကို ပြောင်းတဲ့အခါ ရပါတယ်။ Gravitonတခုက လွဲရင်ပေါ့ ။ ဒါကြောင့် ဒီသီဝရီဟာ အခြေခံအားတွေပေါင်းစည်းတဲ့ theory of everything တမျိုးပါပဲ။ ခုထိတော့ ဒါဟာ hypothesis တခုဖြစ်ပြီး ဒီလမ်းအတိုင်းသုတေသနပြုမဲ့ လူတွေ လိုအပ်နေဆဲဖြစ်ကြောင်း တင်ပြလိုက်ရ ပါတယ်။

ပိုင်သွန်

Topological order

စကြာဝဠာမှာ မြင်ရတဲ့ ရုပ်ဝတ္ထု အများစု ကို electron,Proton နဲ့neutron ၃မျိုးကနေလုပ်ထားတာပါ ဒါပေမဲ့ကမ္ဘာပေါ်မှာ ပါတ်ဝန်းကျင်ကိုကြည့်လိုက်ပါ။ ရုပ်တွေဟာ အရေအသွေးမျိုးစုံ ပုံသဏ္ဍာန်မျိုးစုံနဲ့ မရေမတွက်နိုင်အောင်ရှိပါတယ်။ အရေ ၊ အငွေ့ ၊ အခဲ ၊ လျှပ်ကူးပစ္စည်း ၊ လျှပ်ကာ ပစ္စည်း ၊ စူပါလျှပ်ကူး ၊ စူပါ အရည် စသဖြင့် ရုပ်ရဲ့ အခြေ အနေ မျိုးစုံ ရှိပါတယ်။ ဒီတော့ မေးခွန်းက ဒီ ၃ မျိုးကနေ ဒီလောက်များတဲ့အခြေအနေတွေ ဘာလို့ ပေါ်ပေါက်လာရတာလည်း။ ဒီမေးခွန်းကို condensed matter physic က ဖြေရှင်း ပေးနိုင်ခဲ့ပါတယ်။ ဒီ ရူပဗေဒ က အရည်နဲ့အခဲတွေကို လေ့လာတဲ့ပညာပါ။ သူဟာ principle of emergence ခေါ်တဲ့ပေါ်ထွန်းခြင်းမူ အပေါ် အခြေခံပါတယ်။ ဘာတွေ ပေါ်ထွန်းလာတာလဲ။ အရေ ၊ အခဲ ၊ အငွေ့ ၊ စူပါလျှပ်ကူး စသဖြင့်ရုပ်တို့ရဲ့ အခြေ အမျိုးမျိုးပါ ဘယ်ကပေါ်ထွန်းလာတာလဲ?။ Principle of Emergence က အီလက်ထရွန် ၊ ပရို တွန်နဲ့နျူထရွန် ၃မျိုးကနေ ဒါလောက် များတဲ့ ရုပ်အခြေ၊ အရည်အသွေးအမျိုးမျိုးကို ပေါ်ပေါက်စေတာဟာ သူတို့ကနေ ဖြစ်လာတဲ့ အက်တမ် ၊မော်လီကျူး အမျိုးမျိုးရဲ့ စီစဉ်တည်ရှိမှု order ကြောင့် လို့ ပြောပါတယ်။ ဒါကြောင့်လဲရုပ်ရဲ့ အခြေ (state of matter)ကို order လို့ သူတို့ကသုံးနှုန်းပါတယ်။ ဒီစကားက phase of matter ဆိုတဲ့ စကားနဲ ့လဲ အတူတူပါပဲ phase transition အခြေ ပြောင်း ခြင်းဆိုတာ ကိုတော့ကြားဖူးကြမှာပါ ဥပမာ ရေဆူပြီး အငွေ့ပျံတာဟာ အခြေပြောင်းတာပါ ရေက ခဲ သွားတာ အခြေပြောင်းတာပါပဲ။ အခဲအခြေရူပဗေဒ (condensed matter physic) အရတော့ ဒီလို အခြေပြောင်းတာ (phase transition)ဟာ order ပြောင်းတာပါပဲ ကဲ ဒီတော့ အခြေပဲဆိုဆို order ပဲပြောပြော phase ပဲ ဆိုဆို အဲဒါက ဘာကို ဆိုလိုချင်တာလဲ? အက်တမ်ပဲဖြစ်ဖြစ်၊ မော်လီကျူးပဲဖြစ်ဖြစ်၊ အစက် ကလေးတွေလို့ မှတ်ယူလိုက်ပါ။ သူတို့ဟာ အရေအတွက် သိပ်များပါတယ်။ တစ်ဂရမ်လေးတဲ့ ဟိုက်ဒရိုဂျင်မှာပါတဲ့ အစက်ကလေးတွေရဲ့ပမာဏကို တစ် မိုးလ် (1 mole) လို့ခေါ်ပါတယ်။ တကယ့် စံပြ သတ်မှတ်ချက်ကတော့ ၁၂ ဂရမ်လေးတဲ့ ကာဗွန် ၁၂ ((C12) မှာပါတဲ့ ပမာဏပေါ့။ ဟုတ်ပြီ။ အဲ့ ပမာဏ မှာ အစက်ကလေးပေါင်း ဘယ်လောက်ပါမလဲ ဆိုလိုတာက အက်တမ်ဘယ် ၂လုံးပါမလဲ။ အဲဒီ number ကိုအာဗိုဂါးဒရိုး ကိန်းလို့ခေါ်ပြီး သိပ်များပါတယ်။ တစ် ဂရမ်လေးတဲ့ ဟိုက်ဒရိုဂျင် မှာ စုစုပေါင်း 6 $*10^{23}$ ပါ။ ဆိုလိုတာက ၆ နောက်မှာ သုည ၂၃လုံး ရှိတဲ့ ပမာဏပါသိပ်များပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ အနန္တတော့ မဟုတ်ပါဘူး။ ဒါလောက်များ တဲ့ အစက်တွေကို ဘယ် လို စီစဉ်မလဲ? ဆိုလိုတာက မြို့တမြို့မှာ အိမ်တွေကို နေရာချမယ်ဆိုဘယ်လို စီစဉ်မလဲ။ အဲ့ဒါဟာ အစီအစဉ် (order) ပါပဲ။ ဒါပေမဲ့ နေပါဦး!! အက်တမ်တွေက ပြေးလွှားနေကြတာ မဟုတ်လား !! ဟုတ်ပါတယ်။ ပြေးလွှားနေကြပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ ပြေးလွှားမှုဟာ စွမ်းအင်ပေါ်မူတည်ပြီး ဒီမှာတော့ ဒါကို အပူချိန်လို့ ခေါ်ပါတယ်။ အပူချိန်ပေါ်မူတည်ပြီး တချို့က မြန်မြန်ပြေးနေကြတယ်။ ဒီတော့ သူတို့မှာ ဘယ်ဘက်ကို ကြည့်ကြည့် ဘယ်နေရာကို ကြည့်ကြည့်ဘာ အစီအစဉ်မှ မရှိပါဘူး။ နေရာတိုင်း မှာ ဥဒဟို ပျားပန်းခတ်မျှပြေး လွှားနေတဲ့ အစက်တွေကို တွေ့ရမှာပါ။ ဒါကိုအငွေ့လို့ခေါ်ပါတယ်။ သင်က အငွေ့ကို အပြင်က ကြည့်ရင် သူ့ရဲ့ပုံဟာ ထည့်ထားတဲ့ ခွက်ရဲ့ ပုံပါပဲ။ ခွက်ကိုကြီးရင်သူလဲလိုက်ကြီးမယ်။ သေးရင် လိုက်သေးမယ်။ ဒါပေမဲ့ သင်က အထဲကကြည့်မယ်ဆိုပါတော့။ အထဲကကြည့်ဖို့ သင်ကိုယ်တိုင်လည်းသေးမှရမှာပါ။ သင့်ရဲ့အရွယ်အစား ကလည်း အစက်လောက်ပဲ ရှိတယ် ဆိုပါတော့။ ဒါဆို သင်ဟာအငွေ့ရဲ့ ဘယ်နားမှာနေနေ သင့်ပါတ်ဝန်းကျင်က အစက်တွေဟာ ပုံစံအတူတူပျံ့နှံ့နေမှာပါ။ ဒါက ဘယ်ဘက်ကြည့်ကြည့် (rotation) နဲ့ဘယ်လောက်ရွေ့ရွေ့ (continuous translation) တူနေပါတယ်။ တူတာကို symmetry လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒီတော့ gas တွေဟာ continuous rotational symmetry နဲ့ continuous translational symmetry ရှိပါတယ်။ အပူချိန်ကို

ချလိုက်တဲ့အခါ အမှုန်တွေဟာ စွမ်းအင်နည်းသွားပါတယ်။ ဒီအခါ အမှုန် အချင်းချင်းကြားမှာ ဆွဲအားတချို့ ပေါ်လာပါတယ်။ ဒီအခါ အမှုန်တွေဟာ အငွေ့အခြေမှာလောက် မလွတ်လပ်တော့ပါဘူး။ တခုက ရှေ့ကသွားရင် တခုက နောက်က လိုက်ပါတယ်။ ဒါကို စီးတယ်လို့ခေါ်ပြီး ဒါဟာ အရည်ရဲ့ အရည်အချင်းပါ။ သူတို့ကို အပြင်ကကြည့်ရင် ခွက်ရဲ့ပုံ အတိုင်းပေါ်ပါမယ်။ ဒါပေမဲ့ မျက်နှာပြင်ကတော့ ဒြပ်ဆွဲအားကြောင့် ညီညာနေပါမယ်။ ခွက်မရှိရင်တော့ စီးဆင်းသွားပါမယ်။ အထဲကကြည့်ရင် သင်ကိုယ်တိုင် အမှုန်တခု အရွယ်နဲ့ဆိုရင်တော့ ဘယ်ဘက် ကြည့်ကြည့်ဘယ်နေရာက ကြည့်ကြည့် ပျမ်းမျှခြင်း မြင်ကွင်းဟာ အတူတူပါပဲ။ အရည်မှာလဲ continuous rotational and Translational symmetry ရှိပါတယ်။

အပူချိန်ကို ထပ်ချမယ်။ အေးလာတာနဲ့အမျှ အမှုန်တွေဟာ သိပ်မပြေးနိုင်တော့ဘူး။ နီးကပ်သွားမယ် စွမ်းအင်အနည်းဆုံး အခြေမှာ စီစဉ်ဖို့ကြိုးစားကြပါတယ်။ ဒါကို Crystallization ပုံဆောင်ခြင်းလို့ခေါ်ပါတယ်။ ပုံဆောင်ခဲ့ကွက် Lattice အမျိုးမျိုးရှိပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ သူတို့ရဲ့ယေဘူယျကြတဲ့ အရည်အသွေးကတော့ symmetry ဘက်ညီမှုပါပဲ။ ပုံဆောင်ကွက်က လေးထောင့် ဖြစ်တယ်ဆိုပါတော့။ စတုရန်းပဲထားပါ။ ဒါဆို အရေးကြီးဆုံးက စတုရန်းရဲ့ အနားအလျားပါ။ သင်ကအတွင်းကနေကြည့်မယ်ဆိုရင် ဒီအလျားနဲ့တူညီတဲ့ အကွာအဝေးအတိုင်းရွှေ့ တိုင်းမှာ ဒါမှ မဟုတ် ဒီအလျားရဲ့ ၂ဆ ၃ဆ စသဖြင့်ကိန်းပြည့်ဆ ရွှေ့တိုင်းမှာ ပါတ်ဝန်းကျင်က အတူတူပါပဲ။ ဒါပေမဲ့ တခြား အကွာအဝေးကို ရွှေ့ရင်တော့ မတူတော့ပါဘူး။ ဒါကို discrete translational symmetry လို့ခေါ်ပါတယ်။ Discrete symmetry ဟာ continuous Symmetry ထက် symmetry အရေအတွက် ပိုနည်းပါတယ်။ အခဲဟာ အပြင်ကကြည့်ရင်တော့ အခဲရဲ့ ပုံ သဏ္ဌာန်အတိုင်း အမြဲရှိနေမှာပါ။ ဆိုဗီယက် ရူပဗေဒပညာရှင် လက်ဗ်လင်ဒူး ဟာ spontaneous symmetry breaking လို့ခေါ်တဲ့သီဝရီနဲ့ နိုဗဲလ်ဆု ရခဲ့ပါတယ်။ ဒါ အလိုအလျောက်ဘက်ညီမှု ပြို ကွဲခြင်း လို့ဘာသာ ပြန်ရမှာပါ။ လင်ဒူးစိတ်ဝင်စားတာက အရည်တွေဟာ အခဲ အဖြစ် အခြေပြောင်းတဲ့ အခါ ဘာ ပြောင်းသွားတာလဲဆိုတဲ့သီဝရီတခုရှာဖို့ပါ။ ဒါကယေဘူယျကျကျ အခြေပြောင်းခြင်းအားလုံးကို ရှင်းပြနိုင်ရမယ် ပေါ့။ အထက်ကပေးတဲ့ ဖြစ်စဉ်နဲ့ဆက်ပြောရရင် အရေဟာ ဘက်ညီမှု ပိုများတယ် အစက်တွေက ပရမ်းပတာ နိုင်တယ်။ အစီအစဉ်မရှိဘူး။ သူ့ကို အပူချိန်ချလိုက်တဲ့အခါ တခုသောအဓိက အပူချိန် Tc မှာ ရုတ်တရက် ခဲသွားတယ်။ အဲ့မှာ ဘက်ညီမှု လည်းနဲသွားတယ်။ နဂိုရှိတဲ့ continuous translational symmetry က ပျက်စီး(broken)သွားပြီး ပိုနဲတဲ့ discrete translational symmetry ပဲကျန်ခဲ့တယ်။ အမှုန်တွေကတော့ အစီအစဉ် (order)တခုဖြစ်လာတယ်။ ညီညီညာညာနဲ့ ဒါဟာ အလိုအလျောက်ဘက်ညီမှု ကျိုးပျက်ခြင်းပါပဲ။ အမှန်တော့အလို အလျောက်လို့ သုံးပေမဲ့ အပူချိန်ပြောင်းမှ ဖြစ်တာပါ။ ဒါပေမဲ့ စကြာဝဠာအစဦးမှာ မဟာပေါက်ကွဲမှုက ရုတ်တရက် ပြန့်ကားတဲ့ အချိန်မှာ စကြာဝဠာရဲ့အပူချိန်ဟာ ဘယ်သူမှမချပဲ အလိုအလျောက်ကျခဲ့ဘူးပါတယ်။ ရလာဒ် က စကြာဝဠာရဲ့ ဘက်ညီမှုဟာလျော့သွားတယ်။ တနည်းနဂို မူလပိုများတဲ့ ဘက်ညီမှုကကျိုးပျက်သွားတယ်။ နည်းသွားတယ်။ ဒါပေမဲ့စကြာဝဠာမှာ order အသစ်တခု ဖြစ်ပေါ်လာခဲ့တယ်။ အဲဒါကဒြပ်ထု mass ပါပဲ။ ဒါကို Higg mechanism လို့ခေါ်ပြီး ဒီ မက္ကင်နစ်ဇင်ဟာ spontaneous symmetry breaking ကို သုံးထားတာပါ။ အမှန်တော့ ပြောခဲ့သလို ဘက်ညီမှုဟာ ပျက်သွားတာထက် လျော့သွားတာဆိုပိုမှန်ပါတယ်။ ဒါဟာ လင်ဒူးတွေ့ခဲ့တဲ့ သီဝရီပါ။ ဆိုလိုတာက ရုပ်ရဲ့ အခြေတွေကို classify လုပ်ချင်ရင်၊ အမျိုးအစားခွဲခြားချင်ရင် သူတို့ကို ဘက်ညီမှုနဲ့ခွဲလို့ရတယ်။ ဆိုတာပါပဲ။ ဘက်ညီမှု symmetry ကိုလေ့လာတဲ့ သင်္ချာကို group theory လို့ခေါ်ပြီး သူက classification ခွဲပြီးသားပါ။ ဒါကို အသုံးချလိုက်ရင် လောကမှာ ရုပ်အခြေ ဘယ် ၂ မျိုးရှိတယ်။ ဘယ်နေရာမှာရှာရမယ် သိပြီပေါ့ အမှုပြီးပြီ case closed!! ဒါပေမဲ့ ၁၉၈၀ ကျော်ရောက်တဲ့အခါ သိပ္ပံပညာရှင်တွေဟာ အပူချိန်မြင့် စူပါ

လျှပ်ကူးဖြစ်စဉ်ကို လင်ဒူး သီဝရီသုံးပြီး ဖြေရှင်းဖို့ကြိုးစားတဲ့အခါ မအောင်မြင်ခဲ့ပါဘူး။ ဘာကြောင့်လဲ ဆိုတော့ ပေးထားတဲ့ symmetry တစ်ခုအတွက် စူပါလျှပ်ကူးရဲ့ အခြေတွေက တစ်ခုမကဘူးဖြစ်နေလို့ပါ။ ဒါကို ရှင်းပြဖို့ topological orderဟာ ပေါ်လာခဲ့တာပါ။ ဘက်ညီမှု နဲ့ တိုပိုလိုဂျီ အစီအစဉ် တို့မတူရတဲ့ အကြောင်းကိုရှင်းပြရရင် ဘက်ညီမှုဟာ စနစ်ရဲ့ အစိတ်အပိုင်း တစ်ခုထဲနဲ့ ဆိုင်ပါတယ်။ ဥပမာ အောက်မှာ လင်ဒူးရဲ့ ဘက်ညီမှုသီဝရီနဲ့ ရှင်းပြထားတဲ့ကနေတဲ့ ပုံလေးတွေပြထားပါတယ်။

FIG. 1: (a) Particles in liquids do not have fixed relative positions. They fluctuate freely and have a random but uniform distribution. (b) Particles in solids form a fixed regular lattice.

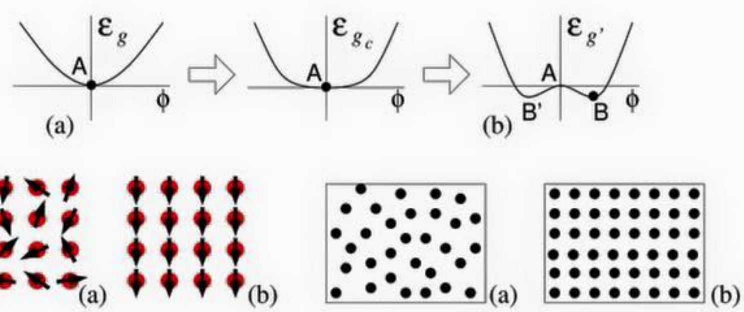


FIG. 2: (a) Disordered states that do not break the symmetry. (b) Ordered states that spontaneously break the symmetry. The energy function $\varepsilon_g(\phi)$ has a symmetry $\phi \to -\phi$: $\varepsilon_g(\phi) = \varepsilon_g(-\phi)$. However, as we change the parameter g, the minimal energy state (the ground state) may respect the symmetry (a), or may not respect the symmetry (b). This is the essence of spontaneous symmetry breaking.

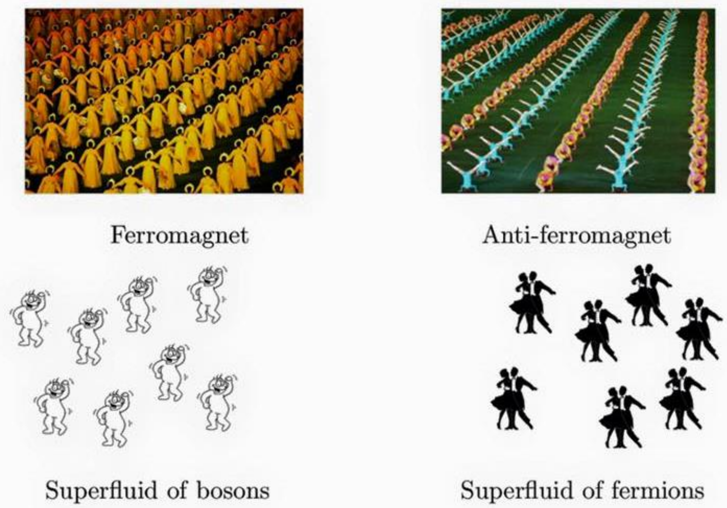


FIG. 4: The dancing patterns for the symmetry breaking orders.

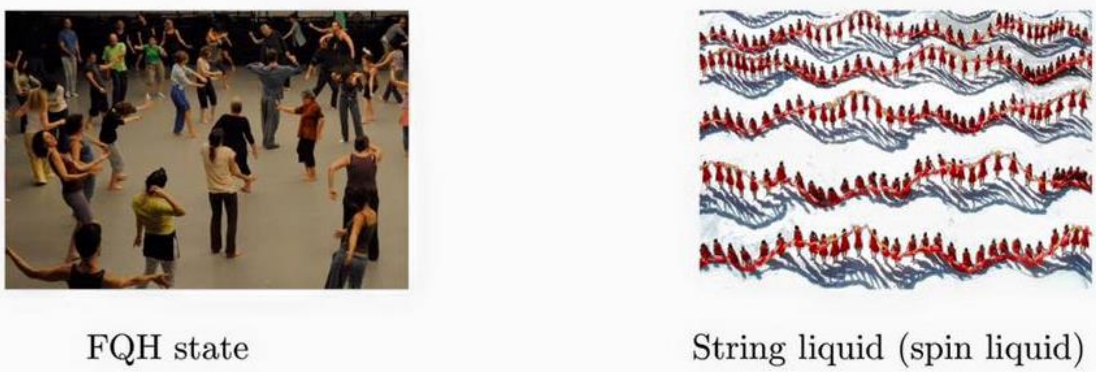


FIG. 5: The dancing patterns for the topological orders.

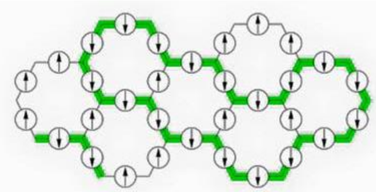


FIG. 6: The strings in a spin-1/2 model. In the background of up-spins, the down-spins form closed strings.

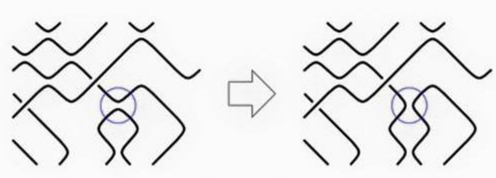


FIG. 7: In string liquid, strings can move freely, including reconnecting the strings.

ဒီမှာ အမှုန်တခုချင်းဟာ အကာသမား တယောက်ဆိုရင် စနစ်တစ်ခု လုံးဟာ ဘယ်နေရာကြည့်ကြည့် ကပုံတူကြပါတယ်။ ဒါကြောင့်လဲ ဆင်တူမှု (ဘက်ညီမှု) ကိုတွေ့ရတာပါ။ တိုပိုလိုဂျီကတော့ တစ်ခုချင်း ဝါ တမှုန်ချင်း ကို မကြည့်ပါဘူး။ သူတို့တစ်ဦးချင်း ကချင်သလိုကပေမဲ့ လိုက်နာရမဲ့ Rule လေးတွေရှိပြီး ဒီ rule တွေက global pattern ခေါ်တဲ့ စနစ်တစ်ခုလုံးမှာရှိတဲ့ပုံစံကို ဖြစ်စေပါတယ်။ ဒီပုံစံကို order လို့ခေါ်ပြီး ဒီအော်ဒါ မတူတဲ့ ရုပ်၂ ခုဟာ အခြေမတူပါဘူး။ ဒါဆိုဒီပစ္စည်းရဲ့ အရည်အသွေးလဲတူတော့မှာ မဟုတ်ပါဘူး။ topological order ဘယ်၂ခုရှိလဲ ရှာနိုင်ရင် ရုပ်အခြေ အသစ်သစ်တွေကိုလည်း ရှာတွေ့နိုင်မှာပါ။ အောက်မှာနောက်ဆုံးပုံဟာ spin up ,spin downstate ၂ မျိုးပဲရှိတဲ့အမှုန်တွေ globally arrange လုပ်ရမဲ့ order ကို ဥပမာတစ်ခုအနေနဲ့ ပြပေးထားပါတယ်။ ဒီမှာ rule က spin down (မြွားအောက်စိုက် အမှုန်တွေ)ဟာ closed loop အပိတ်ကွင်းတခု ဖြစ်ရပါမယ်။ မြွားပေါ်ထောင်တွေကတော့ နောက်ခံမှာ ကြိုက်သလိုရှိ နိုင်ပါတယ်။ အမှုန်တခု ချင်းစီရဲ့မြွားဟာ အချိန်တိုင်းမှာ ကြိုက်သလို အပေါ်ကအောက်၊ အောက်ကအပေါ်ပြောင်းနိုင်ပါတယ်။ ဒီလိုပြောင်းတိုင်းမှာ စနစ်တစ်ခုလုံးအနေနဲ့ အပိတ်ကွင်း closed loop တစ်ခုရှိအောင်ကျန်တဲ့ အမှုန်တွေက် လိုအပ်သလို လိုက်ညှိ ပြောင်းပေးရပါမယ်။ ဒါက topology ရဲ့ သဘာဝပါ။ နောက်ဆုံးအယူအဆ တချို့အရဆိုရင် စကြာဝဠာဟာဒီနည်းနဲ့ဖြစ်နေတဲ့ topological string-net တစ်ခုလို့ယူဆလာသူတွေရှိလာပါပြီ။ အား ၄ မျိုးဟာ ဒီကနေ ဖြစ်လာတဲ့emergence ဖြစ်စဉ်လို့ တွေးတဲ့သူတွေရှိလာပါတယ်။ ဒါက နဲနဲခတ်လို့ ရေးလို့ ရမဲ့နည်း စဉ်းစားမိရင်တော့ရေးပေးပါမယ်။

ပိုင်သွန်

Gauge theory

ဂေ့ဂျ်သီဝရီအကြောင်းရေးဖို့စဉ်းစားတော့ သိပ်မြင့်လွန်းနေတော့ မရေးချင်ပါဘူး ။ ရေးပြီးသား တွေပြန်ကြည့်တော့မိတော့လည်း ထူးမခြားနား ဆိုတော့ ဒါနဲ့တော့ ပိုမထူးပါဘူးဆိုပြီး ဆက်ရေး လိုက်ပါ တယ်။ ဒါပေမဲ့ အပေါ်ယံပဲဖြစ်မှာပါ။ ရေးရခြင်းအကြောင်းကလက်ရှိ အတည်ပြုပြီးတဲ့ သဘာဝ တရားကို ပြောပြတဲ့ သီဝရီတွေဟာ gauge theory ဖြစ်လို့ သူ့ကိုနားမလည်ရင် သဘာဝကို နားမလည် ပါဘူး။ သင်္ချာတွေကိုတော့ အသေးစိတ်မသွားတော့ပါဘူး။ စိတ်ဝင်စားရင် အင်တာနက်မှာ ရှာကြည့်ပါ။ လက်ရှိမပါရင်မဖြစ်တဲ့ ရူပဗေဒရဲ့ သီဝရီ၂ခု ရှိပါတယ်။ တခုက general relativity ပါ။ သူက General coordinate transformation အောက်မှာမပြောင်းလဲပါဘူး။ ဒါကို diffeomorphic ဖြစ်တယ်လို့ ခေါ်ပါတယ်။ တချို့ကလည်း background independence လို့ဆိုတယ် အဓိပ္ပါယ်က အတူတူပါပဲ။ ဒါက gauge invariance တမျိုးပါ။ ဒါကြောင့် GR ဟာ ဂေ့ဂျ်သီဝရီပါနောက်တမျိုးက အမှုန်တွေအကြောင်း ပြောပြတဲ့သီဝရီပါ။ standard model လို့ခေါ်ပါတယ်။ သူ့ကိုQuantum field theory နဲ့ရေးထားပြီး ၃မျိုးပါပါတယ်။ အဲဒါတွေကQuantum electrodynamics Quantum chromodynamics ဝိုန်းဘက်-ဆလမ် မော်ဒယ်တို့ပါ။ ဒီ၃ခုက gauge group SU(1)*SU(2)*SU(3) အောက်မှာ မပြောင်းလဲပါဘူး။ ဒါကြောင့် ဂေ့ဂျ်သီဝရီတွေပါပဲ။

ရှေ့က ပို့စ်မှာ symmetry နဲ့ group အကြောင်းတွေ ဖတ်ပြီးသူတွေ အဖို့တော့ gauge ဟာလဲ။ ဂရုတခုဆိုတာရိပ်မိမှာပါ။ ဒါဖြင့် ဂေ့ဂျ် ဟာဘာတွေအောက်မှာ ဘက်ညီတာလဲ? အမှန်တရားကို ရှာတယ်ဆိုတာ ကိုယ့်ဘေးက လောကထဲမှာ ရှိသမျှအရာအားလုံး ဘယ်လိုပြုမူကြသလဲ။ ဆိုတာကို သိမြင်ဖို့ကြိုးစားတာပါ။ အဲဒီထဲမှာကိုယ်ကိုတိုင်လည်းပါပါတယ်။ ဒါတွေရဲ့ပြုမူမှုကို ကျွန်တော် တို့ဟာ စိတ်အားဖြင့်သိရတာပါ။ ဒီတော့ သီဝရီဆိုတာက ပါတ်ဝန်းကျင်မှာဖြစ်နေတာကို ကိုယ့်ရဲ့ mental image မှာ ပုံစံတူပြုပြီး တွက်ချက်ကြည့်မှုပါ။ ကိုယ့်နားလည်မှုဟာမှန်ရင် ဒီတွက်ချက်မှုကနေ အဖြေထုတ်ပေးတဲ့ ဟောကိန်း Predictions ဟာ လည်းမှန်မှာပါ။ ဒါဆိုသီဝရီမှန်ပြီဒါဆို ကျွန်တော်တို့ဟာ လောကကို စိတ်မှာ ပုံတူပြုတွက်တာကို သီဝရီလို့ခေါ်ပြီး ဒီသီဝရီ မှန်ဖို့ရာလိုအပ်ချက်တွေဟာ ဘာတွေလဲဂရိတွေဟာ သူတို့လက်ထက်ကတည်းက အဓိကသင်္ချာမျိုးကို တွေ့ခဲ့ပါတယ်။ တခုကို geometryဂဲသြမေတြီ လို့ခေါ် တယ်။ shape တွေရဲ့ သင်္ချာပေါ့။ နောက်တခုက number theory ပါ။ ကိန်းတွေရဲ့သင်္ချာပေါ့ ။ ဂရိတွေလက်ထက်မှာ ဒီ၂ ခု က သပ်သပ်စီပါ။ မဆက်စပ်ဘူး။ Shape တွေဟာ ကျွန်တော်တို့ လောက ရဲ့ အကြောင်းကိုပြောပြနေပါတယ်။ တွေ့သမျှ အရာရာဟာ Shape တွေပါပဲ။ နောက်တခုက အရာရာဟာ ပြောင်းလဲနေတယ်။ ဒါပေမဲ့ ပြောင်းလည်းမှုကို လည်း shape အားဖြင့်ဖေါ်ပြနိုင်ပါတယ်။ ဒီတော့ ဂဲသြမေ တြီဟာအရေးကြီးပါတယ်။ နောက်တခုက ကိန်းတွေရဲ့ သင်္ချာပါ။ ကိန်းဂဏန်းမပါရင် ခင်ဗျားဟာ တခုနဲ့ တခုကို တိတိကျကျ မနှိုင်းယှဉ်နိုင်ပါဘူး။ ကြီးတယ် သေးတယ်။ ရှည်တယ်၊တိုတယ်၊ ကြာတယ်၊ မြန်တယ် ဟာ ကိန်းတွေရှိမှ လုပ်လို့ရတာမျိုးပါ ။ ဒီတော့ ဥပမာအနေနဲ့ လူတယောက် အရပ်က ၅ ပေရှည်တယ် ဆိုတာမျိုးပေါ့။ ရှည်တာက အလျားပါ ဂဲသြမေတြီ အရ one dimension ရှိတဲ့ မျဉ်းတခုပါ ဒါက

ဂဲသြမေတြီပစ္စည်းပါ။ ၅ပေ မှာ ၅ ဆိုတာက တော့ number ပါပဲ။ ဒါက ကိန်းပါ အမှန်တော့ ဒီ၂ခုက ရော သုံးထားခြင်းပါ။ ဂရိတွေက ဒါကို မသိဘဲလုပ်ခဲ့ကြတယ်။ ဒီမှာ ၅နောက်က ပေ က သတ်မှတ်ချက် တခုဖြစ်ပြီး သူ့ကို unit လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ယူနစ်ဟာ တိုင်းသူ ပေါ်မူတည်တဲ့ အရာပါ။ ပြောရရင် subjective ဖြစ်ပါတယ်။ အရပ်ကို ပေနဲ့ မတိုင်းပဲ စင်တီမီတာ နဲ့ လည်းတိုင်းလို့ရပါတယ်။ ဒါဆို ၁၅၂.၄ စင်တီမီတာ ဖြစ်သွားပါမယ်ယူနစ် ပြောင်းတာနဲ့ ကိန်းပြောင်း သွားတာကို တွေ့ရမှာပါ။ ၅ နဲ့ ၁၅၂.၄ နဲ့က တော်တော် ကွာပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ သူတို့ ၂ခု လုံးက တူညီတဲ့ အရပ် တခုထဲကိုသာ ရည် ညွှန်းကြတာပါ ကိန်းပြောင်းပေမဲ့ ဒီလူရဲ့အရပ်က ပြောင်းစရာမရှိပါဘူး။ ဒီအရပ် ဟာ geometry ပစ္စည်းတခု ဖြစ်လို့ သူ့မှာ ဘာ ကိန်းမှမရှိပါဘူး။ ၅/၁၅၂.၄ စသဖြင့်ကိန်းတွေဟာ တိုင်းတာတဲ့ လူကြောင့်ဖြစ်လာတဲ့ အရာတွေပါပဲ ။ ဒီလို ဂဲသြမေတြီပစ္စည်းတခုကို ဘာလို့ ကျွန်တာ်တို့က number တွေလိုက်ကပ်နေလည်း အထက်က ပြောသလိုပါပဲ။

ဂဲသြမေတြီပစ္စည်းဟာ လောကထဲက အရာပါ။ ဒါကို ကျွန်တော်တို့ ရဲ့ mental image မှာ သီဝရီ တခုနဲ့ တွက်ချက်ဖို့ကိန်းတွေ တပ်ပေးရတာပါ။ ဆိုပါတော့ မောင်ဖြူ နဲ့ မောင်မဲ ဘယ်သူပိုမြင့်လည်း ဒါကို တွက်ချက်ဖို့ မောင်ဖြူဟာ ၆လက်မရှိတယ်။ မောင်မဲက ၅လက်မ ဒီတော့ မောင်ဖြူဟာမောင်မဲထက် ပိုမြင့်တယ် ဒီလိုတွက်မှာကိုး ။ ဒီလိုတွက်ဖို့ အခြေခံကတော့ နဂိုက နှိုင်းမရတဲ့ ဂဲသြမေတြီ ပစ္စည်းတွေကို နှိုင်းရဖို့အတွက် ကိန်းတွေနဲ့ Measure လုပ်ပေးရပါတယ်။ ဒီမှာပြသနာတခုက number ကို ခင်ဗျား ကြိုက်တာတပ်လို့ရတာပါပဲ။ ၅တပ် ချင်လည်းရသလို ၁၅၂တပ်ချင်လည်း ဖြစ်တာပါပဲ။ ဒါပေမဲ့ မောင်ဖြူနဲ့ မောင်မဲ အရပ်ကို တိုင်းတာမှာ consistency ဖြစ်ဖို့ဆိုရင်မတိုင်းမီက နှိုင်းယှဉ်လို့ရမဲ့ standard ထားလို့ ရမဲ့ ယူနစ် တခု လိုပါတယ်။ ပေ လား စင်တီမီတာလားခဗျားက အင်္ဂါဂြိုဟ်ပေါ်က အရမ်းအဆင့်မြင့်တဲ့ နည်းပညာခေတ်လွန် ဂြိုဟ်သားတယောက်ဆိုရင် ဇေ ဆိုပြီး တပ်လည်းရတာပါပဲ။ မင်းအရပ်က ၅ဇေ ရှိတယ်။ အရေးကြီးတာက မောင်ဖြူနဲ့ မောင်မဲ အရပ်ကို တိုင်းမဲ့ နောက်တယောက်ကလည်း ဇေ ဆို ဘာလည်း နဲ့ တစ်ဇေ ဟာ ဘယ်လောက်ရှည်လည်း၊ မတိုင်းခင်ထဲက သဘောတူထားရင်ရပါပြီ။ ခုခေတ် အလျားတွေဟာလည်း ဒီလိုမျိုးပါပဲ။ ဘယ်အပူချိန်၊ ဘယ်ဖိအားမှာ ဘယ်သတ္တုရဲ့ အလျားကိုတပေလို့ ခေါ်မယ်စသဖြင့် စံပြု ရတာပါပဲ။ ဒီလိုလုပ်လို့ ပေ က ထူးရှယ် မဟုတ်ပါဘူး။ ဒီတော့ ဒီမှာ ပေ၊ ဇေ၊ စင်တီမီတာ စတာတွေဟာယူနစ်တွေဖြစ်ပြီး ဒါကို ကိုသြဒီနိတ်စနစ်တွေလို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒါက ကျွန်တော်တို့ရဲ့ စိတ်မှာ တွက်ချက်ဖို့ကြိုသတ်မှတ်ထားတဲ့အရာပါ။ ဂဲသြမေတြီပစ္စည်းကို ကြိုက်တဲ့ယူနစ် ကြိုက်တဲ့ ကိုသြဒီနိတ်စနစ်တပ်လို့ရပါတယ်။ ဒီလို ကိုသြဒီနိတ်စနစ်ပေါင်း infinite ရှိပါတယ်။ စနစ် ပြောင်းတိုင်း number ပြောင်းပါတယ်။ ဒါတွေ ပြောင်းပေမဲ့ မပြောင်းတာကမောင်မဲရဲ့ အရပ်ပါ။ Guage ဆိုတာက ခုပြောတဲ့ ကိုသြဒီနိတ်စနစ်ကို ရူပဗေဒပညာရှင်တွေက ခပ်ဆန်းဆန်း ပေးထားတဲ့ fancy name ပါ။ ကိုသြဒီနိတ်ပြောင်းတာကိုGauge transformation ဂေ့ဂျ်ပြောင်းလဲခြင်းလို့ခေါ်ပြီး၊ ဒီပြောင်းလဲခြင်း အောက်မှာ မောင်မဲရဲ့ အရပ်(ဝါ) ဂဲသြမေတြီရဲ့ structure ဟာ မပြောင်းလဲပါဘူး။ ရူပဗေဒလောတွေ ဟာလည်း ဂဲသြမေတြီ ပစ္စည်းတွေဖြစ်လို့ အထက်ကအဆိုကို အဆင့်မြင့်မြင့်ပြောရရင် ရူပဗေဒ နိယာမ

တွေဟာ ဂေ့ဂျ်ပြောင်းလဲခြင်း အောက်မှာ မပြောင်းလဲဘူးလို့ ပြောရင်ရပါတယ်။ ဒီလို အရည်အချင်းရှိတဲ့ သီဝရီတွေကိုဂေ့ဂျ်သီဝရီလို့ ခေါ်ပါတယ်။

ဂရိတွေ လက်ထက်ကျော်လာတော့ ပထမဆုံး Geometry နဲ့ number theory ကို စတင်ဆက်စပ်ပေးသူက ဒေးကားပါ။ ဒေးကားဟာ ကာတက်စီယန်ကိုဩဒီနိတ်ကို တီထွင်ခဲ့ပါတယ် ဒီကိုဩဒီနိတ်အောက်မှာ ပုံသဏ္ဍာန်တွေကို ညီမျှခြင်းပြောင်းလို့ရပြီး ညီမျှခြင်းတွေကို ပုံသဏ္ဍာန် ပြောင်းလို့ရပါတယ်။ ဂဲဩမေတြီဟာ number theory ဝါ algebra နဲ့အတူတူပဲလို့ပြခဲ့တာပါ။ ဥပမာ စက်ဝိုင်းဆိုပါတော့။ စက်ဝိုင်းမြင်တာနဲ့ ခင်ဗျားဟာ x^2+y^2=1 ဆိုတဲ့ ညီမျှခြင်းနဲ့ အစားထိုးလို့ရပါတယ်။ စက်ဝိုင်းပေါ်ကအမှတ်တွေတွက်မဲ့အစား ဒီညီမျှခြင်းကိုရှင်းတော့ ပိုလွယ်ပြီး ပိုတိကျပါတယ်။ အဖြေရမှ စက်ဝိုင်းပေါ်ပြန်တင်ပေါ့။ ဒါက သိပ္ပံဟာကိုဩဒီနိတ်ကို ဘယ်လို အသုံးချရမလဲဆိုတာ တဆင့်တက် သိခြင်းပါ။ ဒါသာမရှိရင် နယူတန်နိယာမလည်း ဖြစ်လာစရာမရှိပါဘူး။ Cartesian coordinate ဟာ ပထမဆုံး ကိုဩဒီနိတ်ပါ။ ဒါပေမဲ့အထက်က ပြောသလို ကိုဩဒီနိတ်ပေါင်းက မြောက်များစွာပါ။ ရူပဗေဒ နိယာမဟာ ကိုဩဒီနိတ် A ကနေ A' ကို ပြောင်းလဲစက်ဝိုင်းဟာ စက်ဝိုင်းပဲဖြစ်ရပါမယ်။ ဥပမာအနေနဲ့ ရူပဗေဒ မှာ central force တွေကို Potential အားဖြင့် ရေးလေ့ရှိပါတယ်။ ကမ္ဘာမြေကြီးရဲ့ အနားမှာရှိတဲ့ အမှတ်တခု h မှာရှိတဲ့ potential ကို V လို့ရေးပြီး တန်ဖိုးက V = mgh ပါ ။ အားညီမျှခြင်းက

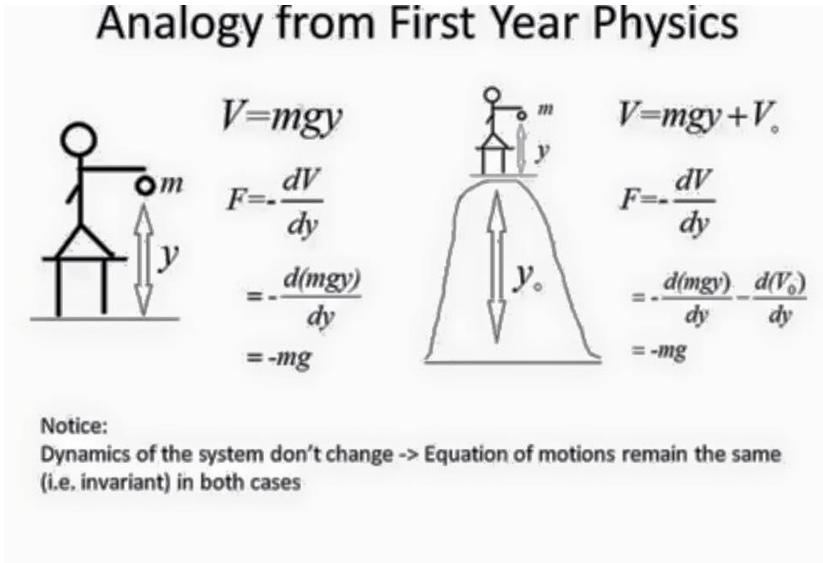
F=- grad V

F= - grad mgh

F= - d(mgh)/dh

F=-mg

ပါ။ grad က gradient ပါ။ ဒါကတော့ vector calculus သိမှ သိမှာပါ။ ခုဟာက one dimensional equation ပါ။ နောက်ဆုံးရတဲ့ F=-mg ဟာ အားညီမျှခြင်းပါ။ ဒါပေမဲ့ ဒီမှာ ပိုတန်ရှယ် ခေါ်တဲ့ အတည်စွမ်းအင်ဟာအမြင့် h ပေါ်မူတည်တာပါပဲ။ တနည်း ကိုဩဒီနိတ်ပေါ်မူတည်ပါတယ် h ရဲ့ အမြင့်ဟာ ဆိုပါတော့။ တောင်ကုန်းပေါ်မှာ ရပ်နေတာနဲ့ မြေ ပေါ်မှာ ရပ်နေတာ ကမတူပါဘူး။ ဒါပေမဲ့ ဒါက h ကို ဘယ်ကစတိုင်းတယ် ဆိုတာပေါ်ပဲမူတည်ပါတယ်။ တကယ်လို့တောင်ကုန်းပေါ်က တိုင်းမယ် ဆိုရင် လည်းစောစောက ပိုတန်ရှယ် V ကို တောင်ကုန်းရဲ့ ပိုတန်ရှယ် V0 ပေါင်းပေး လိုက်ရုံပါပဲ။ တောင်ကုန်းရဲ့ အမြင့်က ကိန်းသေ ဖြစ်လို့ V0 ကလည်းကိန်းသေပါပဲ။ ကိန်းသေကို differentiation လုပ်ရင် သုညရပါတယ်။ ဒီတော့ ညီမျှခြင်းက F = -mg ပဲပြန်ရမှာပါ။ အောက်မှာပုံပြထားပါတယ်။



အားနိယာမ ဟာ ပိုတန်ရှယ်ရဲ့ ပြောင်းလဲမှုအောက်မှာ မပြောင်းလဲပါဘူး။ ဒါကို gauge Invariance လို့ ခေါ်ပါတယ်ပိုတန်ရှယ်ပြောင်းလဲခြင်းဟာ gauge transformation ဖြစ်ပြီး ဒီလို သီဝရီကို gaugeTheory ခေါ်ပါတယ်။ ဒီမှာ ပိုတန်ရှယ်ဟာ အမြင့်ပေါ်မူတည်ပြီး ဒီအမြင့်ကInfinite ပါ ဒီပြောင်းလဲမှုလေးတွေဟာ ပြောင်းလဲမှုတခုပြီး နောက်တခု လုပ်တိုင်းမှာ ထပ်ရလာတာကလည်းပြောင်းလဲမှုပါပဲ။ ဒါဟာ ရှေ့ပို့စ်တွေက ပြောခဲ့တဲ့ closure ပါ။ မပြောင်းလဲပဲနေတာဟာလည်းမပြောင်းလဲတဲ့ ပြောင်းလဲမှုပါ။ ဒါ identity နဲ့ တူပါတယ်။ ပြောင်းလဲမှုတိုင်းမှာ ပြောင်းပြန်ပြောင်းလဲမှုရှိပါတယ်။ ဒီမှာတော့ တောင်ကုန်းပေါ်ကနေ မြေပေါ်ပြန်ချတာပေါ့။ inverse ရှိတယ်။ ဒီပြောင်းလဲမှုတွေဟာ တခုပြီး တခု လုပ်တာမှာ associativity ရှိတယ်။ ဒါတွေ ဟာ group တခုရဲ့ အရည်အချင်းဖြစ်ပြီး ဒီ ဂရု ကို gauge group လို့ ခေါ်ပါတယ်။ အရင်ပို့စ်ကပြောတဲ့အတိုင်းပါပဲ။ ခေတ်သစ်ရူပဗေဒဟာ Object တခုကို လေ့လာချင်ရင် သူ့နောက်ကSymmetry group ကို လေ့လာခြင်းဖြင့် သိနိုင်ပါတယ်။ ခုဒီမှာ Object က ဂေ့ဂျ်သီဝရီ ဖြစ်ပြီး သူရဲ့ ဂရု gauge group ကို လေ့လာခြင်းအားဖြင့် ဒီနိယာမ ကို နားလည်နိုင်ပါတယ်။ ခုဟာက ဥပမာ ဖြစ်ပြီ အရိုးရှင်းဆုံး ဂရုဖြစ်တဲ့Quantum electrodynamics ရဲ့ SU(1) ဂရုကိုလေ့လာဖို့ကတော့ classical electromagnetismနဲ့ quantum ကိုသိမှရမှာမို့ အမြည်းပဲ တင်ပြလိုက်ပါတယ်။

ပိုင်သွန်

References

အင်း ဘာရယ်တော့ မဟုတ်ပါဘူး တွေးစရာ လေးတွေ ရတာကနေ ပြောစရာလေးတွေရှိလာလို့ပါ။ ဒီ page မှာရေးတာတွေနဲ့ပါတ်သတ်ပြီး reference ဘာကို ကိုးကားသလဲဆိုတာကိုပါ။ ကျွန်တော် ရူပဗေဒ ပညာရှင် မဟုတ်ပါဘူး။ ပြီးတော့ သင်္ချာ ပညာရှင်လဲ မဟုတ်ပါဘူး။ ကျွန်တော် ဆရာဝန် တယောက်ပါ။ ဆေးပညာ ဘွဲ့ MSc ရထားသူ တစ်ယောက်ပါ။ ဒါပေမဲ့ ဆေးကျောင်းသား ဒုတိယနှစ်ထဲက ရူပဗေဒနဲ့သင်္ချာကို လေ့လာခဲ့တာ ခုထိပါပဲ။ ဘယ်သူ့ကို မှ ဆရာ မလုပ်ချင်ပါဘူး။ ရိုးရိုးသားသား ပြောတာပါ လေ့လာမိတာကိုဝေမျှတာပဲရှိပါတယ်။ ကိုယ့်လို သိချင်စိတ်ရှိပြီး လမ်းမလွဲသွားရအောင်၊ လူငယ်တွေကို ရည်ရွယ်ပါတယ်။ မင်းဘာတွေကို ကိုးကားသလဲ ဆိုရင်တော့ ကျွန်တော်သုတေသန စာတမ်းရေးနေတာ မဟုတ်လို့ပို့စ်တိုင်းမှာ reference မရေးနိုင်ပါဘူး။ ဒါပေမဲ့အဓိက source တွေ တော့ပြောပါမယ်။ တခုခုရေးတိုင်း တိုက်ရိုက်ဘာသာမပြန်ပါဘူး။ အားလုံးနားလည်အောင်ဖတ်ပြီးမှ နားလည်မှ ရေးပါတယ်။ အဓိက source တွေကတော့ arXIV ကော်နဲလ် တက္ကသိုလ်က research paper တွေကို online မှာ free တင်ပေးထားတဲ့ library က စာတမ်းတွေပါ။ Wikipedia က ဆိုင်ရာ ပေ့ဂျ်တွေပါ။ Plus magazine က ပညာရှင်တွေရဲ့ဆောင်းပါးပါ။ Intro to ဆိုင်ရာ subject ဆိုပြီး အလကားပေးတဲ့ Internet က lecture တွေပါ။ အများအားဖြင့် အမေရိကန်နဲ့ အင်္ဂလန်က ကျောင်းတွေရဲ့ ဆရာတွေ ရေးတာပါ။ Internet ကရတဲ့ free textbook တွေပါ။ နာမည်ကြီးရူပဗေဒ ပညာရှင်တွေရဲ့ non technical ရေးထားတဲ့ bestsellers စာအုပ်တွေပါ။ နောက်တခုမှတ်မှတ်ရရကတော့ အင်္ဂလန်ကဆရာ David Tong ရဲ့ရူပဗေဒ lecture တွေပါ။ Richard Feynman ရဲ့ ရူပဗေဒ volume ၃ စုံလုံးလည်းကျွန်တော့် မှာရှိပါတယ်။ အကုန်ဖတ်ပြီးပါပြီ အခေါက်ခေါက်အခါခါ ကြိုက်လွန်းလို့ ဖတ်ခဲ့တယ်။ နောက်လေးစား ရတဲ့ ဆရာကတော့ Lee Smolin ပါ။ Michio Kaku နဲ့ Leonard Susskind ကတော့ ဖတ်ပေမဲ့ သိပ်မကြိုက်ခဲ့ပါ။ Roger penrose ရဲ့သင်္ချာတွေနဲ့ စာအုပ်တွေကလည်း အရေးပါတဲ့ကိုးကားပါ။ ဒါတွေက မင်းရေးတာတွေအတွက် မင်းတာဝန်ယူလားဆိုရင် ဟုတ်ကဲ့ သူတို့ကပေးတဲ့ အသိတွေနဲ့ရေးပါတယ်။ သူတို့မမှားရင် ကျွန်တော်မှားစရာ မရှိပါဘူး။ ကျွန်တော် ဒီနယ်ပယ် ကမဟုတ်ပါဘူး။ အမှန်ကို သိချင်သူ တယောက်ပါ။ ဒါတွေကို သိဖို့အင်တာနက် နဲ့ကိုယ့်ရဲ့တွေးတတ်တဲ့ဦးနှောက်ကို ပဲအားကိုးခဲ့ပါတယ်။ ဒီနယ်ပယ်မှာ official မဖြစ်ခဲ့ပေမဲ့ ၁၉၉၇ ထဲက လေ့လာခဲ့ပါတယ် (official မဖြစ်တာက ဆေးကျောင်း တက်နေရလို့ပါ ရူပဗေဒ ကို ဒီနိုင်ငံမှာတတ်မယ်ဆိုရင် ဝမ်းရေးကလည်းရှိတော့ အင်း) ဒီပို့စ်တွေကို ရေးချိန်မှာ ကိုယ့်လို စိတ်ဝင်စာပြီး မတူတဲ့ idea တွေနဲ့မိတ်ဆွေတွေ လိုချင်ပါတယ်။ မှားယွင်းတဲ့ အယူအဆတွေ မပါနိုင်အောင်ကြိုးစားပါတယ်။ တခါတရံ လူအများနဲ့မို့ တချို့တွေ လက်ခံလွယ်အောင်အ လင်္ကာ သုံးရေးရတာရှိပါတယ်။ စာဖတ်များရင်နားလည်မှာပါ။ လွန်တာရှိရင် ဝဋ္ဋာမိပါလို့။

Calculus of variation

ကျွန်တော်တို့ဘုရားတွေမှာ ရွှေဆိုင်းတင်တာကို မြင်ဖူးကြမှာပါ ကြိုးကို စက်သီးနဲ့ဆွဲတင်ပြီး ရွှေဆိုင်းကပ်ပြီးတာနဲ့ပြန်ချပါတယ်။ ၁၆၉၇ မှာဘာနိုလီ မိသားစုထဲက ဂျိုးအန်းဘာနိုလီဟာ brachistochrone ဆိုတဲ့ ပြဿနာကို ရူပဗေဒအသိုင်းအဝိုင်းကို ချပြခဲ့ပါတယ်။ ဒါကဂရိ စကားပါ ။ Brachisto က အတိုဆုံးလို့အဓိပ္ပါယ်ရပြီး chronos က အချိန်ပါ။ အမြန်ဆုံးအချိန်ဆိုတဲ့ ပြဿနာပေါ့။ အပေါ်က ပစ္စည်းတခုကို ဒြပ်ဆွဲအားရဲ့ သက်ရောက်မှုအတိုင်း ကြိုးတချောင်း တစ်လျှောက် ပစ်ချမယ် ဆိုရင် အမြန်ဆုံးကျဆင်းစေမယ့် ကြိုးရဲ့ပုံစံဟာ ဘာလဲလို့မေးခဲ့တာပါ။ ကြိုးမှာတပ်ထားတဲ့ အရာဟာ ပုတီးစေ့ လဲ ဖြစ်နိုင်တယ်။ ရွှေသင်္ကန်းကပ်တဲ့ ရွှေဆိုင်းရထားလဲဖြစ်နိုင်တယ်ပေါ့။ အရေးကြီးတာက ဒီအရာပေါ်မှာ သက်ရောက်တဲ့အားက ဒြပ်ဆွဲအားဖြစ်ပြီး friction ခေါ်တဲ့ ပွတ်အားမရှိရပါဘူး။ ဒါကို တွက်ချက်ဖို့ ဘာနိုလီက ၂ ပါတ် အချိန်ယူခဲ့ရပြီး နယူတန်က တစ်ညပဲကြာခဲ့ပါတယ်။ ဒီပြဿနာကို တွက်ချက်ခဲ့သူတွေထဲမှာ လိုက်ဗနစ် ၊ အွိုင်လာ နဲ့ လာဂရန့်တို့လို သိုင်းလောက အကျော်အမော်တွေ လည်းပါခဲ့ပါတယ်။ လာဂရန့်နဲ့ အွိုင်လာတို့ရဲ့ စာပေးစာယူကနေ သိုင်းကွက် အသစ်ပေါ်ပေါက် လာခဲ့ပါ တယ်။ အဲ့ဒါကတော့ calculus of variationပါ။

Function တခုဟာ input အသွင်းအနေနဲ့ real number စနစ်ကို သွင်းပါတယ်။ ရလာဒ်ဟာ အမျိုးမျိုးရှိပေမဲ့ ဒီထဲကမှ အတည်ငြိမ်ဆုံး အဖြေတွေဟာတန်ဖိုးအနည်းဆုံး ၊ တန်ဖိုးအများဆုံးနဲ့ အတည်ငြိမ်ဆုံး အဖြေတွေပါပဲ။ ဒါကို stationary point လို့ခေါ်ပါတယ်။ brachistochrone ဟာ ဒီလိုပြဿနာမျိုးပါ။ ဒါပေမဲ့ သူက functional ပါ အတိုခြုံးပြောရရင် အဖြေက cycloid လို့ခေါ်တဲ့ curve ကိုရပါတယ်။ ဒီမျဉ်းကွေးကို ရချင်ရင် ဘီးတလုံးပေါ်မှာ အမှတ်တခုကိုမှတ်ပါ။ ဘီးလုံး ကလိမ့်သွားချိန်မှာ ဒီအမှတ်က ဆွဲသွားတဲ့ မျဉ်းကွေးဟာ cycloid ပါပဲ။

ဒီပြဿနာကို ဖြေရှင်းရာမှာ အဓိကအချက်က dF/dt=0 ဖြစ်ဖို့ပါ။ F က functional ဖြစ်ပြီး ဒီညီမျှချင်းရဲ့ အဓိပ္ပါယ်က ဒစ်ဖရန်ရှယ်တခု ဟာသုညဖြစ်ဖို့ဆိုရင် ဖန်ရှင်နယ်ဟာ constant ဖြစ်ရပါမယ်။ ဆိုလိုတာက အဲဒီအမှတ်မှာ functional ဟာ အနည်းဆုံး အများဆုံး သို့ တည်ငြိမ်အမှတ်ပါလာ။ ဂရန့်ဟာ ဒီနည်းကိုသုံးပြီး အွိုင်လာ-လာဂရန့် ညီမျှခြင်းကို ရေးခဲ့ပါတယ်။ ဒီညီမျှခြင်းမှာ ၂ ပိုင်းပါပြီး တခုက generalized coordinate လို့ခေါ်ပါတယ်။

ဒါက ကိုဩဒီနိတ်အမှတ်တခု ဖြစ်ပြီး Generalized ဆိုတဲ့အတိုင်း ကြိုက်တဲ့ ကိုဩဒီနိတ်မှာ သုံးလို့ရပါတယ်။ နောက်တခုက generalized Velocity ပါ။ ယေဘူယျ အလျင်ပေါ့။ ဒီ၂ ခု ကိုသိရင် physical system တခုရဲ့ state အခြေအနေကို သိပါတယ်။ ဒါဆို equation of motion ဝါ နိယာမ ကို ရေးလို့ရပါပြီ။ ဒါဟာ ကွမ်တမ် ကိုရေးလို့ရတဲ့အခြေအနေမို့ ကွမ်တမ်ကို နားလည်ချင်သူတွေအတွက် အရေးပါပါတယ်။ မြင်ဖူးတယ်ရှိအောင် ဒီညီမျှခြင်းကိုအောက်မှာပြပေးလိုက်ပါတယ်။ ဒီမှာ q က

အထွေထွေ ကိုဩဒီနိတ်ပါ ။ q dot (q ပေါ်မှာ အစက်ခလေးနဲ့က) က အထွေထွေအလျင်ပါ ဒါကိုရှင်းရင် နယူတန်လော ထွက်လာ ပါတယ်။

$$0 = \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\mathbf{q}}}\right) - \frac{\partial L}{\partial \mathbf{q}}$$

ပိုင်သွန်

Inertia

အင်နားရှားဆိုတာ လက်တင်စကား iners ကလာတာပါ အင်္ဂလိပ်လို idle လို့ပြန်ပါတယ်တဲ့။ မလှုပ်မရှားချင်တာ ပျင်းတိပျင်းရွဲ ဖြစ်နေတာပေါ့။ ရူပဗေဒ အထူးသဖြင့် classical mechanic မှာတော့ ဒါက နယူတန်ရဲ့ ပထမနိယာမပါ ။ဒီ နိယာမကို စတင်သူက ဂယ်လီလီယိုပါ။ သူ့အကြောင်းမပြောခင် သူ့နောက်ခံက အရစ္စတိုတယ်နဲ့စရမှာပါ။ အရစ္စတိုတယ်က လောက မှာ အရာရာဟာရွေ့နေကြရပြီး ဒီလို ရွေ့လျား နေရတာဟာ သူတို့နောက်က အားတခုခု ကြောင့်လို့ယူဆပါတယ်။ အားမရှိတော့တာနဲ့ အဲဒီအရာဟာ ရပ်သွားမယ်လို့ ယူဆခဲ့ပါတယ်။ စကြာဝဠာမှာ အရာရာဟာရွေ့လျား ပြောင်းလဲနေရတာပါ ဒါကြောင့် ရွေ့လျားမှု motionဟာ universal ပါ။ ဆိုလိုတာက အခြေခံကြပါတယ်။ ဘာအကြောင်းပြောပြော ရွေ့လျားမှုကိုမသိရင် ခင်ဗျား ဒီအကြောင်းနားမလည်နိုင်ပါဘူး။ အရစ္စတိုတယ် ရဲ့ အယူအဆအရ ရပ်ခြင်းဟာ အခြေခံအကျဆုံးအရာဖြစ်ပြီး တခုခု ရွေ့ရတာဟာ အားကြောင့် လို့ယူဆ ပါတယ်။ ရွေ့ခြင်းဟာ အားကြောင့် ဖြစ်လာတဲ့အရာ။ အခြေခံမကျဘူးပေါ့။ ဂယ်လီလီယိုရဲ့ လက်ထက်မှာ လျှောစောက်ပေါ်သံလုံးတွေ လှိမ့်ချပြီး လက်တွေ့သက်သေပြခဲ့တာက ရွေ့ခြင်းဟာ အခြေခံကျ ကြောင်းပါပဲ။ အရာဝတ္ထုတွေ ရပ်သွားရတာက ရွေ့နေတဲ့ အဲ့အရာကိုဆန့်ကျင်ဘက် အားတခုက လုံလောက်တဲ့ အားပမာဏနဲ့ တန့် ရပ်စေလို့ပါလို့ သူကယူဆပါတယ်။ ပြုတ်ကျလာတဲ့ပန်းသီးဟာ မြေကြီးပေါ်ရောက်ရင် မြေကြီးရဲ့ ဆန့်ကျင်တဲ့ အားကြောင့်ရပ်သွားတာပါ။ တကယ်လို့အားက ပြေးနေတဲ့ ဘိလိယက်ဘောလုံးကို နောက်က ထပ်တိုက်ရင် ဘောလုံးဟာ ပြေးနေတဲ့ အား ပိုမျှားလာပါမယ်။ ဒါကို အရှိန် acceleration လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒီတော့ ဘာအားမှ မသက်ရောက်တဲ့ ဘောလုံးတလုံးက ဘာဖြစ်မလဲ? ဂယ်လီလီယိုက တူညီတဲ့ အလျင် Velocity နဲ့ ဆက်သွားနေပါမယ်လို့ဆိုပါတယ်။ ဒီအခြေအနေကို inertial state လို့ခေါ်ပါတယ်။ သွားနေကြအတိုင်းသွားနေတာ လုပ်မြဲ အလုပ်ကို ဆက်လုပ်နေတာကို ဆိုချင်တာပါ။ ဒီမှာတော့ velocity အလျင်နဲ့ ပြောပါတယ်။ တူညီတဲ့အလျင် same velocity ပေါ့ အလျင်ဟာ vector ပါ။ ဆိုလိုတာက သူ့မှာ ၂ ပိုင်းပါပါတယ်။ တပိုင်းက ပမာဏ ဖြစ်ပါတယ်။ ဘယ်လောက်မြန်တယ်ဆိုတဲ့ပမာဏပါ။ speed လို့ခေါ်ပါတယ်။ နောက်တပိုင်းက direction ပါ။ မြောက်ဘက်ကိုသွားတဲ့ ဘောလုံးက တောင်ဘက်ပြောင်းရင် direction ပြောင်းတာပါ။ ဒါဆိုအလျင် ပြောင်းတာပါပဲ။ Same velocity နဲ့သွားနေတဲ့ အရာဟာ direction လည်းမပြောင်းချင်ဘူး။ speed လည်းမပြောင်းပါဘူး။ တူညီတဲ့ ဦးတည်ဘက်၊ တူညီတဲ့အမြန်နဲ့ပဲ ဆက်သွားလိုတဲ့ သဘောကို အင်နားရှားလို့ခေါ်တာပါ။ သူ့အပေါ်အားသက်ရောက်လိုက်ရင် သူကပြောင်းလဲပေးရပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ ဘယ်လောက်ပြောင်းလဲပေးမလဲဆိုတာကတော့ သူ့ရဲ့အင်နားရှား ဘယ်လောက်ကြီးတယ် ဆိုတာပေါ်မှာ မူတည်ပါတယ်။ ကုန်တင်ကားတစီးကို လမ်းကြောင်းပြောင်းဖို့က ဆိုက်ကားတစီးကို လမ်းကြောင်း ပြောင်းဖို့ထက်ပိုခက်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် အင်နားရှားဟာ ဒြပ်ထုနဲ့တိုက်ရိုက် အချိုးကျပါတယ်။ လောကမှာ အရာရာဟာ ရွေ့နေကြတာပါ။ ပြောင်းလဲနေကျတာပါ။ ရပ်နေတယ်ဆိုတာက ဆန့်ကျင်ဘက် အား ၂ ခု ညီတူညီမျှ သက်ရောက်ခြင်းခံရတဲ့အရာတွေသာ ရပ်ကျရတာပါ။ ဥပမာ စားပွဲပေါ်ကစာအုပ်ဟာ

အောက်ကိုဆွဲချတဲ့ ဒြပ်ဆွဲအားနဲ့အပေါ်ကို တွန်းတင်တဲ့ စားပွဲမျက်နှာပြင်ပေါ်က မော်လီကျူးတွေရဲ့ လျှပ်စစ်သံလိုက်တွန်းအားတွေညီမျှနေလို့စာအုပ်ဟာ ရပ်နေတာပါ။ ဒါတောင်သင်က စားပွဲဘေးက ထိုင်ကြည့် နေလို့ရပ်တာပါ။ သင်က ကမ္ဘာ့အပြင်ဘက် ခပ်ဝေးဝေးက ကြည့်ခဲ့မယ်ဆိုရင် စားပွဲကော စာအုပ်ကောဟာ ကမ္ဘာနဲ့အတူ နေကို ပတ်ပြီး ရွေ့နေတာကို မြင်ရမှာပါ။ ရူပဗေဒတိုင်းတာမှုတခုကို လုပ်တဲ့အခါ တိုင်းတာတဲ့ အခြေအနေဟာ အရေးကြီးပါတယ်။ သင်က စားပွဲဘေးက တိုင်းတာမှာလား။ ကမ္ဘာ့အပြင်ဘက်ကတိုင်းမှာလားဆိုတာ အရေးပါပါတယ်။ ဘာလို့လဲဆိုတော့ ရလာဒ် ၂ခုက မတူလို့ပါ။ အငြင်းပွားစရာ မဖြစ်အောင် မှန်ကန်တူညီတဲ့ရလာဒ်ဖြစ်အောင် မှန်ကန်တဲ့ အခြေအနေကိုရွေးရပါတယ်။ ဒါကို ရည်ညွှန်းဘောင် frame of reference လို့ခေါ်ပါတယ်။ သင်ပန်းချီဆွဲမယ်ဆိုရင် ပန်းချီကားချပ်လိုပါတယ်။ ဒီလိုပါပဲ သင်physics လုပ်မယ်ဆိုရင်လည်း frame of reference လိုပါတယ်။ ဖရိမ်အမျိုးမျိုးရှိပေမဲ့ အကောင်းဆုံး ဖရိမ်ကတော့ inertial frame ပါပဲ။ ဒါကြောင့် နယူတန်ဟာ သူ့ နယူတန်လော ကိုရေးနိုင်ဖို့အတွက် Newton's first law ကိုစရေးတာပါ။ ဒါက ဖရိမ်ချလိုက်တာပေါ့ဗျာ။ နယူတန် ပထမနိယာမ ကို Law of inertia လို့ခေါ်ပါတယ် ဒီလောက အလျင်တခုနဲ့ သွားနေသော အရာများဟာ သူတို့အပေါ်အားမသက်ရောက်သမျှ ကာလပါတ်လုံးတူညီတဲ့ အလျင်နဲ့ ဆက်သွားကြသည် လို့ဆိုပါတယ်။ ပြီးတော့မှ ဒုတိယနိယာမ ကို ဆက်ရေးပါတယ်။ အဲဒီအရာပေါ် အားသက်ရောက်ခဲ့ရင် အလျင်ဟာ ပြောင်းလဲသွားပါမယ်။ ဒီမှာပြောင်းလဲတယ်ဆိုတာက direction ပြောင်းတာ speed ပြောင်းတာ။ ဒါမှမဟုတ် ၂ခု လုံး ပြောင်းတာ ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။ direction ပြောင်းဖို့က အားသက်ရောက်တဲ့ angle နဲ့ဆိုင်ပြီး speed က အားပမာဏနဲ့ဆိုင်ပါတယ်။ ဒါကို တခုတည်း တစည်းတလုံးရေးချင်ရင် vector နည်းနဲ့ရေးရပါတယ်။ ဒီတော့ နယူတန် ဒုတိယလောကအားပမာဏ = ဒြပ်ထု * အလျင်ပြောင်းနှုန်းပါ။ ဒါ ကနယူတန်ရဲ့ အဓိက လောပါ။ ဒီလောက လောကမှာ ပြောင်းလဲခြင်းမှန်သမျှကို တွက်ချက်ရာမှာ သုံးပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ ဒီလောက ပထမနိယာမကတောင်းဆိုထားတဲ့ inertial frame ပေါ်မှာပဲ မှန်ပါတယ်။ ပန်းချီကို ပန်းချီကားချပ်ပေါ်မှာပဲ ဆွဲလို့ရပါတယ်။ ရေပေါ်မှာ အရုပ်ရေးလို့မရပါဘူး။ လောကမှာ အင်နာရှယ်ဖရိမ်တွေ အများကြီးရှိပါတယ်။ ရထားပေါ်က လူအတွက် ရထားဟာအင်နာရှယ်ဖရိမ်ပါ။ ပလက်ဖောင်းပေါ်ကလူအတွက် ပလက်ဖောင်းဟာ အင်နာရှယ်ဖရိမ်ပါ။ သူ့ဖရိမ်နဲ့သူကတော့ မှန်ကြပါတယ်။ ပြသနာက သူ့ ဖရိမ်ကအဖြစ်အပျက် event ကို ကိုယ့်ဖရိမ်က တွက်နည်းနဲ့ တွက်ရင်မှားတော့တာပါပဲ။ ဒီအခါမှာ မှန်ဖို့အတွက် ဖြည့်စွက် ပြင်ဆင်ချက်လုပ်ရပါတယ်။ ဒါကိုTransformation လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဖရိမ်ပြောင်းတဲ့သဘောပေါ့။ ဂယ်လီလီယိုက ဒါကို တွေ့ရှိခဲ့ပြီး ဒါကို Galileo relativity လို့ခေါ်ပါတယ်။

$X' = X - vt \qquad t' = t$

ပါ။ ဒီ relativity ရဲ့လို အပ်ချက်ကို ပြင်ဆင်ရာက အိုင်းစတိုင်းဟာ သူ့ရဲ့ special relativity ကိုတွေ့ရှိခဲ့ ပါကြောင်း။

ပိုင်သွန်

သဘာဝနိယာမ

နယူတန် ဟာ သင်္ချာရဲ့ ကြောင်းကျိုးမကျလောက်အောင် ထိရောက်မှု unreasonable effectiveness of mathematics ကို သိပ္ပံမှာချပြခဲ့သူပါ။ သူ့မတိုင်ခင်က philosopher တွေ သင်္ချာပညာရှင်တွေ အများကြီးရှိပေမဲ့ ဒီလူတွေရဲ့ idea အားလုံးကို Coherent ဖြစ်အောင် စလုပ်ပေးခဲ့သူပါ ။ သူရဲ့ သီဝရီဟာ ကွမ်တမ် relativity စတာတွေနဲ့ယှဉ်ရင် မပြည့်စုံပေမဲ့ သာမန်လူတို့ရဲ့ experience မှာ တွေလေ့ရှိတဲ့ အဖြစ်အပျက်တွေအတွက်တော့ လုံလောက်တဲ့ theoretical framework တခုကို ပြည့်ပြည့်စုံစုံချပြနိုင်ခဲ့ပါတယ်။ ပြီးတော့အမှန်တရားကို လောကကို သင်္ချာအားဖြင့် သိပ္ပံအားဖြင့် ကိုယ်စားပြုနိုင်ကြောင်းစခဲ့သူပါ။ ငယ်စဉ်က အမေ မုဆိုးမရဲ့သား လေးဟာ လယ်တောမှာ နွားကျောင်းခိုင်းချိန်မှာ နွားကိုပစ်ထားပြီး သစ်ပင်အောင်မှာ တယောက်ထဲ စဉ်းစားနေတတ်သူ ပျင်းရိသူလို့ထင်ခဲ့ရပါတယ်။ ဦးလေးဖြစ်သူရဲ့ တိုက်တွန်းချက်အရ အမေဖြစ်သူက နယူတန်ကို တက္ကသိုလ် ပို့ခဲ့ပါတယ်။ နယူတန်ဟာ ကိန်းဘရစ်က ထရီနတီ ကောလိပ်မှာပညာသင်ကြားခဲ့ပြီး အရစ္စတိုတယ် ဂယ်လီလီယို ဒေးကား နဲ့ ကပ်ပလာတို့ရဲ့ အိုင်ဒီယာတွေကို လေ့လာ ခွင့်ရခဲ့ပါတယ်။ ဘီအေရခဲ့တဲ့ ၁၆၆၅ မှာ ပလိပ်ရောဂါ ကပ်ကြောင့် ကျောင်းပိတ်ခဲ့ ချိန်မှာ မွေးရပ် ဝူးသော့ပ်ကိုပြန်ခဲ့ပြီး ဒီကာလမှာ သူ့ရဲ့ကြီးမားတဲ့ တွေ့ရှိမှုတွေဖြစ်တဲ့ ကဲကုလပ် Binomial theorem Newton Law of motion နဲ့ Universal Gravitation (ဒြပ်ဆွဲအား နိယာမ) တို့ကို တွေ့ရှိခဲ့ပါတယ်။ ၂ နှစ်ကြာတော့ ကိန်းဘရစ်ကို ပြန်ရောက်ခဲ့ပြီး မကြာမီမှာပဲ။ သူ့ဆရာအိုင်ဆက် ဘာရိုးရဲ့နေရာ လူကားရှန်း ပါမောက္ခရာထူးကိုရခဲ့ပါတယ်။ နယူတန် မတိုင်မီက ပညာရှင်တွေဟာ သင်္ချာကို Algebra အနေနဲ့သာ အသုံးပြုခဲ့ရတာပါ။ Quadratic equation တွေကို အဓိက ဖြေရှင်းခဲ့တာပါ။ ကွာဒက်ထရစ်ညီမျှခြင်းတွေဟာ အလွယ်ပြောရင် စကွဲယား (၂ထပ်ကိန်း) ပါတဲ့ ညီမျှခြင်းပါ။ ဒါကိုရှင်းရင် အဖြေ solution ဟာ conic section ကိုရပါတယ်။ conic section ဆိုတာကတော့ ကန်တော့ပုံကို ဖြတ်ရင်ရလာတဲ့ စက်ဝိုင်း ဘဲဥပုံ။ ပါရာဗိုလာနဲ့ ဟိုက်ပါဗိုလာတွေပါတဲ့ ဂဲဩမေတြီပါ။ ကပ်ပလာက ကောင်းကင်က ဂြိုဟ်ပါတ်လမ်းနိယာမ ၃ခုကို ရှာတွေ့ခဲ့ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ ဒီနိယာမ ၃ ခုဘာလို့ဖြစ်နေရလည်း သူရှင်းမပြနိုင်ခဲ့ပါဘူး။ ဂြိုဟ်တွေက သူ့နိယာမတွေအရ ဘဲဥပုံ ပါတ်လမ်းရှိကြောင်းတော့ သူသိခဲ့ပါတယ်။ ဂယ်လီလီယိုက ဒီအချိန်မှာ အင်နားရှား နိယာမအကြောင်းကို ပြောပြနိုင်ခဲ့ပါတယ်။ ဒေးကားကတော့ Cartesian coordinateကို တီထွင်ခဲ့ပါတယ်။ ဒေးကားရဲ့ နောက်ထပ်တီထွင်မှုကတော့ အယ်ဂျီဘရာalgebra နဲ့ ဂဲဩမေတြီတို့ရဲ့ ဆက်စပ်မှုကို Cartesian coordinate system အားဖြင့်ပေါင်းပေးခဲ့တာပါ။ အယ်ဂျီဘရာဟာ အက္ခရာ သင်္ချာပါ။ ဒီသင်္ချာက သင်္ကြိုက်ရာ တန်ဖိုးတွေကိုကိုယ်စားပြုတဲ့ သင်္ကြိုက်ရာ အက္ခရာတွေရဲ့ ညီမျှခြင်းတွေပါပဲ။ သူက ပုံဖော်လို့မရတဲ့ သင်္ချာမျိုးပါ။ ဂဲဩမေတြီကတော့ shape ပုံတွေကိုဖော်ပြနိုင်တဲ့သင်္ချာပါ။ ဥပမာ စက်ဝိုင်း ဆိုပါတော့ ဒေးကားက x axis နဲ့ y axis ကို ထောင့်မှန်ကျတဲ့ graph တခုကိုဆွဲခဲ့ပြီး ဒီအပေါ်မှာ real number system ကိုတင်တဲ့အခါ ဂဲဩမေတြီကို အယ်ဂျီဘရာနဲ့ ဆက်စပ်ပေးနိုင်ခဲ့ပါတယ်။ ဥပမာ သူ့ရဲ့ ကိုဩဒီနိတ် အပေါ်မှာ စက်ဝိုင်းပုံဆွဲတယ်။ ဆိုပါတော့ ဒါကဂဲဩမေတြီပါ။ ဒါပေမဲ့ ဒါက x နဲ့ y တန်ဖိုး

ဆောင်ပါတယ်။ ဒီတော့ x^2 + y^2 = 1 လို့ ရေးခဲ့ရင် ဒါဟာ စက်ဝိုင်းကို ဖော်ပြတဲ့ algebra ပါ။ လောကမှာ ပုံပန်းသဏ္ဍာန်တွေကို ဖော်ပြနိုင်တဲ့ သင်္ချာရပါပြီ။ တကယ်တော့ လောကပါတ်ဝန်းကျင်ကို သင်ကြည့်ခဲ့ရင် အရာရာမှာ တွေ့ရတဲ့ အရာ ၂ ခုရှိပါတယ်။ တခုက Shape တွေ ဖြစ်ပြီး နောက်တခုက ပြောင်းလဲခြင်း Change ပဲဖြစ်ပါတယ်။ ပြောင်းလဲနေတဲ့ ပုံသဏ္ဍာန်များဖြင့် လောကတခုလုံးကို ဖွဲ့စည်းထားတာပါ။ Shape တို့ရဲ့ သင်္ချာကို ဒေးကားက ချပေးခဲ့ပြီး Change ရဲ့ သင်္ချာကိုတော့ နယူတန်က ကိုယ်တိုင် ထွင်ယူခဲ့ပါတယ်။ အဲဒါကတော့ ကဲကုလပ် Calculus ပါ။ သင်က အဖြစ်အပြတ်တခု အကြောင်းကို ပြောမယ်ဆိုပါစို့။ ငှက်ကလေးပျံတာဖြစ်စေ၊ ငါးကလေးရေကူးတာဖြစ်စေ၊ ဘောလုံးတလုံး လိမ့်ထွက်တာဖြစ်စေ ပြောပြီဆိုရင် ပထမဆုံးလိုတာက ဒါတွေရဲ့တည်နေရာပါ။ နောက်တခုလိုတာက အချိန်ပါဒီ ၂ ခုရဲ့ ဆက်စပ်မှုကနေ v= s/t အရ အလျင်ကိုသင်ရပါတယ်။ ဒါကို ဒေးကားရဲ့ ကိုဩဒီနိတ် ပေါ်တင်တဲ့အခါ x ဝင်ရိုးက s (နေရာ) ဖြစ်လာပြီး y ဝင်ရိုးက t (အချိန်) ဖြစ်လာပါတယ်။ သူတို့ ၂ ခုဆုံရာ point တိုင်းဟာ အဖြစ်အပျက်တခုစီပါ။ ဒီပွိုင့်တွေ အများကြီးဆက်စပ်တဲ့အခါ ဒါဟာ မျဉ်းကွေး curve တခု ဖြစ်လာပါတယ်။ ဒီမျဉ်းကွေးဟာ အဲဒီအရာရဲ့သမိုင်းကို ဖေါ်ပြပါတယ်။ လိပ်ပြာတကောင်ရဲ့ ပျံသန်းမှုခရီးစဉ်အစ မှ အဆုံးတခုလုံးကို မျဉ်းကွေးတကြောင်းနဲ့ ဖေါ်ပြလို့ရပါပြီ။ ဒီ curve တွေကို နောက်တနည်း function လို့လည်းခေါ်ပါတယ်။ Function ဟာ input တခုခုထည့်ပြီး output တခုခု ပြန်ထွေးထုတ်ပေးတဲ့ စက်တခုပါပဲ ဒီဥပမာ မှာဆိုရင်s = f(t) လို့ရေးရင် s ဟာ ဖန်ရှင်ပါ။ သူက t ကို သွင်းတိုင်း s ကို ပြန်ထုတ်ပေးပါတယ်။ လိပ်ပြာလေးဘယ်အချိန်မှာ ရှိတယ်လို့ သင်ကပြောတိုင်း ဒီဖန်ရှင်က လိပ်ပြာ ဘယ်နေရာမှာ ရှိမယ်လို့ ပြန်ပြောပြပါမယ်။ s ဟာ t=0 ကနေ t= နောက်ဆုံး အချိန်ထိ သင်ကထည့်ပေးရင် သူက Cartesian coordinate ပေါ်မှာမျဉ်းကွေး တကြောင်းကို ဆွဲပေးပါမယ် ဒါဟာ လိပ်ပြာရဲ့သမိုင်း history ပါ။ ဒီနေရာမှာသင်က စိတ်ပါရင်လောကမှာ ရှိသမျှ တခြားတခြားသော အရာတွေနဲ့လည်း အစားထိုးနိုင်ပါတယ်။ သင်္ချာကတော့ အတူတူပါပဲ။ ဒါကိုသိရင်သင်ဟာ လောကရဲ့ အကြောင်းတွေကို နိယာမရေးနိုင်ပါတော့မယ်။ နယူတန်ဟာ လိုအပ်နေတဲ့ ပြောင်းလဲခြင်းရဲ့သင်္ချာကို သွသူ တီထွင်ခဲ့ပါတယ်။ ကဲကုလပ်မှာ ၂ ပိုင်းပါပါတယ်။ တခုက differential ခေါ်တဲ့ နှုန်း တွေ အကြောင်းနဲ့ နောက်တခုက integral ခေါ်တဲ့ ဧရိယာတွေ အကြောင်းပါ။ ၂ ခု လုံး ကတစ်ခုဟာ တခုရဲ့ပြောင်းပြန်ပါ။ တခု နဲ့ရေးလို့ရရင် နောက်တခုနဲ့ရေးလို့ရပါတယ်။ ၂ ခု လုံးက ဖန်ရှင်ဆိုတဲ့ မျဉ်းကွေး တွေလိုပါတယ်။ ဒစ်ဖရန်ရှယ်ဟာ မျဉ်းကွေးပေါ်ထိစပ်နေတဲ့ Tangent တန်းဂျင့်တွေ အကြောင်းပါ။ အင်တီဂရယ်ကတော့ ဒီမျဉ်းကွေး အောက်က ဧရိယာကို တွက်တာပါ။ လောကရဲ့ နိယာမတွေကို အများအားဖြင့် second order partial differential equationတွေနဲ့ ရေးပါတယ်။ ဥပမာ နယူတန် ဒုတိယနိယာမဟာ

F= dp/dt= m * d^2 s/dt^2

ပါ။ မြင်တဲ့အတိုင်း စကွဲယား သင်္ကေတ က differential ၂ ခါ ရိုက်ထားတာပါ။ ဒါကြောင့် second order ပါ။ partial ဆိုတာကတော့ အသွင်းတွေ တခုထက်ပိုရင်ပေါ့။ v=ds/dt ကမျဉ်းကွေးပေါ်က အချိန်တခုနဲ့ နေရာတခုမှာ ရှိတဲ့ point တခုပေါ်ထိစပ်နေတဲ့ မျဉ်းဖြောင့်တနည်း တန်းဂျင့်ပါပဲ။ ဒီတန်းဂျင့်ကို velocity

လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒီ velocity ကို နောက်တခါ ထပ်ရိုက်တော့ အလျင်ပြောင်း နှုန်း အရှိန် acceleration ကိုရပါတယ်။

a= dv/dt=d^2s/dt^2

သွားမြဲသွားလိုတဲ့ ဆန္ဒနဲ့ တူညီတဲ့အလျင်နဲ့သွားတဲ့ လိပ်ပြာလေးကို ဂရပ်ဆွဲကြည့်ရင် မျဉ်းဖြောင့် ရပါတယ်။ ဒီအချိန်မှာ အလျင် ရုတ်တရက် ပြောင်းသွားတယ်။ ဂရပ်ဆွဲရင် အနည်းငယ်ကွေ့သွားတယ်။ မျဉ်းကွေးစဖြစ်တယ်ပေါ့။ ဒါဆိုရင်သေချာတယ် လိပ်ပြာဟာ တခုခုနဲ့ အပစ်ခံရပြီ။ သူ့အပေါ် အား သက်ရောက်ပြီ။ နယူတန် ဒုတိယနိယာမဟာ

အား = အဟုန် ပြောင်းနှုန်း

အဟုန် = ဒြပ်ထု * အလျင်

အလျင် = နေရာပြောင်နှုန်း

နေရာ = အချိန်ရဲ့ဖန်ရှင်

ဒါဟာ ပြောင်းလဲမှုရဲ့ သင်္ချာပါ။ နယူတန်ရဲ့ ကဲကုလပ်ပါ။ နယူတန်ဟာ ဒီနည်းကိုသုံးပြီး ကပ်ပလာရဲ့ ဂြိုဟ်သွားလမ်းတွေကို တွက်ထုတ်ပြနိုင်ပါတယ် (အမှန်တော့နယူတန်second law က ယေဘူယျ လောပါ။ ဒီမှာ F ကကြိုက်တဲ့ အားဖြစ်နိုင်သေးတယ်။ ဥပမာဒြပ်ဆွဲအား လျှပ်စစ်သံလိုက်အား ပွတ်အား စသဖြင့်ပေါ့။ ဒြပ်ဆွဲအားထည့်တွက်မှ ကပ်ပလာရဲ့ ဂြိုဟ်ပါတ်လမ်းကိုရတာပါ)။ အထက်ကပြောခဲ့တဲ့ quadratic equation တွေကို ဖြေရှင်းရင် conic section တွေ့ရသလိုပဲ။ second order differential ညီမျှခြင်းတွေကလဲ comic section တွေကိုရပါတယ်။ ဒါကြောင့် နယူတန်လောက ဂြိုဟ်တွေဟာ ဘဲဥပုံ ကြယ်တံခွန်တွေက ဟိုက်ပါဘိုလာ ပစ်မြှောက်လိုက်တဲ့ ပန်းသီးက ပါရာဘိုလာ နဲ့ ကြိုးချည်ထားတဲ့ ခဲလုံးကလှည့်ရင် စက်ဝိုင်းပုံ ထွက်ကြောင်းမျဉ်းကွေး ဖန်ရှင်တွေကိုပေးပါတယ်။ ဒီမျဉ်းကွေးတွေပေါ်က အမှတ်တမှတ် ပွိုင့် တခုကိုသိတာဟာ လက်ရှိ ရောက်နေတဲ့ ဂြိုဟ်ရဲ့ နေရာလိပ်ပြာရဲ့ အခြေအနေကို သိခြင်းပါ present stateပေါ့။ ဒါကိုသိရင် နယူတန် ညီမျှခြင်းထဲထည့် အားကိုလည်းသိမယ်ဆိုရင် နောက်တချိန် မျဉ်းကွေးပေါ်မှာ တနည်း သမိုင်းပေါ်မှာ ရှိမယ့် အနာဂါတ်မှာ ဖြစ်လာမယ့် အခြေအနေ ဝါ ပွိုင့် တွေအားလုံးကိုသိပါမယ်။ အတိတ်ကိုလည်းသိနိုင်ပါတယ် သင်ရှေ့ဖြစ်ကော နောက်ဖြစ်ကော ဟော လို့ရပါပြီ။ ဒါဟာ နယူတန်သီဝရီရဲ့စွမ်းပကားပါ။ နယူတန်ဟာ principia Mathematica ကျမ်းကို ရေးခဲ့ပါတယ်။ ပန်းသီးမြေပေါ်ကျတာ လက ကမ္ဘာကိုပတ်တာ ဒီရေအတက်အကျ အမြောက်ကျည်ဆံရဲ့ လမ်းစတာတွေဟာ ဒြပ်ဆွဲအားတခုတည်းကြောင့်ဆိုတာ ပြနိုင်ခဲ့ပါတယ် (Classical mechanic အကြောင်း နောက်ပို့စ်တွေမှာ ဆက်ပြီး ရေးပေးသွားပါမယ်။ သင်္ချာ သင်္ကေတ ကFacebook မှာ ရေးရတာ ခက်လို့ လိုအပ်တာလောက်ပဲ ရေးပြရပါတယ်။ ဖတ်မဲ့လူရှိလို့စာအုပ်ထုတ်နိုင်ရင်တော့ သင်္ချာရဲ့ အလှတွေ မြင်အောင် ထပ်ထည့်ချင်ပါသေးတယ်။ မရှင်းတာ မေးနိုင်ပါတယ်။ နိုင်သလောက်ရှင်းပြပါမယ်)

လောကကိုအရှိအတိုင်းမြင်နိုင်ကြပါစေ

ပိုင်သွန်

Potential Energy

အား ဆိုတာ ကျွန်တော်တို့ နေ့စဉ်ဘဝမှာ အမြဲ ကြုံတွေ့နေကြ အရာပါ ရုပ်လောက မှာ အခြေခံ အားဖြင့် ၂ မျိုးသား ရှိပါတယ်။ ရုပ်နဲ့အားပါ ရုပ်တခုကအားကို ထုတ်တယ်။ အဲဒီ အားက နောက်ရုပ်တခုပေါ်သက်ရောက်တယ်။ အသက်ရောက်ခံရတဲ့ ရုပ်က အလျင်ပြောင်းလဲသွားတယ် ခုပြောပြတာက universal phenomenon ပါ။ လောကမှာဖြစ်ပျက်သမျှ ဖြစ်စဉ်မှန်သမျှကို ခု idea နဲ့ ရှင်းပြနိုင်ပါတယ်။ ရူပဗေဒနိယာမတွေက ခုဖြစ်စဉ်ကို သင်္ချာနည်းနဲ့ရေးပြထားတဲ့ညီမျှခြင်းတွေပါ။ ရုပ်ကို fermion လို့ခေါ်ပါတယ်။ fermion တွေဟာ တနေရာထဲ၂ ခု မနေနိုင်ပါဘူး။ အားကိုတော့ boson လို့ ခေါ်ပါတယ်။ တနေရာထဲ ကြိုက်သလောက်နေလို့ရပါတယ်။ ရုပ်တခုက သူ့ပါတ်ဝန်းကျင် မှာ အား စက်ကွင်းကို ဖြန့်ထုတ်တာကိုရေးတဲ့ ညီမျှခြင်းမျိုးကဥပမာအားဖြင့် electrostatic က

Div E = rho / epsilon naught

လို ညီမျှခြင်းမျိုးပေါ့။ rho က charge ရှိတဲ့ အီလက်ထရွန် ပရိုတွန်တွေကို ဆိုလိုခြင်းဖြစ်ပြီး သူတို့ရဲ့ ပါတ်ဝန်းကျင်မှာ လျှပ်စစ်စက်ကွင်း E ကို ဖြန့်ထားတယ်လို့ဆိုလိုတာပါ။ E ဟာ အားစက်ကွင်းဖြစ်ပြီး သူက အလင်းလုံးလေးတွေကိုဖြစ်စေပါတယ်။ ဒီအလင်းလုံး photon တွေ က boson ပါပဲ။ ဒီအလင်းလုံး တွေက space ကို အလင်းအလျင်နဲ့ဖြတ်သန်းပြီးသွားပါတယ်။ ဖြတ်သန်းတဲ့အခါ လှိုင်းပုံစံရှိပြီး ဒါကို လှိုင်းညီမျှခြင်းနဲ့ရေးပါတယ်။ အလင်းဟာ တဖက်ကိုရောက်တဲ့အခါ တခြား ရုပ်တခု ဥပမာ အီလက်ထရွန် နဲ့ထိတွေ့တဲ့အခါ အီလက်ထရွန်ကို စွမ်းအင်ပေးလိုက်ပါတယ်။ သူကတော့ပျောက်သွားတယ်။ ဒီအခါ အီလက်ထရွန်ဟာ အလျင်ပြောင်းလဲပြီး အားသက်ရောက်တာခံလိုက်ရတယ်ပေါ့။ နယူတန် ညီမျှခြင်း F= ma ကဒီအပိုင်းကို အား အမျိုးမျိုး အတွက်ရေးပေးတာပါ။ အားဟာ abstract ဆန်တဲ့ အယူအဆ ဖြစ်ရာကနေ နယူတန် ကျေးဇူးကြောင့် သူ့ကို တိတိကျကျတိုင်းတာလို့ရလာတယ်။ လက်တွေ့ ဆန်လာတယ်။ တခုခု အလျင်ပြောင်းလဲရင် အားရှိလို့ အားပမာဏက အလျင် ဘယ်လောက် ပြောင်းလဲ သလဲဆိုတဲ့ ပမာဏ ပေါ်မူတည်တယ်။ အလျင်ပြောင်းလဲနှုန်းကတိုင်းတာလို့ရပါတယ်။ ဘာလို့ ဆိုတော့ အလျင်ကနေရာနဲ့ အချိန်ပေါ်မူတည်တာကို နေရာနဲ့အချိန်ကတိုင်းလို့ရတယ်။ ဒီတော့ အားလည်း တိုင်တာလို့ရလာပါတယ်။ အားတွေ အကြောင်းကို ဆက်လေ့လာတဲ့ အခါမှာ အားအမျိုးရှိကြောင်း သိလာရပါတယ်။ နယူတန်ကဒြပ်ဆွဲအားကို ပထမဆုံးရှာတွေ့ခဲ့ပါတယ်။ ဒီအားဟာ conservative အား အမျိုးအစားဖြစ်ပါတယ်။ conserve ဆိုတာက တည်မြဲတာကို ဆိုလိုတာပါ။ ဘာတည်မြဲသလဲဆိုတော့ ဒီအားစက်ကွင်းရှိတဲ့ အထဲမှာ စွမ်းအင်ဟာ တည်မြဲပါတယ်။

ဒါဖြင့် စွမ်းအင်ဆိုတာဘာလဲ။ Energy ဟာ အရာတခုကနေ တခုကို လွှဲပြောင်းပေးနိုင်တဲ့ အရာပါ။ ပုံစံ အမျိုးမျိုးနဲ့ရှိနေတဲ့ အဲဒီအရာဟာ အရေးပါပြီး တည်မြဲတယ်ဆိုတဲ့ အချက်က လွဲရင် ဘာဆိုတာ ပြောရခက်တဲ့အရာတခုပါ။ ဒါပေမဲ့ ရူပဗေဒ မှာသူ့ရဲ့အရေးပါမှုကတော့ ဒီတည်မြဲမှုကြောင့်ပဲ ဖြစ်ပါတယ်။ သူက ဟိုးတုန်းကလည်းရှိတယ်။ ခုလည်းရှိတယ်။ နောင်လည်းရှိဦးမယ်။ နေရာတိုင်းမှာလည်းရှိတယ်။

သူက အသွင်အမျိုးမျိုးနဲ့ရှိနေတယ်။ ပထမဆုံး စွမ်းအင်ရဲ့အယူအဆကို လိုက်ဗနစ် ကတင်ပြခဲ့ ဖူးပြီး သူက ဒါကို vis viva လို့အမည်ပေးခဲ့ပါတယ်။ vis viva = mv^2 တဲ့။ ဒါကခုခေတ်Kinetic energy နဲ့တူပါတယ်။ ရှေ့က factor 1/2 ပဲကွာပါတယ်။ conservative force စက်ကွင်းတွေမှာ အားဟာတခုက တည်နေရာပေါ် မူတည်ပြီးနောက်တခုကအလျင်ပေါ်မူတည်ပါတယ်။တည်နေရာပေါ်မူတည်တဲ့ အရာဟာအတည်စွမ်းအင် ဖြစ်ပြီး အလျင်ပေါ်မူတည်တာက အရွေ့စွမ်းအင်ပါ ။ ဒီ၂ ခုပေါင်းကို စွမ်းအင်လို့ခေါ်ပြီး သူက တည်မြဲတယ်။ တန်ဖိုးဘယ်တော့မှ မပြောင်းပါဘူး။ ဥပမာ အမြင့်တစ်ခုမှာရှိနေတဲ့ ပန်းသီးတစ်လုံးလိုပါ။ ပန်းသီးဟာ ဒြပ်ဆွဲစက်ကွင်းထဲမှာရှိတဲ့ အတွက်အောက်ကိုကျဖို့သူ့မှာ potential တခုရှိနေပါတယ် ။ ဒါပေမဲ့ အညှာက ထိန်းထားတဲ့အတွက် အောက်ကိုမကျဘဲတွဲလောင်း ဖြစ်နေတယ် ။ ဒီအချိန်မှာ မရွေ့တဲ့ အတွက် kinetic energy အရွေ့စွမ်းအင်က သုညပါ ။ အတည် စွမ်းအင်က အများဆုံးဖြစ်ပြီး စွမ်းအင် စုစုပေါင်းနဲ့တူပါတယ် ။

E= KE + PE

ပေါ့ ။ အညှာပြုတ်တဲ့အခါ KE ကတိုးလာပြီး PE ကတဖြည်းဖြည်း လျော့လာတယ်။ ပန်းသီး ရွေ့လာပြီး အရှိန်ရလာတယ် ပြုတ်ကျပြီပေါ့။ စွမ်းအင်စုစုပေါင်းကတော့ အတူတူပါပဲ။ အတည်အားတွေရဲ့ ထူးခြားချက်က သူတို့ကို အတည်စွမ်းအင်ရဲ့ gradient အနေနဲ့ရေးလို့ရတာပါ ။

F= - grad V

ပါ ။ ဥပမာ ကမ္ဘာ့ဆွဲအားထဲက ပန်းသီးရဲ့ အတည်စွမ်းအင်ဟာ

V = - GMm/r

ရှိပါတယ် ။ M က ကမ္ဘာ့ဒြပ်ထု m က ပန်းသီးရဲ့ဒြပ်ထု r က ပန်းသီးရဲ့အမြင့်ပေါ့ ။ ဒီ အတည်စွမ်းအင် V ကို gradient ယူတဲ့အခါ (နေရာနဲ့အလိုက်ပြောင်းတာ d/dr ပေါ့

F = -GMm/r^2

ရပါတယ် ။ နယူတန် ဒြပ်ဆွဲအားရဲ့ ညီမျှခြင်းပါ ။ နယူတန်ညီမျှခြင်းက ဒြပ်ဆွဲအားတခုအတွက်ပဲ အသုံးဝင်ပေမဲ့ F = - grad V ဆိုတဲ့ ပုံစံကတော့ conservative force တော်တော်များများအတွက် အသုံး ဝင်ပါတယ် ။ ပို General ကျတယ်ပေါ့ ။ ဒြပ်ဆွဲအားအတွက် ဒီပုံစံကို ပွာဆွန်ကတွေ့ခဲ့ပြီး ဒါကို ပွာဆွန် ညီမျှခြင်းလို့ခေါ်ပါတယ် ။ ဒီမှာ အတည်စွမ်းအင်ကို၌က စက်ကွင်းတခုဖြစ်ပြီးစကြာဝဠာ နေရာအနှံ့မှာ တည်ပါတယ် ။

ပိုင်သွန်

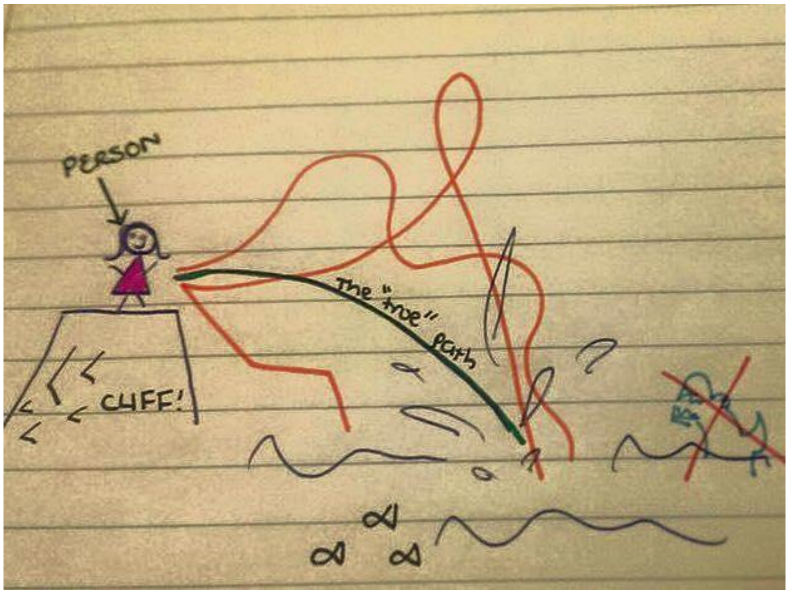
နိယာမ ကိုရှာတဲ့ နိယာမ

နယူတန် မက်ကင်းနစ်ဟာ စွမ်းအားကြီးပါတယ်။ဒါပေမဲ့သူ့ကို နေရာတကာ အသုံးပြုလို့ မလွယ်ပါဘူး ။ အထူးသဖြင့် constraint problem တွေ အကန့်အသတ်နဲ့ ပြဿနာတွေမှာ သုံးရခက်ခဲပါတယ် ။ ၁၇၈၈မှာ လာဂရန့်က နယူတန်မက္ကင်းနစ်ကို formulation အသစ်နဲ့ ပြန်တီထွင်ခဲ့ပါတယ်။ လောကမှာ နိယာမဟာ အရေးကြီးပါတယ်။ လောကဟာ ဘယ်လို အလုပ်လုပ်သလဲဆိုတဲ့ နိယာမကို သိရင် တော်တော်များများက principal အရ ဖြေရှင်းလို့ရပါတယ် ။ ပြဿနာကနိယာမကို ဘယ်လိုရှာမလဲ။ အများစုက လက်တွေ့တိုင်းတာလေ့လာမှုတွေကရလာတဲ့ ဒေတာတွေကို pattern ဖေါ်ရတာပါ ။ သင်္ချာက ဒီလိုပက်တန်တွေကို စနစ်တကျ ကိုယ်စားပြုထားတဲ့ ဘာသာစကားပါ။ နိယာမတွေကို စမ်းတဝါးဝါး ရှာခဲ့ကြတာပါ ။ နယူတန်ဟာ အရင်ပို့စ်တွေကပြောခဲ့တဲ့အတိုင်း အရစ္စတိုတယ်၊ ဒေးကား ကပ်ပလာ နဲ့ ဂယ်လီလီယိုတို့တွေ့ရှိချက်တွေကနေ ပတ်တန်တစ်ခုကို ထုတ်ဖေါ်ခဲ့တာပါ။ ဒါဟာ အမှန်တရားဖြစ်ပေမဲ့ ဘာကြောင့် ဘယ်လို ဒီညီမျှခြင်းကိုရလည်းဆိုရင်တော့ မသိနိုင်ပါဘူး။ လာဂရန့် မကင်းနစ်ရဲ့ ထူးခြားချက်ကတော့ နိယာမကို ဘယ်လိုရှာရမလဲဆိုတဲ့ နိယာမကို ရှာတွေ့တာပါပဲ ။ ဒီနိယာမကို action principal လို့ခေါ်ပါတယ်။ ရစ်ချက်ဖိုင်းမင်းဟာ ကွမ်တမ်မက္ကင်းနစ်ကို ဒီနည်းသုံးပြီး ပြန်ရှာတွေ့ခဲ့ပါတယ်။ သူငယ်ငယ်ကကျောင်းမှာ စာသင်တော့ သင်္ချာတွေဟာ သူ့အတွက်လွယ်လွန်းနေပါတယ်။ သူပျင်းနေမှန်း သိတော့ ဆရာက တစ်နေ့ကျောင်းဆင်းချိန် သူ့ကိုရုံးခန်းထဲခေါ်ခဲ့ပါတယ်။ ပြီးတော့ မင်းမပျင်းရအောင် အရမ်းစိတ်ဝင်စားဖို့ကောင်းတဲ့အကြောင်းပြောပြမယ်ဆိုပြီး ဒီပရင်စီပယ်ကိုပြောပြခဲ့ပါတယ် ။ နောက်ပိုင်းမှာ ဖိုင်းမင်းဟာ ဒီပရင်စီပယ်ကို အသုံးချပြီး ကွမ်တမ်မကင်းနစ်ကို ဖော်ထုတ်ခဲ့ရမှာ ဒါကို path integral formulation လို့ခေါ်ပါတယ်။ အစောဆုံး ပေါ်တဲ့ principal of least action (သို့) Action principal ရဲ့ precursor ကတော့ ဖားမတ်ရဲ့ principal of least time ပါ ။ ဖားမတ်ကအလင်းဟာ အမှတ် A ကနေ B ကို သွားရာမှာ အချိန်အနည်းဆုံး လမ်းကို ရွေးချယ်တယ်လို့ပြောခဲ့ပါတယ်။ အမှတ် A ကနေ B ကို သွားရာမှာ သွားနိုင်တဲ့ လမ်းကြောင်းအများကြီးရှိပါတယ်။ အဲဒီထဲကမှ အလင်းဟာ အမြန်ဆုံးဖြစ်တဲ့ လမ်းကြောင်းကိုရွေးတယ်လို့ ဆိုလိုတာပါ ။ မော်ပါတွီကလည်း သဘာဝဟာ ခြိုးခြံခြွေတာလွန်းတယ်လို့ ဆိုပါတယ်။ လာဂရန့်ရဲ့ ပရင်စီပယ်ကို သိဖို့ကတော့ Action ကိုသိရပါမယ်။ Action ကို A လို့ရေးပြီး သူက functional တစ်ခုပါ။ function ဆိုတာ numberတခုကိုယူပြီး number တခုကို ပြန်ထုတ်ပေးတာပါ။ functional ကတော့ function တစ်ခုကိုသွင်းရင် number တစ်ခုကိုပြန်ထုတ်ပေးပါတယ်။ Actionထဲကို သွင်းတဲ့ function ကို Lagrangian (L) လာဂရန်ဂျီယန် လို့ခေါ်ပါတယ်။ တွေ့ရှိသူ လာဂရန့်ကို ဂုဏ်ပြုမှည့်ခေါ်ထားတာပါ ။

$$L = KE - PE$$

လာဂရန်ဂျီယန်ဟာ အရွေ့စွမ်းအင်ထဲက အတည်စွမ်းအင်ကိုနှုတ်တာပါ။ အရွေ့စွမ်းအင် ဖော်မြူလာက 1/2 mv^2 ပါ အတည်စွမ်းအင်က တော့ ပြဿနာပေါ်မူတည်ပြီး ဖော်မြူလာ

ကွာတတ်ပါတယ်။ အောက်မှာ ပုံပြထားသလိုပါပဲ ။ မိန်းခလေးတယောက်ကရေထဲခုန်ချမယ်ဆိုပါတော့။ သူခုန်ချမယ့် လမ်းကြောင်းရဲ့ အစ ကို A လို့ခေါ်ပြီး အဆုံး ကို B လို့ခေါ်ရင်A နဲ့B ကြားမှာ မရေမတွက်နိုင်တဲ့ လမ်းကြောင်းပေါင်း အနန္တ ရှိပါတယ်။ တချို့က ဖြောင့်တယ်။ တချို့က အနည်းငယ်ကွေးတယ်။ တချို့က ရေထဲခုန်မချခင် ပဲခူး ကို အရင်သွားပြီးမှ ခုန်ချတယ်။ စသည် စသည်ဖြင့်ပေါ့။ ဒီထဲကမှ ခုန်ချတဲ့အခါ တကယ်ဖြစ်ပေါ်တဲ့သဘာဝရဲ့ လမ်းကြောင်း အမှန်ဟာ Action အနည်းဆုံးပါ။ Action ဟာ လာဂရန်ဂျီယန်နဲ့ အချိန် ကို အင်တီဂရိတ် လုပ်ထားတာပါ။ ဒီမှာ integral ဆိုတာအဆုံးအစမဲ့ပေါင်းခြင်းပါ။ အေ က ဘီ ကိုဆက်ထားတဲ့လမ်းကြောင်း path ဟာ curve တခု ဖြစ်ပါတယ်။ ထုံးစံအတိုင်း ဒီမျဉ်းကွေးဟာ point ပေါင်းများစွာ ပေါင်းစပ်ထားတာပါ။ point တစ်ခုဟာ အချိန်တစ်ခုမှာရှိတဲ့ လာဂရန်ဂျီယန်တစ်ခုကို ကိုယ်စားပြုပါတယ်။



ဒီတော့ point တခုရဲ့တန်ဖိုး ကိုလိုချင်ရင် အဲ့ပွိုင့်ရဲ့အချိန်နဲ့လာဂရန်ဂျီယန်ကို မြှောက်ရပါတယ် လာဂရန်ဂျီယန်ဟာ အရွေ့စွမ်းအင်ထဲက အတည်စွမ်းအင်ကို နှုတ်ထားတာဖြစ်လို့စွမ်းအင်ပါပဲ။ စွမ်းအင်ရဲ့ ယူနစ်က joule ပါ။ ဒါကြောင့် Action ရဲ့ ယူနစ်က joule second ပါ။ point တစ်ခုရဲ့တန်ဖိုးရပြီးတဲ့နောက်မှာ လမ်းကြောင်းတခုလုံးအတွက်ဆိုရင်တော့ point တွေအကုန်လုံးကို ပေါင်းရပါတယ်။ အေ ကနေ ဘီ အထိ ပွိုင့်ပေါင်း အနန္တမို့ ပေါင်းခြင်းက integral ဖြစ်ပါတယ်။

A= integral L dt

ဒါကလမ်းကြောင်း path တခုအတွက်ဖြစ်ပါတယ်။ ဒီ path တွေထဲက မှ သဘာဝက အသုံးပြုတဲ့ curve ကို သိချင်ရင် မတိမ်းမယိမ်း အနီးစပ်ဆုံးတူတဲ့ path ၂ ခု ကို ယှဉ်ကြည့်ပါ။ ခြားနားချက်က သုည ဆိုရင် အဲဒီလမ်းကြောင်းကို သဘာဝက ရွေးပါတယ်။ သင်္ချာနဲ့ delta A = 0 ပါ ။

ဒီနည်းကို calculus of variation လို့ခေါ်ပါတယ်။ အတိုချုံးပြောရရင် delta A က သုညဖြစ်ဖို့ဆိုရင် လာဂရန်ဂျီယန်ထဲက ကိန်းတန်းတခုဟာသုညဖြစ်ရပါတယ်။ အဲ့ကိန်းတန်းဟာ equation of motion (သို့) နိယာမပါပဲ။ classical mechanic မှာတော့ အဲ့ဒါဟာ F = ma ပါပဲ။ လာဂရန့် နည်းဟာ နယူတန်မကင်းနစ်သာမက ကွမ်တမ်မှာကော general relativity စတာတွေမှာပါ။ မှန်ပါတယ်။ ဖိုင်းမင်းရဲ့အဆိုအရ action ဟာနယူတန် လောထက်ပိုပြီးအခြေခံကျပါတယ်။ ဘာလို့ဆို နယူတန်လောကို action ကနေ တွက်ထုတ်ယူနိုင်ပါတယ်။ action ကိုကြတော့ နယူတန်လောကနေ တွက်ယူလို့ မရပါဘူး။ သဘာဝက ဒီနည်းနဲ့ရွေးတဲ့ လမ်းကြောင်းဟာ Action အနည်းဆုံး သို့အများဆုံး ဒါမှမဟုတ် saddle point တွေဖြစ်တတ်ကြပါတယ်။ တကယ်တော့ သဘာဝဟာ ပျင်းရိလွန်းပါတယ်။

Nature is too lazy !!!

(ခုရေးနေတာတွေကို inertia post ကနေ စဖတ်ပေးပါ ။ ဆက်ရန်)

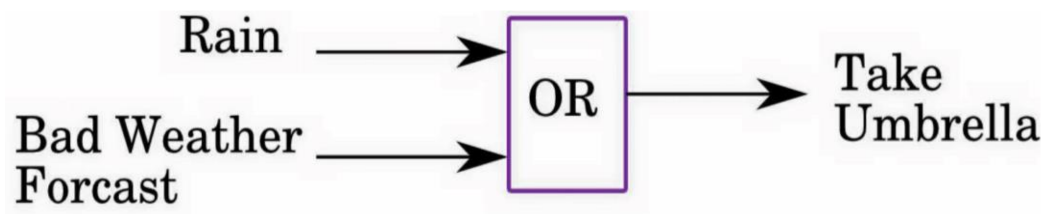
ပိုင်သွန်

Theory of thought

ရှေးက Think Engine ဆိုတဲ့ ပို့စ်မှာ ခုခေတ် အင်တာနက် နဲ့ နည်းပညာကြောင့် ပညာဟာ step အတော်များများကို ကျော်လွှားနိုင်ခဲ့ပြီး လူအတွက်အဓိက လုပ်ရမဲ့အပိုင်းဟာ မှားမှန်ကောင်းဆိုး ဝေဖန်ပိုင်းခြားဖို့ တွေးတောခြင်းပါလို့ ပြောခဲ့ပါတယ်။ စိတ်ရဲ့ အလုပ်တွေအများကြီးရှိတဲ့ အထဲကမှ အရေးကြီးဆုံးတစ်ခုက တွေးတောခြင်းပါ။ ပညာမှာလည်း အချက်အလက်စုဆောင်းခြင်း သို့မှီခြင်း ဝေဖန်ပိုင်းခြားဆုံးဖြတ်ခြင်းစသဖြင့် အဆင့်တွေရှိရာမှာ ဝေဖန်ပိုင်းခြားဆုံးဖြတ်ခြင်းဆိုတာ တွေးတောခြင်းပါပဲ။ တွေးတောခြင်းကဒါဖြင့် ယေဘူယျကျကျ ဘယ်လိုလုပ်ဆောင်မလဲ။ ကျွန်တော်တွေးချင်ပါတယ်ဗျာ။ ဒါပေမဲ့ ဘယ်လို တွေးရမှန်းမသိဘူးဆိုသူတွေအတွက် အဖြေကတော့ Boolean algebra ပါပဲ။ ကျွန်တော်တို့ နေ့စဉ်ဘဝမှာ အတွေးတွေနဲ့ ကင်းကွာလို့မရပါဘူး။ အလွန်ခက်ခဲတဲ့ ဘဝပြဿနာက စလို့ နေ့စဉ်လွယ်ကူတဲ့ သာကြောင်းမာကြောင်းကိစ္စလေးတွေအထိ လူတွေဟာ ဆုံးဖြတ် ချက်ချ ရွေးချယ်နေရပါတယ်။ ဘဝဟာ a series of choices ပါ။ ရွေးချယ်မှု အစဉ်တစ်ခုဖြစ်ပြီး ရွေးချယ်မှုမှန်တဲ့သူဟာ ထိပ်ရောက်ကြတာပါပဲ။ ရွေးချယ်မှုမှန်ဖို့ လူကတွေးရပါတယ်။ အခြေအနေကို ဆန်းစစ်ရပါတယ်။ ပြီးမှန်ကန်တဲ့ ဆုံးဖြတ်ချက်ကိုချရပါတယ်။ ဒါကြောင့် thinking ကို သေချာလေ့ကျင့်ထားသူဟာ တပန်းသာပါတယ်။ ဒီတော့ အတွေးကဘယ်လို အလုပ်လုပ်လည်း? အတွေးဆိုတာ တကယ်တော့ Input သတင်းအချက်အလက်တွေကို ယူပြီး စံပေတံ တခုနဲ့ ညှိနိုင်းကာOutput ဆုံးဖြတ်ချက်တခုကို ချတာ conclusion တစ်ခုဆွဲတာ၊ နားလည်မှု တစ်ခုဖြစ်တာပါပဲ။ အရှင်းဆုံးပြောရရင် Input ----->calculate---> output ပါပဲ။ Calculate လုပ်ရမှာ တယောက်နဲ့တယောက်ရဲ့စံနှုန်းပေတံ ရဲ့ ခိုင်မာမှုပေါ်မူတည်ပြီး output ရလာဒ်ကတော့ ကွဲနိုင်သေးပါတယ်။ ဂရိခေတ်ထဲက ဂရိတွေဟာ propositional logic ခေါ်တဲ့ ယုတ္တိဗေဒကို တည်ဆောက်ခဲ့ပါတယ်။

Proposition ဆိုတာကတော့ ဝါကျ တကြောင်းစကားစုတစ်ခုပါ။ ဥပမာ “ ဒီနေ့ ငါ ထီးယူမယ် ” ဆိုတာ ဝါကျတစ်ကြောင်းပါ။ အတွေးတခုဟာ ဒီလိုအဓိပ္ပါယ်ရှိတဲ့ ဝါကျ တွေအများကြီးရဲ့ ဆက်စပ်မှုနဲ့ တည်ဆောက်ထားတာပါ။ ဒီမှာ ဝါကျတစ်ခုစီရဲ့ အဓိပ္ပါယ်အပေါ် အတွေးရဲ့အလုပ်လုပ်ပုံက မူတည်မယ်ဆိုရင် ဒါဟာ define လုပ်ဖို့ခက်ပါတယ်။ ၁၈၀၀ ကျော်မှာ ဂျော့ဘူးလ်ဟာ သူရဲ့ အယူအဆကို တင်ပြခဲ့ပါတယ်။ ဖိနပ်ချုပ်သမားရဲ့သား GeorgeBoole ဟာ Boolean algebra ခေါ်တဲ့ TheoryOf thought ကို တီထွင်ခဲ့ပါတယ်။ ဝါကျတိုင်းဟာအဓိပ္ပါယ်မျိုးစုံရှိနိုင်ပေမဲ့ မှန်တာ၊ မမှန်တာ၊ ဟုတ်တာ မဟုတ်တာပြောရင် ၂ မျိုးပဲရှိပါတယ်။ ဘူးလ် ကအဓိပ္ပါယ်ထက် မှန်မမှန်ကို Truth value ကို တွေးခြင်းရဲ့ အခြေခံအဖြစ် ယူဆပါတယ်။ ဥပမာအားဖြင့် “ဒီနေ့ငါ ထီးယူမယ်” ဟာ တကယ်ယူဖြစ်တာနဲ့ မယူဖြစ်တာ ၂မျိုးပဲရှိပါတယ်။ ယူဖြစ်ရင် မှန်ခြင်းတန်ဖိုး Truth value က True ဖြစ်ပြီး၊ မယူဖြစ်ရင် False ပါ။ True/ False က ရှည်မှာဆိုရင် 1/0 လုပ်လို့လည်းရပါတယ် ။ ဒါတွေက သင်္ကေတတွေမျှသာပါ။ မှန်ရင် 1 မမှန်ရင် 0 ပေါ့။ ဘူးလ်တွေ့တာက မှန်ခြင်းတန်ဖိုး 1 သို့မဟုတ် 0 ရှိတဲ့ ဝါကျတွေဟာ ဆက်စပ်မှု ၃ မျိုးအားဖြင့် ချိတ်ဆက်ပြီး တွေးတောတွက်ချက်မှုကို လုပ်တယ်ဆိုတာပါပဲ။ ဆိုပါတော့ မိုးရွာရင် သို့မဟုတ်

မိုးလေဝသဌာနက မိုးရွာမယ်လို့ကြော်ငြာရင် ဒီနေ့ငါထီးယူမယ်။ ဒါကအတွေးတစ်ခု၊ တွက်ချက်မှုတစ်ခု စိတ်ရဲ့အလုပ်လုပ်ပုံတစ်ခုပါ။ အတွေးတွေမတူပေမဲ့ အခြေခံကတော့တူပါတယ်။ ဒီမှာ မိုးရွာရင် ဟာ proposition တခုပါ။ မိုးလေဝသဌာနက ကြေငြာရင်ကလည်း proposition ပါပဲ။ ဒီ၂ ခုကို သို့မဟုတ် OR နဲ့ ချိတ်ဆက်ထားပါတယ်။ ဒီ၂ ခု က Input အသွင်းတွေဖြစ်ပါတယ်။ လက်ရှိပါတ်ဝန်းကျင်က အချက်အလက်data တွေပါ သို့မဟုတ် OR ကတော့ဒီ ၂ ခုကတစ်ခုခုရှိတာနဲ့ကို ဆိုတဲ့ အဓိပ္ပါယ်ပေါ့။ သူက စံပေတံပေါ့။ ဒီပေတံနဲ့ ရလာတဲ့ data ကိုတိုက်စစ်လိုက်ရင် Output အဖြစ်ရလာဒ်အဖြစ် တတိယမြောက် proposition ဒီနေ့ငါထီးယူမယ်ရဲ့ ယူဖြစ်/မယူဖြစ် Truth value ကိုဆုံးဖြတ်ပေးမှာပါ။ ဘူးလ်ဟာ ဒါကို algebra နဲ့ သင်္ကေတယူပြီးသင်္ချာတစ်ခုတည်ဆောက်လို့ရတာမြင်ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ဒီသင်္ချာမှာ တန်ဖိုးက ရိုးရိုး သင်္ချာလို အများကြီးမရှိပါဘူး။ 0နဲ့ 1 ၂ မျိုးပဲရှိပါတယ်။



မိုးရွာရင် = R လို့ထားပါ။ R က 1 ဆို မိုးရွာတယ်ပေါ့။ 0 ဆို မိုးမရွာဘူးပေါ့။ ဒီလိုပဲ မိုးလေဝသဌာနက ကြော်ငြာရင် = M, ဒီနေ့ငါ ထီးယူမယ် = U လို့ ထားပေါ့။ OR ကို + လို့ထားရင် မိုးရွာရင် သို့မဟုတ် မိုးလေဝသဌာနက မိုးရွာမယ်လို့ကြော်ငြာရင် ဒီနေ့ငါထီးယူမယ် ဆိုတဲ့စာကြောင်းကို

R + M = U

လို့ရေးလို့ရပါတယ်။ ဖြစ်နိုင်ခြေ ၄ခုရှိပြီး

0+0=0

0+1=1

1+0=1

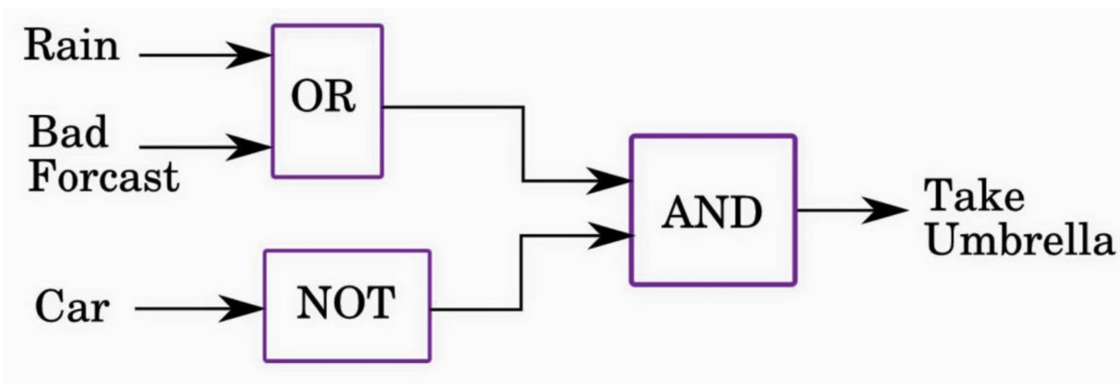
1+1=1

ပါ။ ဒီအတွေးရဲ့ ဖွဲ့စည်းပုံဟာ ရှေ့ Input ၂ခုလုံး မှားမှ Output ကမှားမယ် ဝါ ထီးမယူမှာပါ။ ဒီ algebra မှာ သို့မဟုတ်ဟာ သာမန် algebra ကအပေါင်းနဲ့ အတော်ဆင်ပါတယ်။ တခုပဲ 1 + 1 ဟာ ရိုးရိုး algebra မှာ 2 ဖြစ်ပေမဲ့ Boolean မှာတော့ 1 ပါပဲ။ OR သို့မဟုတ်လို နောက်ထပ် အတွေးစတွေကိုဆက်စပ်တဲ့

operation ကတော့ And နဲ့ Not ပါ။ အောက်မှာ Not, OR နဲ့ And ကို ပုံနဲ့ပြထားပါတယ် အရင်ကြည့်လိုက်ပါ။ အတွေး စာသား အနေနဲ့ ကားမယူဖြစ်ခဲ့ချိန်မှာ မိုးရွာရင် သို့မဟုတ် မိုးလေဝသဌာနက မိုးရွာမယ်လို့ကြော်ငြာရင် ဒီနေ့ငါထီးယူမယ်ပါ။ Algebra အနေနဲ့ ကား = C And = . Not= ' ဆိုရင်

$$C' . (R+M) = U$$

ပါ။ ဒါက အတွေးရဲ့ သင်္ချာပါပဲ။ အောက်မှာ Truth Table ကိုလည်းပေးထားပါတယ်။ လေ့လာကြည့်ပါဦး



AND ·

A	B	R
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

OR +

A	B	R
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

NOT ′

A	R
0	1
1	0

ဘူလီယန် အဲဂျီဘရာ ဟာ သင်္ချာတွေရဲ့ ထုံးစံအတိုင်း သူ့မှာ Rule တွေရှိပါတယ်။ ဥပမာ

$$(A')'= A$$

$$A.A'=0$$

$$A+A'=1$$

ကျန်တာတွေတော့ အောက်မှာပုံနဲ့ပြထားပါတယ်။

Associative	$(A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C)$
	$(A + B) + C = A + (B + C)$
Commutative	$A \cdot B = B \cdot A$
	$A + B = B + A$
Distributive	$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$
	$A + (B \cdot C) = (A + B) \cdot (A + C)$

$$A \cdot A = A$$
$$A + A = A$$

1:

$$A \cdot 0 = 0$$
$$A \cdot 1 = A$$
$$A + 0 = A$$
$$A + 1 = 1$$

ဒီ Rule တွေအားဖြင့် ရှုပ်ထွေးတဲ့ အတွေးပေါင်းများစွာ နောက်ဆုံး မှန်တယ် မှားတယ်ဆိုတဲ့အဖြေရအောင်တွက်ယူနိုင်ပါတယ်။ ဒီမော်ဂန်လောဟာ Boolean Algebra ရဲ့ နာမည်ကျော်လောပါ။ ၂၀ ရာစုမှာ ကလောက်ရှန်နွန်ဟာ electric circuit လျှပ်စီးပါတ်လမ်းတွေကိုလေ့လာရင်း ပါတ်လမ်းကခလုပ် switch တွေကို Boolean သင်္ချာရဲ့ အမှန်အမှား Truth value အဖြစ် ယူဆနိုင်ကြောင်းတွေးမိခဲ့ပါတယ်။ သဘောက 1 ကို ခလုပ် ဖွင့်On တာ 0 ကို ပိတ်တာ Off အနေနဲ့ယူဆရင် အောက်မှာပြထားတဲ့ အတိုင်း OR , And နဲ့ Not တွေကို Circuit design နဲ့ ပုံဖော်လို့ရတာကို တွေ့ခဲ့ပါတယ်။ ဒါဟာ ကွန်ပြူတာရဲ့ integrated circuit တို့ရဲ့အစပါပဲ။ တကယ်တော့ ကွန်ပြူတာတွေရဲ့ အခြေခံကဒီ logic gate တွေပဲဖြစ်ပြီး hardware ပိုင်းရဲ့အခြေခံလည်း ဖြစ်ပါတယ်။

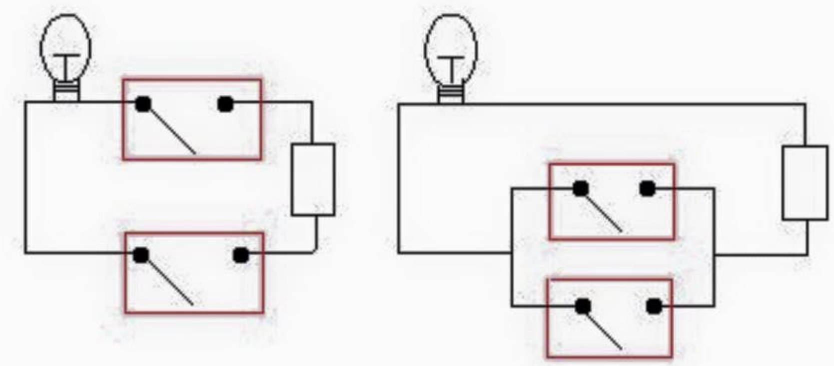


Figure 2: the two circuits.

Circuit 1				
Gate 1	1	1	0	0
Gate 2	1	0	1	0
Light	1	0	0	0

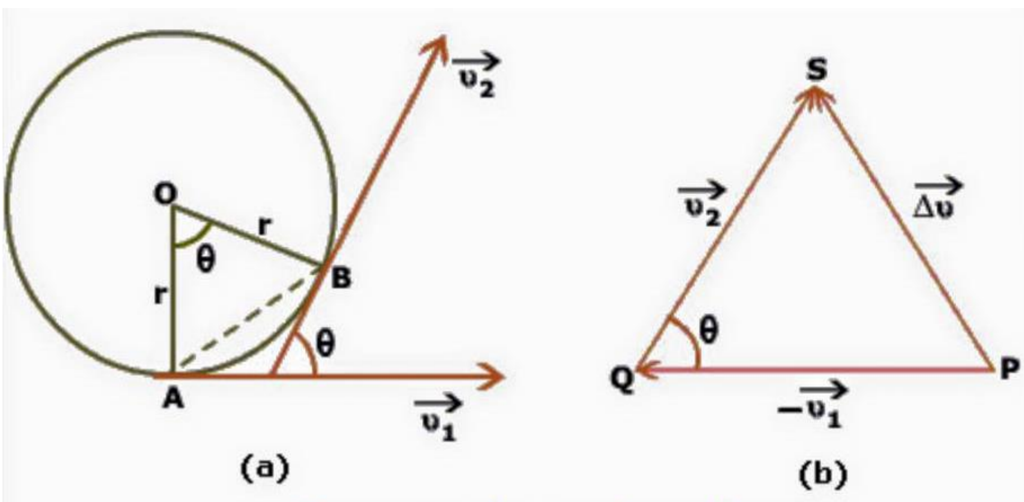
Circuit 2				
Gate 1	1	1	0	0
Gate 2	1	0	1	0
Light	1	1	1	0

လူတွေမှာ ဦးနှောက်အတွင်းမှာ neuron cell တွေရှိပြီး ဒီဆဲလ်တွေက voltage impulse တစ်ခုကို စီးဆင်းစေပြီး ဆဲလ် တစ်ခုနဲ့တစ်ခု ချိတ်ဆက်ဆောင်ရွက်ပါတယ်။ ဒီမှာထွက်တဲ့ voltage ဟာ သာမာန်အားဖြင့်တော့ Analog စနစ်ပါ။ တစ်နည်းအားဖြင့် voltage ဟာ ကြိုက်ရာတန်ဖိုးဆောင်ပါတယ်။ ဒါကို impulse ဖြတ်တယ်၊ မဖြတ်ဘူး ၂ မျိုးပဲရှိအောင် digital စနစ်ဖြစ်အောင် All or Non Law နဲ့ ပြောင်းလဲပေးတာပါ။ တစ်ခုသော Firing threshold လို့ ခေါ်တဲ့ ဗို့ လယ်ဗယ် တစ်ခုရဲ့အပေါ်မှာ အာရုံကြောဆဲလ်ဟာ ပွင့်ပြီး အဲအောက်မှာ ပိတ်နေတဲ့ ခလုပ်လိုပြုမူမှာပါ။ ဒီနည်းအားဖြင့် လူ့စိတ်ရဲ့ အလုပ်လုပ်ပုံကလည်း Boolean ပါပဲ။ digital ပါပဲ။ binary system ပါပဲ။ တကယ်တော့ ဖိနပ်ချုပ်သမားရဲ့သားဟာ အတွေးရဲ့သင်္ချာ၊ စိတ်ရဲ့အလုပ်လုပ်ပုံ၊ ကွန်ပြူတာရဲ့ အခြေခံ Logic ရဲ့ အစတို့ကို တွေ့ရှိခဲ့သူပါပဲ။

ပိုင်သွန်

Centripetal force

Centripetal force ရဲ့ derivation ကို ပထမဆုံးသက်သေပြခဲ့တာက ၁၆၅၀ ကျော်မှာ ခရစ်ရှန် ဟိုင်ဂျီး ဖြစ်ပါတယ်။ Calculus ကို သုံးခဲ့တာပါ။ ခု derivation ကို ပြောပြပါဆိုလို့ အလွယ်ကူဆုံးပုံစံနဲ့ ဟာကို ရေးပေးလိုက်ပါတယ်။ ဗဟိုဆွဲအားဟာ သဘာဝမှာ နေရာတော်တော်များများမှာ တွေ့ရပါတယ်။ ခဲလုံးကိုကြိုးဆွဲပြီး လွှဲတဲ့အခါ ဗဟိုဆွဲအားဟာ ကြိုးရဲ့တင်းအားပါ။ လ က ကမ္ဘာကိုပတ်တဲ့အခါ ဗဟိုဆွဲအားဟာ ကမ္ဘာ့ဒြပ်ဆွဲအားဖြစ်ပါတယ်။ ကားဟာ အကွေ့မှာပတ်တဲ့ အချိန်ဗဟိုဆွဲအားကို ကား တာယာနဲ့ လမ်းကြားက ပွတ်အားကဖြစ်စေပါတယ်။ ဗဟိုဆွဲအားဆိုတာ စက်ဝိုင်းပုံပတ်နေတဲ့ အရာတွေ ကို အလယ်ဗဟိုကိုဆွဲချနေတဲ့အားပါ။ သူကစက်ဝိုင်းရဲ့အချင်းအတိုင်းရှိတဲ့ ဗက်တာ တစ်ခုဖြစ်ပြီး အလယ်ကို ညွှန်းပါတယ်။ နယူတန်ရဲ့ ခေါင်းပေါ်ကိုကျတဲ့ ပန်းသီးဟာ ဒီအားကြောင့်ပါပဲ။ လက ကမ္ဘာကို ပတ်နေရတာဟာလဲ ဒီအားကြောင့်ပါပဲ။ နောက်ဆုံး ကမ္ဘာပေါ် လူတွေ ကပ်နေတာလည်း ဒီဗဟိုဆွဲအား ပါပဲ။ ဒီအားဟာ လည်ပတ်နေတဲ့အရာရဲ့ အလျင်နဲ့ ထောင့်မှန်ကျပါတယ်။ နယူတန်ရဲ့ ညီမျှခြင်းက F = ma ပါ။ ဒီမှာ F က ဗဟိုဆွဲအားဆိုရင် a က ဗဟိုဦးတိုက်အရှိန် centripetal acceleration ပါ အောက်မှာ ပုံပြထားပါတယ်။



Expression for centripetal force

ဒီမှာ စက်ဝိုင်းတွင်းကတြိဂံ ABO ဟာ ၂နားညီတြိဂံပါ သူ့အနား၂ဘက်ကစက်ဝိုင်းရဲ့ အချင်းဝက် တွေမို့ တူပါတယ်။ အကွာအဝေး r ရှိပါတယ်။ သူ့ရဲ့ ထောင့် သီတာက အပြင်က တြိဂံ QPS ရဲ့ ထောင့် သီတာနဲ့ တူပါတယ်။ QPS ဟာစက်ဝိုင်းရဲ့ အမှတ် A နဲ့ B မှာTangent ဖြစ်နေတဲ့ velocity vector ၂ ခု ကနေတည်ဆောက်ယူထားတာပါ။ တကယ်လို့ အချင်းဝက် r ၂ ခု ကို စက်ဝိုင်းဗဟိုမှာ ထောင့်မှန်ကျရင် ထောင့်သီတာဟာ 90 ဒီဂရီပါ။ ဒီအခါမှာ စက်ဝန်းပေါ်ကအမှတ် အေနဲ့ ဘီ ကို တန်းဂျင့်ကြတဲ့ ဗက်တာ ၂ခု ရဲ့ဆုံရာ ထောင့် သီတာဟာလည်းထောင့်မှန်ကြလို့ ၉၀ဒီဂရီပါပဲ။ ဒါကိုကြည့်ခြင်းအားဖြင့် ထောင့် သီတာ ၂ခု ဟာတူပါတယ်။ WPS တြိဂံရဲ့ အနား ၂ခု ဟာ အလျင်ဗက်တာ ဖြစ်ပြီး ဒီဗက်တာတွေဟာ direction

မတူပေမဲ့ တန်ဖိုးတူပါတယ်။ ဒီတော့ အလျားတူကြပါတယ်။ ဒီတော့ QPS ဟာ ABO နဲ့ similarity ဖြစ်ပါတယ်။ Similar triangle တွေဟာ အနားတွေရဲ့ အချိုးတူပါတယ်။

delta v / AB = v / r

delta v ဟာ SP အနားပါ။ v က QP သို့ QS ပါ။ AB ရဲ့တန်ဖိုးက သူဟာ အချိန် delta t မှာ အလျင် v နဲ့ သွားတဲ့ အကွာအဝေးမို့

AB= arc AB= v * delta t

ပါ။ ဒါကို အစားထိုးရင်

delta v/v* delta t = v/r

delta v/delta t = v^2 /r

delta v/delta t= a

a = v^2/r

So F = mv^2/ r ရပါတယ်။

ဒါက ဗဟို ဆွဲအားရဲ့ အရိုးရှင်းဆုံး တွက်ထုတ်ပုံပါ။ ခရစ်ရှန်ဟိုင်ဂျင်းကတော့ ကဲကုလကို သုံးခဲ့တာပါ။ ခုဟာကတော့ နားလည်လွယ်တာလေးမို့တင်ပေးလိုက်တာပါ။

ပိုင်သွန်

ဗဟိုခွာအား

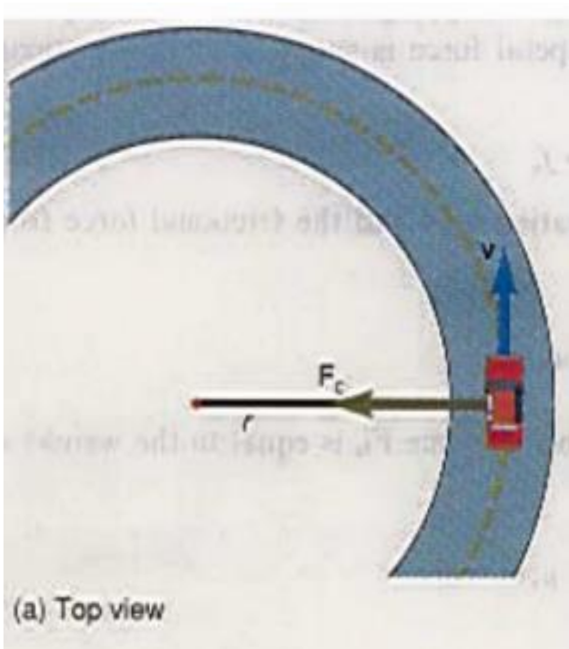
ဗဟိုခွာအား centrifugal force အကြောင်းမေးထားလို့ပါ။ အမှန်တော့ နယူတန်လောက inertial frame of reference မှာ ရေးထားတာပါ။ ဆိုလိုတာက သင်ဟာ အရာတခုရဲ့ အလျင် ဒါမှမဟုတ် အားကို တိုင်းတာမယ်ဆိုရင် တိုင်းတာတဲ့သူလိုပါတယ်။ တိုင်းတာတဲ့သူတွေက ဘယ်သူမဆိုတိုင်းတာနိုင်လို့ မတူနိုင်ပါဘူး။ ဘာကြောင့်လဲဆိုတော့ တိုင်းတာသူတွေကိုဦက အလျင်အမျိုးမျိုး သူတို့ပေါ်သက်ရောက်တဲ့ အားအမျိုးမျိုးရှိနိုင်လို့ပါ။ ဒါကြောင့်ကွဲလွဲနိုင်ပါတယ်။ ကွဲလွဲမှုမရှိအောင် frame တစ်ခုကို စံအနေနဲ့ သတ်မှတ်ရပြီး အဲဒါက inertial frame ပါ။

ဒီ frame ဒီ ရည်ညွှန်းဘောင်မှာ ရှိနေတဲ့ တိုင်းတာသူဟာ တူညီတဲ့ အလျင်နဲ့ ရှေ့ကို သွားနေပြီး ဦးတည်ရာဘက်လည်း မပြောင်းပါဘူး။ physicလိုတော့ constant velocity လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ဒီဖရိမ်မှာ တိုင်းတာသူဟာ သဘာဝရဲ့ နိယာမဟာ F=ma ဖြစ်ကြောင်းတွေ့ရမှာပါ။ ဒါပေမဲ့ လက်တွေ့ လုပ်ကိုင်တဲ့ အခါမှာ အရာရာဟာ အင်နာရှယ်ဖရိမ် inertial frame မှာရှိတာ မဟုတ်ပါဘူး။ ဥပမာ ကျွန်တော်တို့ဟာ ကမ္ဘာပေါ်မှာနေထိုင်ပြီး ကမ္ဘာဟာလည်နေတာပါ။ ကမ္ဘာ့အနေနဲ့ အလျင်ကတူပေမဲ့ direction က အမြဲပြောင်းနေတာပါ။ ဆိုလိုတာက အင်နာရှယ် ဖရိမ်မဟုတ်ပါဘူး။ ဆိုပါတော့ ကားတစီးဟာ လမ်းကွေ့ တခုမှာ ကွေ့တယ်ဆိုပါစို့၊ လမ်းပေါ်ကကြည့်တဲ့လူအတွက်သူကရပ်နေတော့ အင်နာရှယ်ဖရိမ် ဖြစ်ပေမဲ့ ကားပေါ်ကလူအတွက်တော့ ဒါဟာ non-inertial ဝါ rotational frame ပါ။

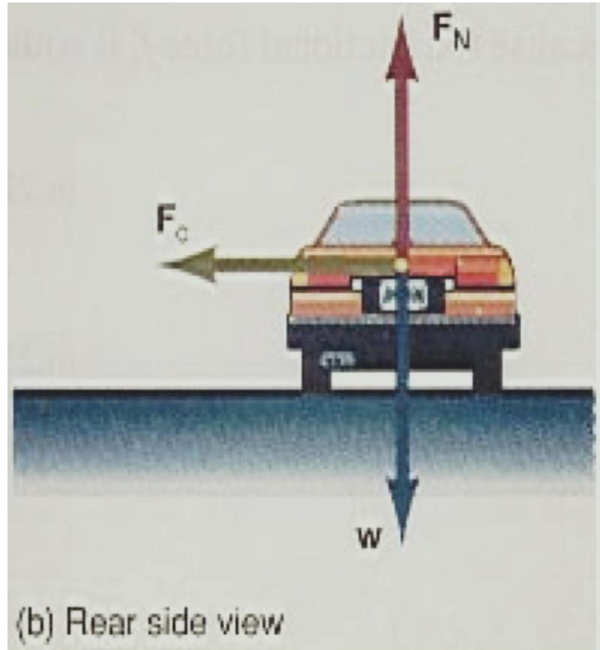
အင်နာရှယ်ဖရိမ်မှာရှိတဲ့တိုင်းတာသူအတွက် ဗဟိုခွာအားဆိုတာမရှိပါဘူး။ ဆိုလိုတာက လမ်းပေါ်မှာ ရပ်နေသူအတွက် ကွေ့နေတဲ့ ကားတစ်စီးကိုကြည့်ရင် ဗဟိုဆွဲအား centripetal force ပဲရှိပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ ကားပေါ်ကလူအတွက်တော့ သူနဲ့ သူ့ကားဟာ အချိန်တိုင်းမှာ အင်နာရှယ် ဖရိမ်အနေနဲ့ ရှေ့ကို သွားဖို့ ကြိုးစားချိန်မှာ ကားကွေ့လိုက်ချိန် ဘေးကိုယိုင်သွားလေ့ရှိပါတယ်။ ကားကိုကွေ့ခြင်းဟာ ဗဟိုဆွဲအားကို ဖြစ်စေပါတယ်။ ဒီအချိန်မှာကားက တဖက်ကိုကွေ့ ပေမဲ့ လူကအခြားတဖက်ကို ယိုင်သွားပါတယ်။ ဒါဟာ inertia ကြောင့်ဖြစ်တာပါ။ အင်နာရှားဟာ အပြောင်းအလဲကို ဆန့်ကျင်တဲ့ သဘာဝပါ။ သင်ကားပေါ်မှာရှိစဉ် ကားရုတ်တရက်စောင့်ထွက်ရင် နောက်လန်သွားတာဟာ သင့်ရဲ့အင်နားရှား ကြောင့်ပါ။ ဒီတော့ ကွေ့နေတဲ့ကားပေါ်မှာ ရှိတဲ့သင့်အတွက် တဖက်ကိုယိုင်သွားရတာဟာ အင်နားရှား ကြောင့်ဖြစ်ပြီး တချို့ကဒါကို centrifugal force ဗဟိုခွာအားကြောင့်လို့ ပြောပါတယ်။ တကယ်တော့ ဗဟိုခွာအားကို fictitious force လို့ယူဆကြပါတယ်။

ဒီအားဟာ လှည့်နေတဲ့ ဖရိမ် rotational frame မှာပဲ ရှိလို့ပါ။ အင်နာရှယ်ဖရိမ်မှာတော့ ဒါဟာ အင်နားရှား ကြောင့်ယိုင်တာပါ။ ရှင်းအောင်ထပ်ပြောရရင် ရပ်ကြည့်နေသူအတွက် ကားပေါ်ကလူ ယိုင်တာဟာ အင်နားရှားကြောင့်ဖြစ်ပြီး ကားပေါ်ကလူ (rotational frame ပေါ်ကလူ)အတွက် သူဟာ ဗဟိုဆွဲအားရှိရက်သားနဲ့ တဖက်ကိုယိုင်ခြင်းဖြင့် အင်နားရှား ဆက်ရှိနေတဲ့အတွက်ကြောင့် ဗဟိုဆွဲအားကို ဆန့်ကျင်တဲ့ အားတခုရှင်းပြဖို့ လိုလာပြီး ဒီ counter အားကို ဗဟိုခွာအားလို့ ခေါ်လိုက်တာပါ။

သင်ဟာ ဆိုင်ကယ်ပြိုင်ပွဲတွေမှာ ဆိုင်ကယ်သမားတွေ အကွေ့မှာ စောင်းပစ်လိုက်တာ မြင်ဘူးကြမှာပါ။ ဒါဟာ အရှိန်ကို မလျော့ချင်လို့ ဆိုင်ကယ်ကိုစောင်းရတာပါ ဒါကိုနားလည်ဖို့ သူ့နောက်က ဖစ်ဆစ်က ဘာလဲ။ ပထမဦးဆုံး လမ်းပြင်ညီပေါ်မှာကွေ့နေတဲ့ ကားတစီးရဲ့ ပေါ်မှာကျရောက်နေတဲ့ အားတွေအကြောင်းပြောပြပါမယ်။ အောက်မှာပုံပြထားပါတယ်။

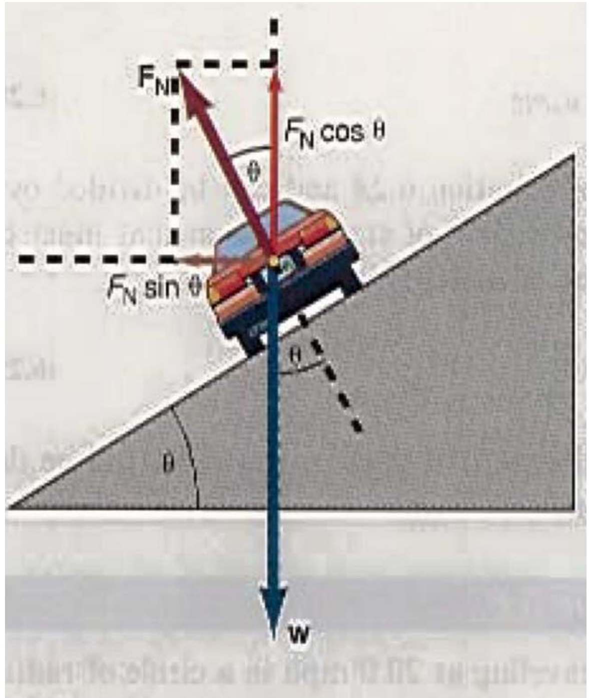


(a) Top view



(b) Rear side view

W က ကားပေါ်သက်ရောက်နေတဲ့ ကမ္ဘာ့ဆွဲအားပါ Weight ပေါ့။ Fn က ဝိတ်ကိုဆန့်ကျင်တဲ့ လမ်းကတွန်းတင်ထားတဲ့ အားပါ ။ Fc ကဗဟိုဆွဲအားပါ။ ဒီပုံက ရပ်နေတဲ့ အင်နာရှယ်ဖရိမ်က တိုင်းတာမှုပါ။ ကားဟာ အရှိန်ပြင်းပြင်းကွေ့လေ ဗဟိုဆွဲအားများလေ အင်နားရှားများလေ ကားဟာ လမ်းပေါ်က ချော်ထွက်ဖို့များလေပါ။ ဒါကြောင့် အကွေ့မှာ အရှိန်လျော့ရပါတယ်။ ဒါကြောင့်လည်း အကွေ့မှာ လမ်းမချော်အောင်ဗဟိုဆွဲအားဟာ အင်နားရှားထက်များရပါမယ်။ လမ်းကွေ့တွေမှာ လမ်းကို ပြင်ညီလုပ်ထားရင်ဗဟိုဆွဲအားနဲ့ အင်နားရှားဟာတူနေမှာပါ။ အင်နားရှားထက်ဗဟိုဆွဲအား ပိုများချင်ရင်တော့ အပိုလိုအပ်တဲ့ ဗဟိုဆွဲအားကို လမ်းကိုစောင်းပေးခြင်းဖြင့်ရရှိပါမယ်။ ဒါကိုနားလည်ဖို့ ဒုတိယပုံကို ကြည့်ပါ။



(b) Rear view

လမ်းစောင်းလို့ လမ်းက ကားပေါ်တွန်းတင်ထားတဲ့အားကလည်းစောင်းသွားပါတယ်။ သူက Fn ပါသူ့ကို ၂ ပိုင်းခွဲနိုင်ပြီး တခုက Fn cos theta ပါ။ သူက weight ကို ဆန့်ကျင်တဲ့အား ဖြစ်ပြီး သူတို့ ၂ ခုက ပမာဏခြင်းတူပါတယ်။

W = mg = Fn cos theta

g က ကမ္ဘာ့ဆွဲအားကြောင့်ဖြစ်တဲ့ အရှိန်ပါ။ m ကကားရဲ့ဒြပ်ထုပါ။ Fn ရဲ့နောက်တပိုင်းက Fn sin theta ပါ။ သူက ဗဟိုဆွဲအားရဲ့အတိုင်း ရှိပါတယ်။ တနည်းအားဖြင့် ဒီအားဟာ ကားကို အကွေ့မှာ အရှိန်မလျှော့ဘဲ ကွေ့နိုင်ဖို့အင်နာရှားထက်ပိုဖို့လိုအပ်နေတဲ့ ဗဟိုဆွဲအားပဲဖြစ်ပါတယ်။

Fn sin theta = Fc = mv^2/r

ဒီ၂ခုကို စားလိုက်ရင် Fn တွေကိုခြေနိုင်ပါတယ်

Fn sin theta/Fn cos theta

= sin theta/cos theta

= tan theta

= Fc/W

= mv^2/r/mg

=v^2/rg

ဒါကြောင့်

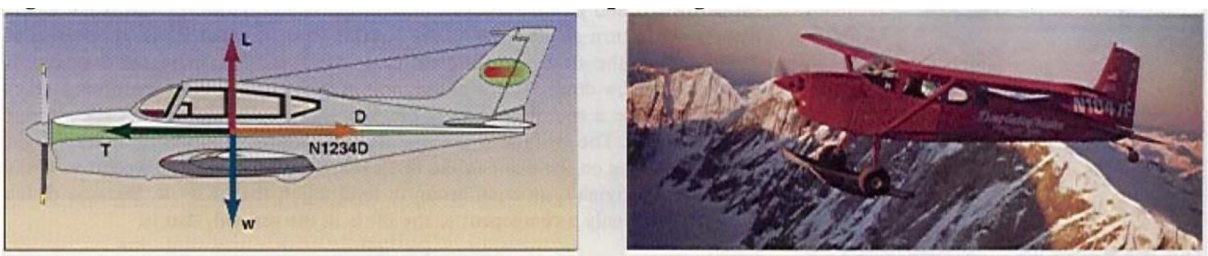
theta = tan^-1 v^2/rg ပါ။

သင်္ချာ အခက်အခဲရှိလို့ စာအုပ်မှာ ကိန်းဘာသာကို ရေးပြီးကြည့်စေချင်ပါတယ်။ theta သီတာကလမ်းစောင်းရမဲ့ ထောင့်ဖြစ်ပြီး ဒီ ညီမျှခြင်းမှာ g နဲ့ r ကသိပြီးသားပါ။ r က အကွေ့ပေါ် မူတည်ပြီးရှိမဲ့ စက်ဝိုင်းရဲ့အချင်းဝက်ပါ။ ဒီတော့ဒီညီမျှခြင်းမှာကွေ့မဲ့ကားရဲ့အလျင်ကိုသိရင် စောင်းထောင့်ကိုသိပါတယ်။ နောက်တနည်းကတော့ လမ်းရဲ့စောင်းထောင့်ကိုသိရင် ကားအနေနဲ့ လမ်း မချော်အောင် အမြင့်ဆုံးသွားနိုင်တဲ့ အလျင်ကိုတွက်နိုင်ပါတယ်။

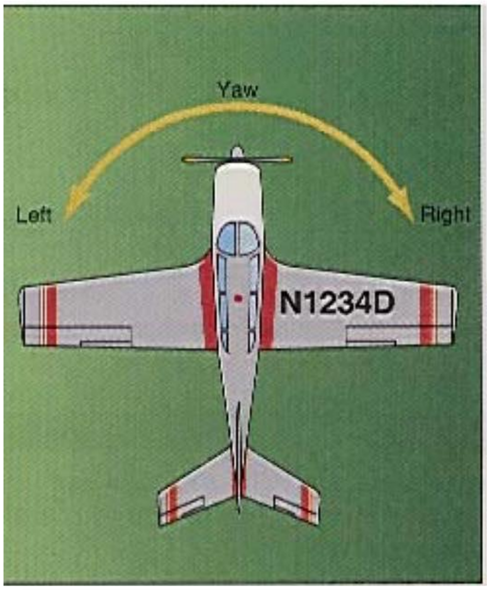
V= square root of (rg tan theta) ပါ။

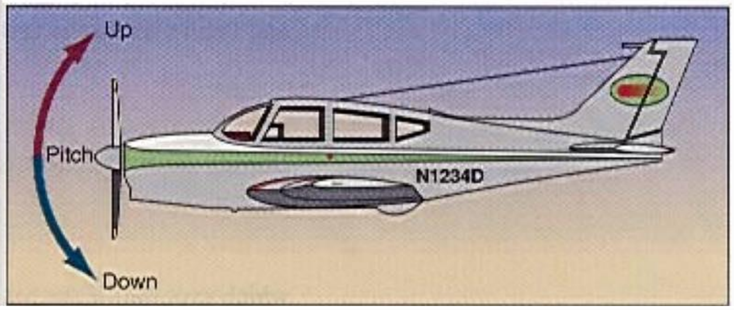
ဒီအလျင်ထက်များရင်ကားဟာ လွင့်ထွက်သွားပါမယ်။ ဒါကြောင့် တချို့ ရှင်ကန်ဆန်ရထားတွေဟာ

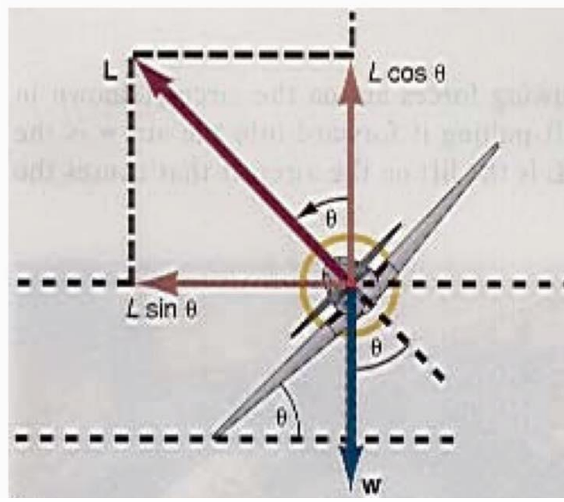
အရှိန်မလျှော့ချင်လို့ လမ်းကို စောင်းထားတာပါ



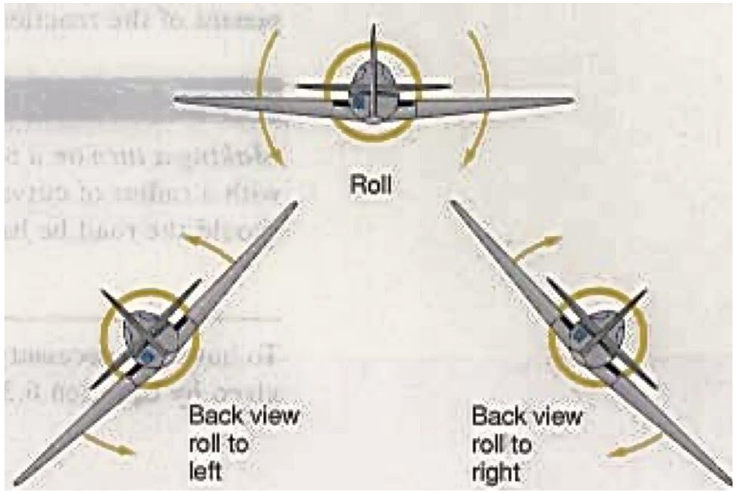
(a) (b)

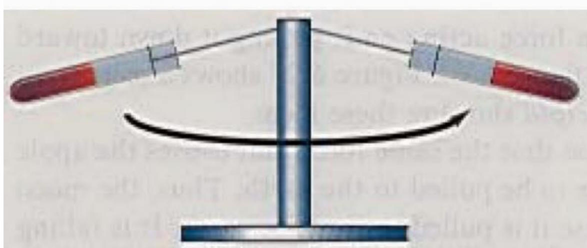






ဒီလိုပဲ လေယာဉ်တွေဟာလည်းကွေ့ရင်စောင်းကြတာဟာ ဒါကြောင့်ပါ။ အောက်မှာလေယာဉ်ရဲ့ Yaw Pitch နဲ့ Roll ကိုပြထားပါတယ်။ ညီမျှခြင်းကအတူတူပဲမို့ ထပ်မရှင်းတော့ပါဘူး။ centrifuge ခေါ်တဲ့ဆေးပညာမှာ သုံးတဲ့ စက်တွေကလည်းအတူတူပါပဲ။


Roll
Back view
roll to
left
Back view
roll to
right



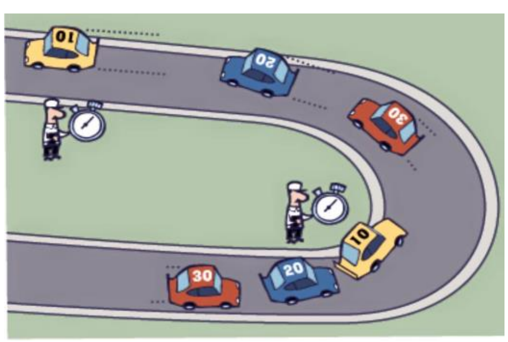

LABOFUGE U.K.

ပိုင်သွန်

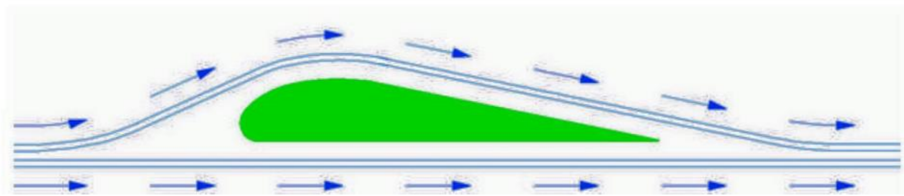
Coanda effect

Coanda effect ကို ရေးပေးပါ ဆိုလို့ပါ။ fluid ဆိုတာ ငွေ့ရည်လို့ မြန်မာ ဘာသာပြန်ပါတယ်။ fluid မှာ အငွေ့ကောအရည်ကော ပါပါတယ်။ အခဲကလွဲရင် အငွေ့ကော အရည်ကောက သဘော သဘာဝတူတယ်လို့ fluid dynamic မှာယူဆပါတယ်။ ငွေ့ရည်ကို အလွန်သေးငယ်တဲ့ အက်တမ်တွေနဲ့ ဖွဲ့စည်းပြီး သူတို့က နယူတန်နိယာမကို လိုက်နာပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ statistical limit မှာ တော့ Emergence phenomenon ကြောင့် နိယာမ အသစ်တွေပေါ်လာပါတယ်။ ဒီနိယာမတွေက အက်တမ်တွေ အရမ်း များတဲ့အချိန်မှာ ပေါ်ပေါက်လာတဲ့ နီးပါးပြုနိယာမတွေပါ။ ဥပမာ gas တခုအကြောင်းပြောရင် အပူချိန် ဖိအား ထုထည် သိပ်သည်းဆ စတာတွေဟာ အက်တမ်တွေအများနဲ့ မှ ပေါ်ပေါက်လာတဲ့ အရည်အသွေး တွေပါ။ ဒါကြောင့်ဒီအရည်အသွေးတွေကို ဆက်စပ်ပေးတဲ့ နိယာမညီမျှခြင်းတွေဟာ နီးပါးပြုဖြစ်ပြီး သူတို့ကို နယူတန် နိယာမကနေ derivation တွက်ထုတ်ယူလို့ရပါတယ်။ ဥပမာအားဖြင့် နေဗီယာစတုတ် ညီမျှခြင်းနဲ့ ဘာနိုလီညီမျှခြင်းတွေက နယူတန်လောက ရတာပါ။ နေဗီယာစတုတ် အကြောင်းကို အရင်က ရေးခဲ့ဘူးပါတယ်။

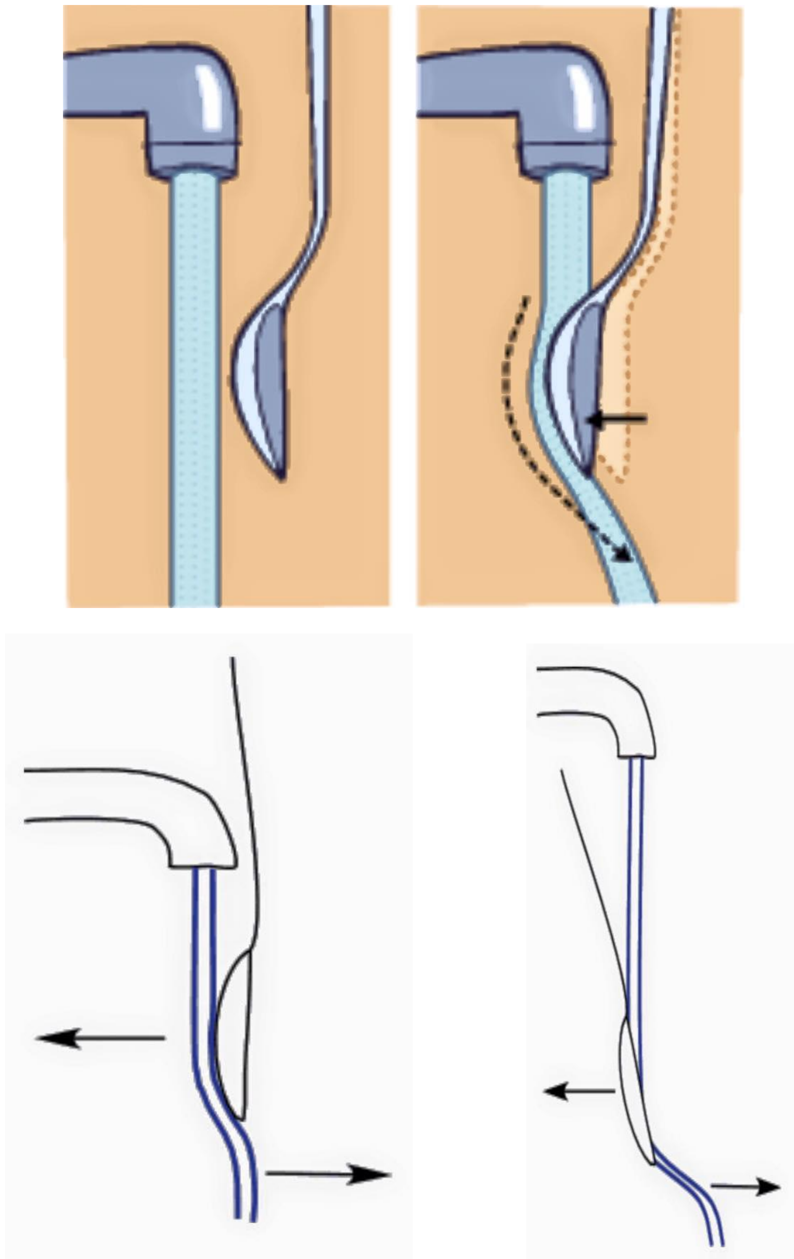
ကမ္ဘာ့လေထုဟာ အငွေ့ပါ။ ဒါကြောင့် လေယဉ်ပျံသန်းမှုလို aerodynamic မှာ လေယာဉ် ဘာကြောင့်ပျံလည်းဆိုတာကိုရှင်းရာမှာ ဘာနိုလီပရင်စီပယ်က အရေးပါပါတယ်။ fix wings aircraft တွေမှာတောင်ပံလို airfoil တွေကြောင့် လေယာဉ်ဟာ မြေပြင်ကကြွပါတယ်။ Lift force လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ယခင်ကတော့ ဒီကြွအားဟာ ဘာနိုလီနိယာမကြောင့်လို့ aerodynamic မှာ ယူဆခဲ့ပါတယ်။ ဒီနိယာမက အလျင်နဲ့ ဖိအားရဲ့ ဆက်စပ်မှုကိုဖော်ပြပါတယ်။ အလျင်များလေ ဖိအားနည်းလေပါ။ ကားတွေ ဖုန်ထူတဲ့ လမ်းမှာ အရှိန်နဲ့မောင်းရင် ကားနောက်တလျှောက်မှာ ဖုန်လုံးတထောင်းထောင်းထတာ မြင်ဖူးကြမှာပါ။ ဒါက ဒီနိယာမကြောင့်ပါ။ ကားကမြန်မြန်ပြေးလေ သူ့ဘေးက လေကမြန်မြန် အနောက်ဘက်ကို သွားလေပါ။ လေထုက မြန်လေ ဖိအားကနည်းလေပါ။ အဲ့လေထုဘေးက ဖိအားများတဲ့လေဟာ ဖိအားနည်းတဲ့ လေဆီပြေးဝင်ပါတယ်။ ရလာဒ်က ကားအနောက်ကိုလေတွေစုပ်ယူသလိုဖြစ်ပြီး လေနဲ့ အတူ ဖုန်တွေပါလာကာ ကားအနောက်မှာ ဖုန်တထောင်းထောင်းထပါတယ်။ ဒီလိုပါပဲ ရထားတွေ အရှိန်နဲ့ ပြေးရင် ရထားခေါင်းနားမကပ်နဲ့ ဆွဲယူတတ်တယ် ဆိုတာလည်း ဒီသဘောပါပဲ။ ဘာနိုလီနိယာမ ကို အနီးစပ်ဆုံးနားလည်ဖို့ အောက်မှာ ပုံ ပြထားပါတယ်



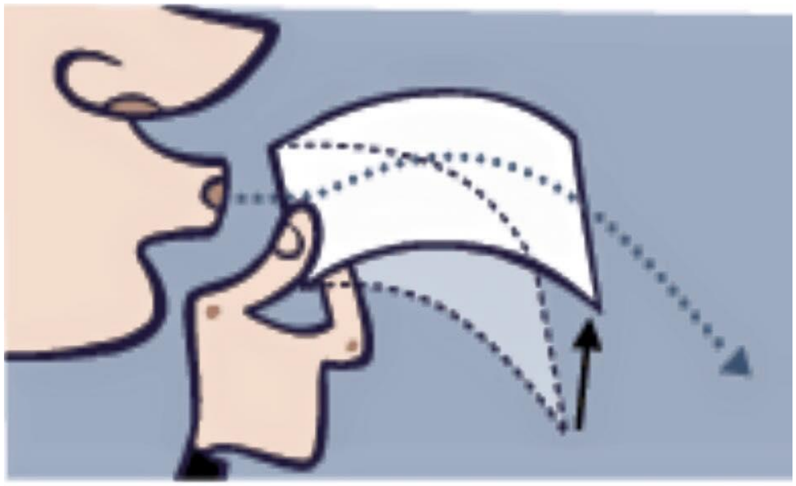
လမ်းကွေ့မှာ ကားတွေ ဖြတ်နေတဲ့အခါ အရှိန်ချရပါတယ်။ ကား ၃ / ၄ စီးလောက် အရှိန်ချပြီး ဖြတ်တဲ့အခါ ကားတစီးနဲ့ တစီးကပ်သွားပါတယ်။ ကားတွေကို လေမော်လီကျူး လို့ယူဆရင် သူတို့ဟာ ဖိအားများလို့ သိပ်သည်းသွားတာပါ။ အလျင် နည်းရင် ဖိအား များတယ်ပေါ့။ လမ်းဖြောင့်မှာ မောင်းရင်ကားတွေမြန်မြန်မောင်းပါတယ်။ တစ်စီးနဲ့တစ်စီး ကျဲတယ်၊ သိပ်သည်းမှုနည်းတယ်၊ ဖိအား နဲတယ်ပေါ့။ မြန်ရင်ဖိအားနည်းပါတယ်။ ဒီပုံကနားလည်လွယ်အောင်ရှင်းပြတာပါ။ ဒါက ဘာနိုလီနိယာမ ပါ။ လေယာဉ်တွေဘာလို့ပျံလဲ? အောက်မှာ လေယာဉ်တစီးရဲ့ တောင်ပံကိုပြထားပါတယ်။

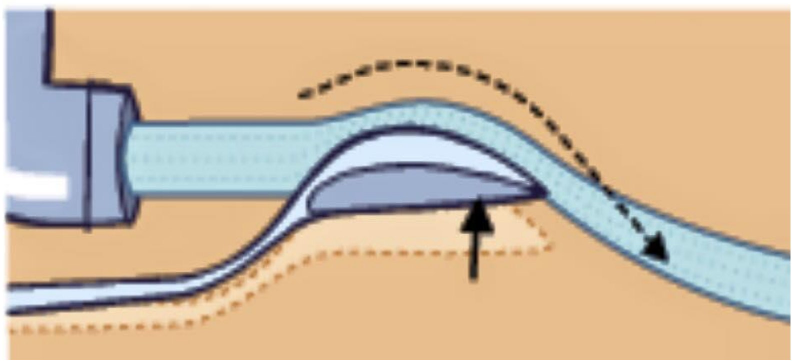


အရှိန်နဲ့ပြေးတဲ့လေယာဉ်ရဲ့ တောင်ပံအပေါ်နဲ့ အောက်မှာလေစီးကြောင်း၂ခု ရှိပါတယ် တောင်ပံ ဒီဇိုင်းကြောင့်အပေါ်လေလွှာက ပိုမြန်ပြီး အောက်လွှာက နှေးပါတယ်။ ဒီတော့ ဘာနိုလီနိယာမအရ အပေါ်မှာ ဖိအားနဲပြီး အောက်ကများပါတယ် ဒီတော့ တောင်ပံအောက်ကလေက အပေါ်ကို ပင့်တင် ပါတယ်။ လေယာဉ်အပေါ်ကိုကြွတယ်ပေါ့။ ဒါက ယခုလက်ရှိ mainstream aerodynamic အယူအဆပါ။ ဒါပေမဲ့ ဒါကို စိန်ခေါ်လာတဲ့ အယူအဆတခု မကြာခင်က ပေါ်လာပါတယ်။ ဒါကတော့ Coanda effect ကိုအန်ဒါအကျိုးပါ။ ဒါကိုနားလည်ဖို့ဇွန်းတချောင်းယူလိုက်ပါ။ အိမ်မှာ ရေပိုက်ခေါင်းရှိရင်ရေကိုဖွင့်ချပါ အောက်မှာပြထားတဲ့ ပုံအတိုင်းဇွန်းအခုံးကို ဒေါင်လိုက် ရေစီးကြောင်းအတိုင်းညင်ညင်သာသာ ကပ်လိုက် ပါ။ ရေစီးကြောင်းဟာ အခုံးအတိုင်း ဖြောင့်ဖြောင့်စီးရာက ဇွန်းဘက်ကိုယိုင်သွားပါမယ်။ နယူတန် တတိယနိယာမအရ ဆန့်ကျင်ဘက်အားက ဇွန်းကို ရေဘက်ကို စုပ်ယူသလို တွန်းပို့တာကို သင်ခံစား ရပါလိမ့်မယ်။ မယုံလျှင် အိမ်မှာ လုပ်ကြည့်နိုင်ပါတယ်။ ဒါကိုကိုအန်ဒါအကျိုးလို့ ခေါ်တာပါ။



ဒါက ငွေ့ရည်ရဲ့ ခုံးနေတဲ့ မျက်နှာပြင်အတိုင်း တွယ်ကပ်စီးဆင်းမှုကြောင့် ဖြစ်လာတာပါ။ သင်က ဒါကို ပြောင်းပြန်အနေနဲ့ ဇွန်းအခွက်ဘက်က ရေစီးကြောင်းကို ကပ်ရင်တော့ မစုပ်ဘဲ ကန်ထုတ်တာကို တွေ့ရပါလိမ့်မယ်။ ကိုအန်ဒါ အကျိုးက ကွာအား Lift Force ကို ဘာနိုလီနိယာမထက် ၃ဆ များစေတယ်လို့ ဆိုပါတယ်။ VTOL/STOL ခေါ်တဲ့ပြေးလမ်းတိုတိုနဲ့ တက်ဆင်းတဲ့ ဟဲရီယာလို၊ F 35B လို လေယာဉ်တွေမှာ ဒီ effect ကို သုံးတယ်လို့လည်း ပြောပါတယ်။ Aerodynamic ရဲ့ တကယ့်အခြေခံက ပျံသန်းခြင်းဟာ ဘာနိုလီနိယာမကြောင့်လား ကိုအန်ဒါအကျိုးကြောင့်လားဆိုတာကတော့ ခုထိ ပညာရှင်တွေ ငြင်းခုန်ဆဲ လေ့လာဆဲပါ။



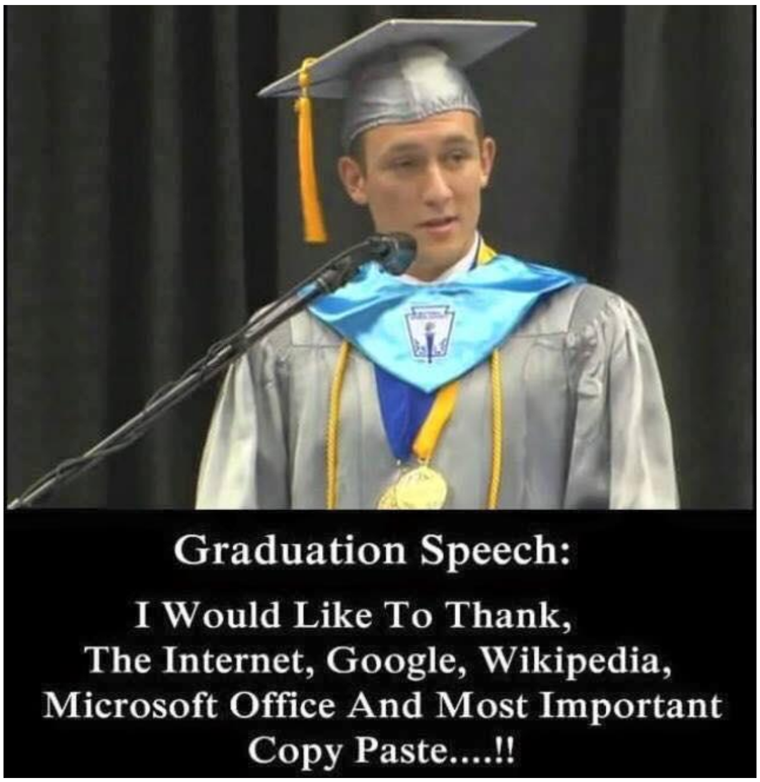


တချို့ကလည်း Vorticity ခေါ်တဲ့ လေဝဲတွေကြောင့်လို့ဆိုပါတယ်ကိုအန်ဒါ အကျိုးကို စတင်တွေ့ခဲ့သူကတော့ ဟင်နရီ ကိုအန်ဒါပါ။ စက္ကူတစ်ရွက်ကို ခုံးပြီး လေနဲ့မှုတ်တဲ့အခါ အပေါ်ကြွတက်တာကို သင်မြင်ဖူးမှာပါ။ ဒါက စောစောက ဇွန်းစမ်းသပ်ချက်ကို အလျားလိုက်ပြောင်းသလိုပါပဲ။ ကဲ ခုပဲ ဇွန်းတချောင်းပြေးယူပြီးစမ်းကြည့်လိုက်ပါတော့။ ထူးခြားတာတွေ့ရင်လည်း မှတ်တမ်းတင်ဖို့မမေ့ပါနဲ့ ။ သင်က aerodynamic ရဲ့ နောက်ထပ် ရိုက်ညီနောင် မဟုတ်ဘူးလို့ မပြောနိုင်ပါဘူး 😜 ။

ပိုင်သွန်

Think Engine

အောက်က ပုံလေးက သူငယ်ချင်းတယောက်ရဲ့ထားတဲ့ ဟာသ ပုံလေးပါ။ ဘွဲ့ယူအခမ်းအနားမှာ ကျေးဇူးတင်စကားပြောတာပေါ့ " ကျွန်တော်ကျေးဇူးတင်တဲ့ သူတွေကတော့အင်တာနက်၊ ဂူဂဲလ်၊ ဝီကီပီးဒီးယား နဲ့ မိုက်ခရိုဆော့အော့ဖစ် တို့ပါ အထူးသဖြင့်တော့ကော်ပီ ပေ့စ် ပေါ့" တဲ့။



တစိမ့်စိမ့်တွေးရင်း ပြုံးမိစေသလို စေ့စေ့တွေးရင်တော့ ရေးရေးထင်လာတာက ခေတ်ကိုရောင်ပြန်ဟပ်မှုနဲ့ အမှန်တရားပါဟုတ်ပါတယ်။ ဒီဘက်ခေတ်မှာ အရာရာက မြန်လာတယ်၊ လွယ်လာတယ်။ ပညာသင်ကြားမှုက ကျောင်းဆိုတဲ့ ဘောင်ကိုကျော်လာတယ်။ လိုချင်တာကို မြန်မြန်နဲ့ များများရှာဖွေနိုင်လာတယ်။ ကျွန်တော်တို့ ငယ်ငယ်တုန်းက ပညာက ကျောင်းကလာရပါတယ်။ ပညာရေးစနစ်မကောင်းတော့ propaganda ကများများ၊ ထုံးတမ်းစဉ်လာကပေါပေါနဲ့ တကယ့် အရေးပါတာကနည်းနည်းပါ။ လူရဲ့အသက်က ကန့်သက်ချက်နဲ့ပါ။ လူတယောက်ဟာ တသက်မှာ အရာရာကို ဘယ်လိုလုပ်တွေ့ကြုံနိုင်ပါ့မလဲ။ ဒါကို လူသားဟာ ဘာသာစကားက တဆင့် ပညာသင်ကြားမှုကတဆင့် သူတပါးရဲ့ အတွေ့အကြုံကို ရရှိပါတယ်။ စာတအုပ်ကနေအတွေ့အကြုံတွေ အမှန်တရားတွေ အများကြီးရပါတယ်။ ကျွန်တော်တို့ခေတ်က စာအုပ်စာပေရှားပါတယ်။ ကျောင်းကသင်တာဟာ မလုံလောက်လို့ အပြင်ကနေ စာတွေရှာဖတ်ခဲ့ရတယ်။ ဒါတောင်စာကြည့်တိုက်တွေရှားတယ်။ ငယ်ငယ်က ဖတ်ခဲ့ဖူးတဲ့ သဃ်န်းကျွန်းက ထွန်းကြွယ်စာအုပ်ဆိုင်ကိုပြန်မှတ်မိနေသေးတယ်။ စာတစ်အုပ် ငှားရင်း ဆိုင်ကစာအုပ်အတော်များများကို အလကား မတ်တပ်ရပ်ဖတ်ခဲ့ဖူးတယ်။ ဆိုင်ရှင်က သဘောကောင်းတော့ ဖတ်ခွင့်

ပေးလို့တော်သေးတယ်။ ခုခေတ်မှာ တော့ဖုန်းတလုံးရှိရင် အင်တာနက်ကကြိုက်တာရှာလို့ရတယ်။ ဝီကီ က ငယ်ငယ်ကဖတ်ခဲ့ဖူးတဲ့ စွယ်စုံကျမ်းထက်ပိုကောင်းတယ်။ ဂူဂဲလ်ရဲ့ရှာချက်က မြန်ဆန်တယ် တိကျ တယ်။ ငယ်ငယ်ကသိချင်တာတခုဟာ ရှာမရလို့ တစ်ခါတစ်လေ ဆယ်နှစ်လောက်ကြာမှ တွေ့ခဲ့ တာ တွေရှိတယ်ခုခေတ်မှာ တော့တင်ပြချင်တာ အတွက် ကော်ပီပေ့စ် နဲ့ သက်သာ လွယ်ကူ လုပ်ပါတယ်။

ဒါဆိုပြောရရင် ပညာရဲ့ အရာက ဘယ်နေရာမှာလဲ? ဒီဟာသလေးက ဒါကို ပြောပြနေတာပါ။ တကယ်တော့ ခေတ်က ပညာရှာဖွေမှုကို လွယ်အောင်လုပ်ပေးထားတာပါ။ search engine ကသင့်ကို ပညာရှာရာမှာ မြန်အောင်လုပ်ပေးပေမဲ့ သင့်ကိုပညာတတ်လာအောင်တော့ မလုပ်ပေးနိုင်ပါဘူး။ ဒါဆိုလူက ဘာလုပ်ရမှာလဲ ? အင်တာနက်ကဒေတာတွေကို သင့်အတွက် မြန်မြန်နဲ့ များများရှာပေး ပါတယ်။ သင်လုပ်ရမှာက ဒီဒေတာတွေကို Analysis လုပ်ပြီး မှန်ကန်တဲ့ conclusion ဆွဲတတ်ဖို့ပါ ။ ဒါအတွက် လူ့ ဦးနှောက်မှာ လုပ်ရမှာကThinking ပါ။ တွေးပါ ၊တွေးပါ၊ တွေးတောပါ။ တွေးကျင့်ရအောင် များများရှာပါ။ များများဖတ်ပါ။ များများ ပြသနာတွေကို ဖြေရှင်းပါ။ problemsolving ဟာ thinkingပါပဲ ။ သိရသလောက်ခုချိန်ထိ AI နည်းပညာမှာ smart ကျတဲ့ think engine မရှိသေးပါဘူး ။ နောင်တစ်ချိန်တော့မပြောတတ်ပါဘူး။ ဘွဲ့ရဖို့ ပညာတတ်ဖို့ အတွက် အမြော်အမြင်ရှိဖို့အတွက် သင့် ခေါင်းထဲက Think Engine ကိုနှိုးပါ။ ဒီလိုအခါမျိုးမှာ သင့်ရဲ့ Copy Paste တချက်ကတန်ဖိုး တက်လာပါလိမ့်မယ်။ ခုခေတ် မြန်မာတွေ ဖေ့ဘုတ်မှာဖြစ်ဖြစ် မီးမ်ဂရုတွေမှာဖြစ်ဖြစ် ဆိုဒ်တွေမှာဖြစ်ဖြစ် ပို့စ်တခုတင်တိုင်းမှာ ကွန်မန့်ပေးတတ်ကြပါတယ်။ မန့်တခု ဖတ်တာနဲ့ မန့်သူရဲ့ think engine က လှမ်းမြင်နေရပါတယ်။ မော်ဒယ်အမြင့်လား၊ နိုင်တီးဂွမ်တီးကဟာလား၊ အပ်ဂရိတ် လုပ်ထားလား။ မန့်သူက သာမသိတာ ဖတ်သူကသိပါတယ်။ ပညာဟာ တခြားသောပါရမီတွေလိုပါပဲ။ ကိုယ်ပိုင် လုပ်ရတာသာခက်တာ။ သူများမှာ ရှိမရှိတော့ သိလွယ်ပါတယ်။ ခုလို လွယ်ကူတဲ့ ခေတ်မှာကော်ပီပေ့စ် လုပ်တာခြင်းအတူတူ အများခန့်ညားအောင် သင့်ရဲ့ သင့်အင်ဂျင်ကို အမြန်သာနှိုးလိုက်ပါလို့ ပုံလေးကို ကြည့်မိရင်း တွေးမိတွေးရာလေတွေပါ။

ပိုင်သွန်

စကြာဝဠာ

စကြာဝဠာဆိုတာက universe ကို ဘာသာပြန်ထားတာပါ။ ခုရေးမဲ့ အချက်အလက်တွေက standard cosmology ခေါ်တဲ့ သိပ္ပံပညာရှင်တွေ တစုတစည်းထဲ လက်ခံထားတဲ့ lambda CDM model က အချက်လက်တွေပါ။ ဒီ field က အကျယ်ကြီးဖြစ်လို့ အသေးစိတ်တော့ မရေးနိုင်ပါဘူး။ စကြာဝဠာမှာ ပါဝင်တဲ့ အရာတွေက အချိန် ၊ နေရာနဲ့ သူ့ထဲမှာ ပါဝင်တဲ့ အရာ အားလုံးပါဝင်ပါတယ်။ သူ့ထဲပါဝင်တဲ့ အရာတွေကို ရူပဗေဒအရ အနှစ်ချုပ်လိုက်ရင် matter and energy ပါပဲ။ ရုပ်နဲ့စွမ်းအင်ပေါ့ လောကမှာ အား ၄မျိုး ရှိပါတယ်။ အားတွေက စွမ်းအင်ပေါ့။ ဒီတော့ စကြာဝဠာမှာပါဝင်ပစ္စည်းတွေက space ,time , matter and energy ဆိုပြီး ၄ မျိုးပါ။ ကျွန်တော်တို့မြင်သမျှ အရာရာကို ဒီလေးမျိုး အားဖြင့် ရှင်း နိုင်ပါတယ်။ အိုင်းစတိုင်းက Special relativity မှာ အချိန်နဲ့နေရာဟာ အတူတူပဲလို့ ပေါင်းပြခဲ့သလို ရုပ်နဲ့ စွမ်းအင်က လည်းအတူတူပဲလို့ပြောခဲ့ပါတယ်။ E = mc^2 ဆိုတာက ရုပ်နဲ့စွမ်းအင် တသဘောထဲဆိုတာ ကနေ ရတာပါ။ ဒီညီမျှခြင်းကိုပေးတဲ့ equation က

e^2 = p^2c^2 + m^2c^4

ပါ ။ ရှေ p က အဟုန်ဖြစ်ပြီး ရပ်နေတဲ့ အဟုန် သုညမှာ လူသိများနာမည်ကျော်တဲ့ ညီမျှခြင်း E= mc^2 ကိုရပါတယ်။ ထားပါတော့ ဒီမှာ အဓိကပြောချင်တာက အိုင်းစတိုင်း လုပ်လို့စကြာဝဠာမှာ နှစ်မျိုးပဲ ကျန်ပါတော့တယ်။ တစ်ခုက spacetime continuum ပါ။ နောက်တခုက matter-energy ပါ။ စကြာဝဠာမှာ ဒီနှစ်မျိုးပဲရှိပါတယ်။ အချိန် နဲ့နေရာကို ပေါင်းတယ် ဆိုတာကဘာကိုပြောတာလဲ။ အများ စုနားလည်ကြတာက ပေါင်းတယ်ဆိုတော့လည်း ပေါင်းတယ်ပေါ့။ ဆိုပြီး ပေါင်းတာက ဘာမှန်း သေချာမသိကြပါဘူး။ ဒီမှာသုံးထားတဲ့သင်္ချာက ဆယ်တန်းမှာ သင်ဘူးကြတဲ့ Matrix သင်္ချာရဲ့ မြှောက်ခြင်းပါ။ မှတ်မိသူတွေအနေနဲ့ မက်ထရစ် ကွင်း ၂ ခု မြှောက်ရင် မြှောက်တာကော ပေါင်းတာကော ပါတာကို သတိရမှာပါ။ ဒီမှာ အဓိကပြောချင်တာက မက်ထရစ်နည်းနဲ့ပေါင်းထားတဲ့ အချိန်နဲ့နေရာ ဟာ ခွဲပြီးသပ်သပ်စီ ပြောလို့မရတာပါပဲ။ ဒါကိုအိုင်းစတိုင်းလုပ်ခဲ့ရတဲ့ အခြေခံအကြောင်းအရင်း Lorenz Transformation ပါ။ နားလည်အလွယ်ဆုံးနဲ့ပြောရရင် စကြာဝဠာဟာ အလျင်အမျိုးမျိုးနဲ့သွားသူ၊ နေရာ အမျိုးမျိုးမှာနေသူအားလုံးအတွက် အတူတူဖြစ်နိုင်၊ တိုင်းတာနိုင်ဖို့အတွက် အချိန်နဲ့နေရာဟာ ဒိုင်မင်းရှင်း ၄ ခုရှိတဲ့ တစ်ခုတည်းသော အရာဖြစ်ဖို့လိုပါတယ်။ စွမ်းအင်-ရုပ် ကိုလည်း အိုင်းစတိုင်းက ပေါင်းခဲ့ပြီး ဒါက လည်း 4 dimension ရှိပါတယ်။ သူ့ရဲ့ time like component က စွမ်းအင်ပါ။ space likecomponent ၃ ခုက အဟုန် momentum ပါ။ momentum P =mv ဖြစ်တဲ့အတွက် ရုပ် m ပါပါတယ်။ ဒီတော့ ရုပ်ဆိုတာ သိပ္ပံမှာ ဒြပ်ထုရှိတဲ့အရာကိုပြောတာပါ။ ဒါတွေသိပြီဆိုရင်တော့ အိုင်းစတိုင်းရဲ့ General Relativity အကြောင်း အကြမ်းဖျဉ်းပြောပြပါမယ်။ သူ့ညီမျှခြင်းက စကားနဲ့ပြောရင်

အချိန်နေရာ ကွေးနှုန်း = စွမ်းအင်-ရုပ် ပမာဏ

ပါ။ စွမ်းအင်ရုပ်များလေလေ အချိန်နေရာကွေးလေစွမ်းအင်-ရုပ် မရှိတဲ့နေရာတွေ။ ဥပမာ vacuumမှာ အချိန်နေရာက ဖြောင့်နေမယ်။ ဒါပါပဲ။ အိုင်းစတိုင်း ဒီညီမျှခြင်း ရပြီးမကြာခင်မှာ ပဲ တခြားပညာရှင်တွေက အဖြေတွေရှာတွေ့ခဲ့ကြတယ်။ ရူပဗေဒမှာ equation ရယုံနဲ့ မပြီးသေးပါဘူး။ အဖြေ solution လည်းရှာရသေးတယ်။ အိုင်းစတိုင်းညီမျှခြင်းမှာ အဖြေအမျိုးမျိုးရှိတယ်။ ရှဝပ်ရှီး တွေ့ခဲ့တဲ့ညီမျှခြင်းက တွင်းနက်ရှိကြောင်းပြောတယ်။ ရိုဇန် solution က wormhole ရှိနိုင်ကြောင်းပြောတယ်။ နောက်တစ်ယောက်က စွမ်းအင်-ရုပ် မရှိဘဲ သူ့အလိုလျောက်ပြန့်ကားနေတဲ့ စကြာဝဠာ အကြောင်းပြောပြတယ်။ ကျွန်တော်တို့နေတဲ့ စကြာဝဠာ အကြောင်းဟောကိန်းထုတ်တဲ့ solution ကိုတော့ FLRWmodel ခေါ်ပါတယ်။ တွေ့ခဲ့တဲ့သူ ၄ ယောက်ရဲ့ရှေ့နာမည်အတိုကောက်တွေပါ။ အဓိကကတော့ Friedman ဖရိမင်ပါ။ ဖရိမင်က သူ့ solution အရ စကြာဝဠာဟာ တဖြည်းဖြည်း ကြီးလာရမယ်လို့ပြောခဲ့ပါတယ်။ ဒီတုန်းကဘယ်သူမှလက်မခံပါဘူး။ ဒီထဲမှာ အိုင်းစတိုင်းလဲပါတယ်။ အိုင်းစတိုင်က ဒီတော့ စကြာဝဠာ ကို ငြိမ်နေအောင် ဆန့်ကျင်တဲ့ အားလေးတစ်ခု ထည့်လိုက်တယ်။ အဲဒါကို လမ်ဗဒါ Lambda လို့ခေါ်တယ် ။ ဒီလို ပေါ့

အချိန်နေရာ ကွေးနှုန်း + လမ်ဗဒါ = စွမ်းအင်-ရုပ်

ညီမျှခြင်းက အဲလို ဖြစ်သွားတယ်။ အိုင်းစတိုင်းထင်တာက လမ်ဗဒါ ထည့်လိုက်ရင် စကြာဝဠာဟာ ကျုံ့လည်း မကျုံ့ဘူး ၊ ကျဉ်းလည်းမကျဉ်းဘူး၊ တည်ငြိမ်နေမယ်ပေါ့။ ဒီမှာတစ်ခု ဖြတ်ပြောရရင်ကမ္ဘာပေါ်မှာ ရှိတဲ့ ဘာသာတွေမှာ စကြာဝဠာ အကြောင်းပြောရင် တည်ငြိမ်နေတယ်လို့ပဲ ပြောခဲ့ကြပါတယ်။ စကြာဝဠာ ကိုယ်တိုင်က လှုပ်ရှားနေတယ်၊ ကြီးကြီးလာတယ်လို့ဘယ်သူမှမပြောဘူး။ ဒီတော့ အိုင်းစတိုင်း ကိုယ်တိုင်လည်း ဒီBelief ကို မဆန် ့ကျင်ရဲခဲ့လို့ လမ်ဗဒါ ကို ထည့်ခဲ့တာပါ။ နောက်ပိုင်းမှာ အိုင်းစတိုင်း ကိုယ်တိုင်သူ့ဘဝရဲ့အကြီးဆုံး အမှားလို့ကင်ပွန်းတပ်ခဲ့တယ်။ Biggest blunder of my life လို့ ပြောခဲ့ပါတယ်။ ဘာဖြစ်လို့လဲဆိုတော့ လမ်ဗဒါ ထည့်ပြီးတွက်တော့လည်း စကြာဝဠာက ပြန့် ကား မြဲကားနေလို့ပါ။ တိုတိုပြောရရင် အက်ဒွင်ဟက်ဘယ် က ဒါကိုလက်တွေ့တိုင်းတာနိုင်ခဲ့တယ်။ Hubble တယ်လီစကုပ်ဆိုတာ ကြားဖူးကြမှာပေါ့။ ကမ္ဘာ့ပါတ်လမ်းမှာ လွှတ်တင်ထားတဲ့ တယ်လီစကုပ်ပါ။ ခုအင်တာနက်မှာတွေ့တွေ့နေရတဲ့ စကြာဝဠာပုံရိပ်တွေကအဲ့ တယ်လီစကုပ်က ရိုက်ယူပေးထားတာ များတယ်။ အဲဒါ ဟက်ဘယ် ကို ဂုဏ်ပြုပေးထားတာပါ။ စကြာဝဠာက ကြီးကြီးလာတယ်ဆိုတော့ ကြောင်းကျိုးကြ စဉ်းစားရင် ဟိုးတုန်းက သေးသေးလေးမို့ပေါ့ ။ ဘယ်လောက်သေးနိုင်လဲ။ စကြာဝဠာကို မသေးအောင်တားစီးနိုင်တဲ့ အားကမရှိလေတော့ သေးနိုင်သမျှ အသေးနိုင်ဆုံးထိ အတိတ်က သေးခဲ့ပါတယ်။ မဟာပေါက်ကွဲမှု Big Bang အယူအဆက ဒီကစတာပါ။ သေးတာကနေ ကြီးလာတာ ပေါက်ကွဲထွက်လာလို့ပေါ့။ ပေါက်ကွဲတဲ့အရာတိုင်း အပူလှိုင်းတွေထုတ်တယ်။ မယုံရင် ဗုံးပေါက်တဲ့ နားသွားနေကြည့်လို့ စိတ်ရင်းမှန်နဲ့အကြံပြုလိုက်တယ်😂။ အပူလှိုင်း ကဝေးလာလေ အေးလာလေ အဝေးကြီးရောက်တော့ တအားအေးသွားတယ်။ အေးတယ်ဆိုတာ စွမ်းအင်နဲတာပါ စွမ်းအင်နဲတဲ့ လှိုင်းတွေဟာ လှိုင်းအလျားရှည်ပါတယ်။ သူတို့ကိုအပူလှိုင်းလို့မခေါ်တော့ဘူး။ မိုက်ခရိုဝေ့လို့ ခေါ်တယ်။

ဘစ်ဘန် မှန်ရင် မိုက်ခရိုဝေ့ ရှိရမယ်။ ရှာကြတယ်၊ တွေ့တယ် မဟာပေါက်ကွဲမှု သီဝရီမှန်ကြောင်း ပြနိုင်တယ် တွေ့တဲ့၂ ယောက် နိုဘဲ ရသွားတယ်။ ဒီဝေ့ကို တွေ့ချင်ရင် တီဗီ ဖွင့်ကြည့် လိုက်ပါ လိုင်းမမိတဲ့ အချိန် စခရင်မှာ အပျောက်အပျောက်တွေတွေ့ဘူးကြလိမ့်မယ်။ အဲဒါက စကြာဝဠာ စဖြစ်တုန်းက ထုတ်လွှတ် လိုက်တဲ့ရောင်ခြည်ပါပဲ။ ဒါကအကြမ်းဖျဉ်းပါ။ အဓိကကျတာကိုပဲပြောတာပါ။ ကျန်တာ အသေးစိတ်တွေတော့ မပြောတော့ဘူး။ ဒါလောက်ဆို စကြာဝဠာဖြစ်စဉ် အကြောင်းဆက်လို့ ရပါပြီ ။ လက်ရှိ မော်ဒယ်ကို လမ်ဗဒါ စီဒီအမ် Lambda CDM လို့ခေါ်တယ်။ ဖရိမန်းတွေ့ခဲ့တဲ့ အိုင်းစတိုင်းညီမျှခြင်း အဖြေကို အဓိက ကျောရိုး ထားတာပါ။ ဒါဖြင့် လမ်ဗဒါက ဘာလို့ပါနေတာလဲ။ အိုင်းစတိုင်းပဲ မှားခဲ့တာဆို အဖြစ်ကဒီလို။ သူက ဒါကိုထည့်တာက စကြာဝဠာကြီး ကြီးမလာစေချင်လို့။ ဒါပေမဲ့လက်တွေ့မှာ စကြာဝဠာကကြီးယုံတင်မဟုတ်ဘူး။ ကြီးနှုန်း ကထင်ထားတာထက် ပိုမြန်နေတယ်။ accelerated expansion ပေါ့။ ဒါကိုရှင်းပြဖို့ စကြာဝဠာ ကို ချဲ့ပေးနေတဲ့ အားတစ်ခုလိုတယ်။ အဲဒါရှာတော့ လမ်ဗဒါ ကို သွားတွေ့ပါတယ်။ အိုင်းစတိုင်းအမှားက လိုနေတာနဲ့အတော်ဖြစ်သွားတယ်။ ပညာရှိများ မှားတာတောင် အတော်အသုံးဝင်တယ်နော် 😉။ လမ်ဗဒါကို နောက်တမျိုး Dark energy လို့လဲ ခေါ်ပါတယ်။ စွမ်းအင်မှောင် ၊စွမ်းအင်မဲ၊ စွမ်းအင်နက်ဘိုခေါ်ရင် ကောင်းမလဲ။ ခေါ်ချင်သလိုသာ ခေါ်ဗျာ ။ လက်ရှိလေ့လာမှု အရတော့ စကြာဝဠာရဲ့ ၇၀% ကစွမ်းအင်နက်ပါ။ ၂၅% က ရုပ်မဲ့ Dark matter ပါ။ ၅% ကပဲ ကျွန်တော်တို့သိတဲ့ရုပ်တွေပါ။ နေတွေ၊ လတွေ၊ ဂြိုဟ်တွေ၊ ဂလက်ဆီတွေပေါ့။ ဒီတော့ ရုပ်မှောင်က ဘယ်ကရောက်လာတာတုန်း။ ဘူမှသိဘူး။ ဂလက်ဆီတွေ ပတ်နှုန်းကို တိုင်းရာကနေသိလာရတာ သူတို့က သာမန်ရုပ်တွေနဲ့သက်ရောက်မှုမရှိဘူး။ သူတို့ကိုသက်ရောက်တဲ့အားက ဒြပ်ဆွဲအားတခုပဲ ရှိတယ်။ မမြင်ရဘူးအရင်ကတော့ တွင်းနက်တွေများလား ဆိုရှာသေးတယ်။ နောက်တော့ မဟုတ်ဘူး ။ သူတို့ကို Cold Dark Matter ခေါ်ပါတယ်။ အေးတဲ့ရုပ်မှောင်ပေါ့။ ဒီမှာအေးတယ်ဆိုတာက သူတို့ရဲ့အလျင် နှေးတာကိုတင်စားတာပါ။ ဒါကြောင့် လမ်ဗဒါ နဲ့ CDM နဲ့ပေါင်းပြီး Lambda CDM ဖြစ်သွားတာပါ။ မြန်မာလိုတော့ စွမ်းအင်နက်ရုပ်မှောင်မဟာပေါက်ကွဲမှု စကြာဝဠာ သီဝရီလို့ပြန်ရင် ကောင်းမလား 😜😜။ ဟောဟဲဟောဟဲ မောလှက်ထှာ 😟 ။

လမ်ဗဒါ စီဒီအမ် က principle ၂ ခု ပေါ်ကနေ တည်ဆောက်ထားတာပါ။ ဒီမှာ သီဝရီ တစ်ခုကို တည်ဆောက်ရင် principle မူ က အရေးကြီးပါတယ်။ အိုင်းစတိုင်းရဲ့ အတွေးစမ်းသပ်ချက်တွေက မူတွေပါ။ မူမှန်မှ နောက်ကလိုက်တဲ့သီဝရီ မှန်ပါတယ်။ မူမှန်မမှန်ကိုလည်း လက်တွေ့စမ်းသပ် ရတာပါပဲ။ လမ်ဗဒါစီဒီအမ်ရဲ့ မူ၂ခု က တစ်ခုကအိုင်းစတိုင်းအီကွေးရှင်းပေါ့။ နောက်တစ်ခုက cosmological Principle ခေါ်ပါတယ်။ ဒီမူက ဒီလိုပါ "စကြာဝဠာဟာ ဘယ်ဘက်ကိုကြည့်ကြည့် အတူတူပဲ(Isotropy) ဘယ်နေရာမှာရှိရှိ အတူတူပဲ (homogenous)" ဆိုတဲ့ အယူအဆပါ။ ဒီမူ ကိုလက်ခံရင် အိုင်းစတိုင်း ညီမျှခြင်းက ရိုးရှင်းသွားတယ်။ နို့မို့ဆိုတွက်ရ အရမ်းခက်ပါတယ်။ ဒီမူနဲ့စကြာဝဠာကို မော်ဒယ် လုပ်တော့ စကြာဝဠာဟာ fluid နဲ့တူပါတယ်။ ငွေ့ရည်ရဲ့အခြေခံ ယူနစ်က ဒီမှာတော့ ဂလက်ဆီပါ။ စကြာဝဠာနဲ့ ယှဉ်ရင် ဂလက်ဆီဟာ အစက်လောက်ရှိတာပါ။ ဂလက်ဆီဟာ ကြယ်ပေါင်း တစ်နောက်မှာ သုည ၁၁

လုံးရှိတဲ့ လည်နေတဲ့အရာပါ။ စကြာဝဠာရဲ့စဦးမှာ ဂလက်ဆီတွေ မရှိသေးပါဘူး။ ကဲဒါဆို ဘယ်လိုဖြစ်ပေါ်လာလဲ။ ခုလိုအပ်တဲ့ Basic knowledge ရပြီဆိုတော့ စကြာဝဠာဖြစ်လာပုံအကြမ်းဖျဉ်းပြောပြပါမယ်။ မဟာပေါက်ကွဲမှုဟာ ရှိပြီးသားအချိန်နဲ့နေရာထဲကို ရုပ်တွေ ပေါက်ကွဲထွက်တာမဟုတ်ပါဘူး။ ပေါက်ကွဲမှုကသာ အချိန်၊ နေရာ ရုပ်တွေကို ဖန်ဆင်းလိုက်တာပါ။ နဂိုရှိတာက အရမ်းပူ အရမ်းသေးတဲ့ စွမ်းအင်ပဲ ရှိပါတယ်။ ခုသိနေတဲ့ အားလေးမျိုးက ဒီတုန်းက တခုတည်းသောအားပါ။ ToE ပေါ့။ ပေါက်ကွဲမှုက အချိန်နေရာကို ဖန်ဆင်းတယ်။ အချိန်၊ နေရာ ဆိုတာ ဒြပ်ဆွဲအားပါ။ ဒြပ်ဆွဲအားနဲ့ လျှပ်စစ်ပျော့ ပြင်းအား ကွဲထွက်ပါတယ်။ ရုပ်မရှိသေးဘူး။ ဖေါင်းပွမှု Inflation ဖြစ်တယ်။ လျှပ်စစ်ပျော့အား electroweak က အားပြင်း Strong force ကနေ ခွဲ ထွက်တယ်။ ရုပ်တွေဖြစ်လာပြီ။ quark gluon plasma ခေါ်ပါတယ်။ လျှပ်စစ်သံလိုက်အားက အားပျော့ကနေခွဲထွက်တယ်။ အားလေးမျိုးဖြစ်သွားပြီ။ အလင်းဆိုတာ လျှပ်စစ်သံလိုက်အားပါ ။ ဒီတုန်းက အလင်းဟာဝေးဝေးပြေးလို့မရဘူး။ နဲနဲသွားမိတာနဲ့ အီလက်ထရွန်က စုပ်တယ်။ ဒီတော့ စကြာဝဠာဟာ ဒီကာလမှာ မြူဆိုင်းနေသလိုပါပဲ။ ဆောင်းမနက်ခင်း နှင်းကျတဲ့အချိန်ဝေးဝေးမမြင်ရဘူး။ မလားအာ့ နှင်းပွင့်တွေက အလင်းကို စုပ်လို့ပါ။ စကြာဝဠာ အစမှာလဲ ဒီလိုပါပဲ။ အတော်ကြာတော့ quark တွေ က ၃ လုံးပေါင်းပြီး ပရိုတွန် ဖြစ်ကုန်တယ်။ ပြီးတော့ အီလက်ထရွန်နဲ့ပေါင်းပြီး အက်တမ် စဖြစ်တယ်။ recombinantepoch လို့ခေါ်ပါတယ်။ အီလက်ထရွန်က အက်တမ်ထဲ ရောက်သွားတော့ အလင်း က ခရီးဝေးသွားနိုင်ပြီ။ အလင်းတွေလွတ်လပ်ရေးရတဲ့ ကာလပေါ့။ စကြာဝဠာဟာ ကြည်လင်ပြီး မြင်ရပြီ။ ဒီကာလက ထွက်လာတဲ့အလင်းကို သင့် အိမ်က တီဗီမှာဖမ်းကြည့်နိုင်ပါတယ်။ microwave background radiation ခေါ်ပါတယ်။ အက်တမ်တိမ်တိုက်တွေပြိုကျရာကနေ ပထမဆုံးတွင်းနက်တွေ ဖြစ်လာတယ်။ ဂလက်ဆီ အလယ်က ဝတ်ဆံပေါ့။ ဂလက်ဆီတွေဖြစ်လာတယ်။ ကြောင်လိမ်ဂလက်ဆီက အရင်ပါ နောက်တော့ ဂလက်ဆီအချင်းချင်းတိုက်မိပြီး ပေါင်းသွားတယ်။ ဒါကို မာဂျာ merger ခေါ်ပါတယ်။ ဘဲဥပုံဂလက်ဆီက မာဂျာတွေပါ။ ကျွန်တော်တို့နဂါးငွေ့တန်းဟာလဲ မကြာခင်မှာမာဂျာဖြစ်တော့မှာပေါ့။ Sagittarius dwarf ခေါ်တဲ့ ဂလက်ဆီဟာ ခုနဂါးငွေ့တန်းကို အလယ်ဗဟိုတွင်းနက် ဆာဂျီတေးရီးရပ်စ် နေရာမှာ ဒေါင်လိုက်တိုက်နေဆဲပါ။ နောက်ပိုင်းကျရင် အင်ဒရိုမီးဒါးနဲ့လဲထပ်တိုက်ပါဦးမယ်။ ကြယ်နဲ့ ဂြိုဟ်တွေ ဂလက်ဆီထဲမှာ ဖြစ်လာတယ်ကြယ်တွေ စူပါနိုဗာ ပေါက်ကွဲပြီး သေဆုံးပါတယ် ။ ဒီပေါက်ကွဲမှုကနေ ဟိုက်ဒရိုဂျင်ထက်ပိုကြီးတဲ့ဒြပ်စင်တွေကို nuclear fusion ကနေထုတ်ပေးပါတယ်။ ကျွန်တော်တို့ ခန္ဓာကိုယ်ကို ဖွဲ့စည်းထားတဲ့အရာတွေကို ကြယ်ပေါက်ကွဲမှုကနေ ထုတ်လုပ်ပေးတာပါ။ no supernova , no life ပါနေအဖွဲ့အစည်းပေါ်လာတယ်။

ကမ္ဘာနဲ့သီယာ ဂြိုဟ်တိုက်မိပြီး ကမ္ဘာနဲ့လဖြစ်လာတယ်။ တိုက်မိတဲ့အရှိန်နဲ့ ကမ္ဘာ့ဝန်ရိုးစောင်းသွားတယ်။ ကမ္ဘာ့သက်တမ်းက 4.5 billion year ပါ။ စကြာဝဠာက 13.8 billion year ပါ။ 3.5 billion year မှာ သက်ရှိရဲ့အစ cell ပေါ်ပါတယ်။ multicellular organism ဆွဲတွေ စုပေါင်းပြီးဖြစ်တဲ့ သက်ရှိဖြစ်လာပါပြီ။ ဦးနှောက်အခြေခံ neuronမရှိသေးဘူး။ စိတ်မပေါ်လာသေးဘူးလို့ ပြောလို့

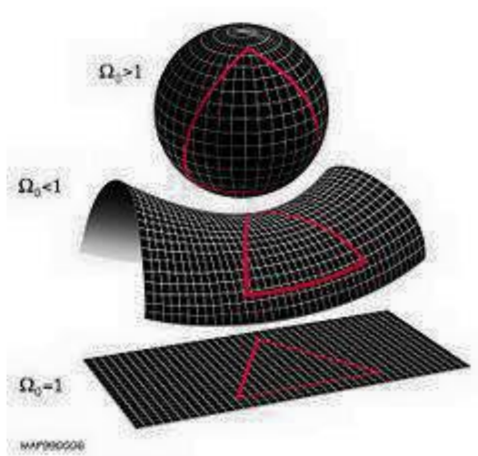
ရပါတယ်။ သံကောင်တွေမှာ ပထမဆုံး နျူရွန်းတွေ ပေါ်လာပြီ။ စိတ်ရဲ့အစပေါ့။ 0.2 billion year ago မှာ ဒိုင်နိုဆော လူမရှိသေးလွန်ခဲ့သော 4 million year ago မှာ လူ ပေါ်လာပြီ။ လွန်ခဲ့သော နှစ် ၂၀၀၀ မှာ ဘာသာတရား ပေါ်လာပါပြီ။ လွန်ခဲ့သော နှစ် ၅၀၀ မှာ သိပ္ပံ ပေါ်လာပါပြီ။ လွန်ခဲ့တဲ့ ၃ နှစ်မှာ အင်္ဂါဂြိုဟ်ပေါ်ကို လူလုပ်curiosity ယဉ်ကိုလွှတ်ပြီး တခြားဂြိုဟ်က သက်ရှိ ကိုရှာနေပါပြီ။ မျှားမကြာသော အနာဂါတ်မှာ ဘစ်ဘက်ရဲ့သီချင်းကို ဆိုညည်းရင်း သင်လျောက်သွားနေမှာပါ " တို့ရဲ့ကမ္ဘာပေါ်မှာ ဂြိုဟ်သားတွေ "လူမျိုးရေးခွဲခြားမှုလို့ ဂြိုဟ်ရေးခွဲခြားမှုတို့ဘာတို့လဲရှိရင်ရှိနေမှာပေါ့။ ဂြိုဟ်သား ကိုးကွယ်တဲ့ဘာသာ ပိုကောင်းလို့ဘာသာပြောင်းတဲ့လူ လဲရှိရင်ရှိလာမှာပေါ့။ ငါတို့အရိုး စည်းရိုး ထိုးပြီး ကာသင့် ရင်လဲကာရမှာပါပဲ။ အဲ့အချိန်ရောက်ရင်တော့ 😜

ပိုင်သွန်

၁၇.၃.၂၀၁၆

ကြိုက်ရင် like & share မရှယ်တဲ့ လူ မုဆိုးမ 😜 လှလှလေးနဲ့ညားပါစေတွာ 😝😝😝

အောက်ကပုံက ဖရိမင်း မော်ဒယ် ဖြစ်နိုင်ခြေ ၃ မျိုး



မျက်မမြင်နဲ့ဆင်

တခါတော့ ဘုရင်ကြီးက မျက်မမြင်ပုဏ္ဏားခြောက်ယောက်ကို ခေါ်ပြီး ဆင်တကောင်ကို စမ်းခိုင်းသတဲ့။ ပုဏ္ဏားတွေက ဆင် မမြင်ဘူးကြဘူး။ မျက်စိလဲမမြင်တော့ လက်နဲ့စမ်းရတာပေါ့။ တယောက်က ဘုရင်ကိုလျှောက်တယ်။ ဆင်ဆိုတာ ကြိုးနဲ့တူပါတယ်ဘုရား ပေါ့။ သူက အမြီးသွားကိုင်မိတာကိုး။ နောက်တစ်ယောက်က နှာမောင်းကိုင်မိတော့ ဆင်က ပိုက်လုံး အပျော့ပါတဲ့။ နောက်တစ်ယောက်က ခြေကိုင်မိတော့ တိုင်လုံးတဲ့။ နားရွက်ကိုင်မိသူကယပ်တောင်အကြီးကြီးပါတဲ့။ ဒီလိုနဲ့သူတို့အချင်းချင်း ငြင်းပြီး ရန်ဖြစ်ကြတယ်။ ဒီတော့မှ ဘုရင်က ပြောတယ် ကဲတော်ကြတော့ မင်းတို့အားလုံး မှန်ကြတယ်။ ဒါပေမဲ့ ဆင်ကိုဖော်ပြဖို့တော့ တစ်ယောက်ခြင်းက မပြည့်စုံဘူး။ အားလုံးပေါင်းမှသာလျှင် အကြမ်းဖျဉ်း မှန်မယ်လို့ပြောလိုက်သတဲ့။အမှန်တရားဆိုတာ တခါတလေတော့ အမှန်သိလိုသူနဲ့ သိရမဲ့ အရာရဲ့ အရွယ်အစားပေါ်မှာလည်းမူတည်နေတတ်ပါတယ်။ စမ်းသပ်စစ်ဆေးရတဲ့အာရုံကလည်း အဓိကကျပါတယ်။ ဒီလို ကိစ္စမျိုးကသဘာဝတရားတခုလုံးကိုသိချင်လာပြီ ဆိုရင်တော့မလွှဲမရှောင်သာ ထည့်တွက်ရတော့မဲ့အချက်ပါပဲ။ စမ်းသပ်တဲ့ နည်းလမ်းကလည်းအရေးကြီးပါတယ်။ ဒီဥပမာလေးလိုပေါ့။ တစ်ခါက မျက်မမြင်တဲ့ ဆင်ခြောက်ကောင်က လူဆိုတာဘာမှန်းမသိဘူးတဲ့။ ဒီတော့ သူတို့လက်တွေနဲ့ စမ်းကြည့်ဖို့ သဘောတူကြတယ်။ ပထမတစ်ကောင်က အရင်ဆုံးစမ်းတယ်။ ပြီးတော့ ပြောလိုက်တယ်။ လူဟာ ပြားတယ်ကွ။ ကျန်တဲ့ ၅ကောင်လည်း စမ်းကြည့်ပြီး သဘောတူတယ်။ ဟုတ်တယ် လူဟာ တော်တော်ပြားတယ်ကွာတဲ့။ အင်း ဒီနည်းနဲ့အစမ်းခံရရင်တော့ သိပ်မဟန်လောက်ဘူး။

သဘာဝလောကကို အမှန်အတိုင်းသိဖို့အတွက်ဆန်းစစ်လေ့လာဖို့လိုပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ သဘာဝဟာ လူသားအတွက်တော့ သိပ်ကြီးလွန်းနေတယ်။ ဒီတော့ လူသားတယောက်ထဲနဲ့တော့ သဘာဝကို အကုန်မသိနိုင်ပါဘူး။ လူတွေအများကြီးလိုခဲ့တယ်။ ကျောက်ခေတ်ကစပြီး လူဟာ ကြီးမားကျယ်ပြန့်တဲ့ သဘာဝဖြစ်စဉ် အမျိုးမျိုးကိုမြင်နေရတယ်။ ကြောက်စိတ် ခန့်ညားစိတ်နဲ့အတူ စူးစမ်းလိုစိတ် ဟာလဲ

ရှေးဦးလူမှာ ရှိခဲ့တယ်။ evolution က လူသားကို တခြားတိရိစ္ဆာန် နဲ့မတူတဲ့ စဉ်းစားတွေးခေါ်မှုကို ပေးခဲ့တယ်။ သဘာဝဖြစ်စဉ်တွေကို ရှင်းပြဖို့ ပထမဆုံးပေါ်ပေါက်လာတာကတော့ ဘာသာတရားပါပဲ။ နောက်တော့ ဂရိခေတ်လိုကာလမျိုးရောက်တော့ စနစ်တကျ တွေးခေါ်မှုကိုအားပေးတဲ့ ပလေတိုလို ဆိုခရေးတီးလို လူတွေပေါ်လာတယ်။ သူတို့ဟာScience ကို စတင်ခဲ့ သူတွေတော့မဟုတ်ပါဘူး။ ဒါပေမဲ့ လူသားရဲ့ belief ဆိုတဲ့မြေမှာ science ဆိုတဲ့ အပင်ပေါက်နိုင်အောင် ပထမဆုံး ပေါင်းမြက်တွေ နှုတ်ပေးခဲ့သူတွေပါပဲ။ တွေးခေါ်ပညာတွေကို စတင်ခဲ့တဲ့လူတွေပေါ့။ BC 600 စုမှာ ဗုဒ္ဓ နဲ့ခေတ်ပြိုင် ဂရိမှာ ဒီမိုခရစ်တပ်ဟာ atomic theory ကို စတွေးခဲ့တယ်။ ပစ္စည်းတစ်ခုကို ၂ ပိုင်းပိုင်းမယ်။ တစ်ပိုင်းကို ၂ ပိုင်း ထပ်ပိုင်းမယ်။ ရတာရဲ့တစ်ပိုင်းကိုထပ်ပိုင်း။ အဲ့လို အခါခါလုပ်ရင် ဖြစ်နိုင်ခြေ ၂ ခုရှိတယ်။ တစ်ခုက အဆုံးမဲ့ ပိုင်းလည်း မဆုံးဘူး။ နောက်ဖြစ်နိုင်ခြေက တစ်ချိန်ချိန်မှာ ထပ်ပိုင်းလို့မရတဲ့ အသေးဆုံးအရာ ကျန်ခဲ့မယ်။ ဒါကို သူကAtom လို့ပေးလိုက်တယ်။ ဗုဒ္ဓကလည်း အရှေ့မှာ ပရမာဏုမြူဆိုတဲ့ အယူအဆ ကို ဟောခဲ့ပါတယ်။ နာမည်သာကွာကြတာပါ။ Atomic theory ဟာ တကယ်တော့ hypothesis ပါ။ ဘာလို့ဆိုရင် တစ်ခြားဖြစ်နိုင်ခြေဖြစ်တဲ့ အဆုံးမဲ့ ထပ်ခွဲ လို့ရတယ်ဆိုတဲ့ အယူအဆကလည်း ဂရိခေတ် မှာတော့ ဒီမိုခရစ်တပ်ရဲ့ အက်တမ်သီဝရီလိုပဲ မမှန်နိုင်သေးတဲ့ hypothesis ဖြစ်လို့ပါ။ ဒါ့ကြောင့် အက်တမ်ဆိုတာ ရှိနိုင်တယ်ဆိုတာနဲ့ ဒါမှန်မသွားပါဘူး။ မှန်ဖို့ရာလက်တွေ့ပြနိုင်မှ Atom ရဲ့ အရည်အချင်းတွေ ပြောပြနိုင်မှသာရပါမယ်။ ဥပမာ electron ဟာ အသေးဆုံး အပိုင်းဖြစ်ပြီး သူ့မှာ spin ရှိပါတယ်။ ဒီမိုခရစ်တက်က အက်တမ်အကြောင်းပြောပေမဲ့ spin ဆိုတာ မပြောပြနိုင်ပါဘူး။ ဒါတွေက ၂၀ ရာစုမှာ ကွမ်တမ်ပေါ်လာမှ အတည်ပြုနိုင်တဲ့အရာတွေပါ။ ဒီတော့မှသာ Atomic theory ဟာ သီဝရီ အဆင့်ရောက်ပါတယ်။ ဒီအခြေအနေမှာ ဒါဟာ scientific evidence ဖြစ်သွားပါပြီ။ belief မဟုတ် တော့ပါဘူး။ ဂရိတွေပေါင်းမြတ်နှုတ်ပေးခဲ့တဲ့ မြေမှာ ရီနေးဆန့်ခေတ်နဲ့အတူ သိပ္ပံကိုစိုက်ပျိုးခဲ့သူတွေ ၁၇ ရာစုမှာ ပေါ်ပေါက်ခဲ့ပါတယ်။ ဒီတုန်းကတော့ ခုခေတ်ရူပဗေဒလို့သိနေတဲ့ ဘာသာကို Natural Philosophy လို့ခေါ်ပါတယ် ဘာလို့ဆို ဒီပညာတွေဟာ သဘာဝအကြောင်းတွေးခေါ် စူးစမ်းတဲ့ ဘာသာ ရပ်တွေမို့ပါ။ Philosophy ဆိုတာ Love of wisdom တဲ့။ အရင်ပို့စ်မှာ knowledge အကြောင်း ဖတ်ခဲ့သူတွေအနေနဲ့ wisdom က ဘာလဲလို့မေးချင်မှာပါ။ knowledge က စိတ်မှာ ထင်တဲ့ အသိဖြစ်ပြီး ဒါကိုအသုံးချပြီး ပြုမူပြီ။ act ပြီဆိုရင် ဒါက wisdom ပါ။ ပလေတိုတို့ခေတ်က philosophy နဲ့ knowledge ကိုလေ့လာတဲ့ epistemology တွေကို ထိုင်တွေးနေတာကနေ လက်တွေ့နယ်ပယ်ရောက်အောင်ပို့ပေးသူ ကတော့ ရနေဒေးကားပါ။ သူဟာ ရူပဗေဒပညာရှင် epistemologist metaphysicist Philosopher တယောက်ပါ။ Metaphysics ဆိုတာက လောကရဲ့တည်ရှိမှုလူသားရဲ့တည်ရှိမှု စကြာဝဠာရဲ့တည်ရှိမှု ဘုရားသခင်ရဲ့တည်ရှိမှုတွေအကြောင်း အဖြေရှာတဲ့ Philosophy ပါပဲ။ တက္ကဗေဒ လို့ပြန်ကြပါတယ်။

ဒေးကားဟာ Cartesian coordinate ကို စတင်ခဲ့တဲ့ သင်္ချာ ပညာရှင်ပါ။ ရူပဗေဒ ရဲ့ အခြေခံဟာ ဒီကိုဩဒိနိတ်ကတဆင့် သင်္ချာဆန်တဲ့ foundation အုတ်မြစ်ကိုရခဲ့တာပါ။ ဒီနည်းက ဂျီဩမေတြီ ပုံရိပ်တွေကို algebra ညီမျှခြင်း အဖြစ်ဖော်ပြလို့ရအောင် ကူညီပေးပါတယ်။ ဒေးကားဟာ ကော့ဂျီတို

အာဂိုဆမ်း Cogito ergo sum လို့ခေါ်တဲ့ စကားကိုပြောခဲ့သူပါ။ အင်္ဂလိပ်လို I think , therefore I am ပါ။ ငါတွေးတယ်၊ ဒါကြောင့်ငါရှိတယ်ပေါ့။ လူ့ရဲ့တည်ရှိမှုကို သူတွေးနေတာနဲ့တင် သက်သေပြလို့ရပြီလို့ ဆိုတာပါ။ သူက လူရဲ့တည်ရှိမှုဟာ တွေးတာတစ်ခုအားဖြင့်သာ မှတ်ယူနိုင်ပြီး တခြား perception အာရုံသိမှုတွေက စိတ်မချရဘူးလို့ ဆိုပါတယ်။ ဒီတော့ လူ့ရဲ့ဘေးကသဘာဝလောကကို သိအောင်စူးစမ်းဖို့ရာ Thinking system ကို သာ အားကိုးပြီးစူးစမ်းနိုင်မယ်လို့ ယူဆခဲ့သူပါ။ ဒေးကားက တွေးခေါ်ပညာဆိုတာ သစ်ပင်တစ်ပင်လိုပါပဲ။ metaphysics ဟာ သစ်မြစ်ဖြစ်ပြီး ပင်စည်က physics ပါ။ တခြားပညာတွေ ဥပမာဆေးပညာ ဓါတုဗေဒလိုဟာတွေက အကိုင်းအခက်တွေလို့ပြောခဲ့ပါတယ်။ အရစ္စတိုတယ်ကစခဲ့တဲ့ geocentric အယူအဆမှာ တိုလေမီခေတ်ထဲက သင်္ချာအားဖြင့် တွက်နိုင်ကြောင်း ပြခဲ့ပါတယ်။ ကော်ပါနီးကပ်က နေကို နေမိသားစု အလယ်မှာထားတော့ ခရစ်ရှန်တွေနဲ့ ပြဿနာရှိလာတာပေါ့။ ဒါပေမဲ့ ကက်ပလာက Observation ရဲ့ဖခင် တိုင်ချိုဗရာဟေးရဲ့ ဒေတာတွေသုံးပြီး ဂြိုဟ်ပါတ်လမ်းဟာ ဘဲဥပုံလို့ ပြခဲ့တော့ အနောက်ကမ္ဘာမှာ သိပ္ပံတော်လှန်ရေးကစခဲ့ပါပြီ။ experiment ရဲ့ဖခင် ဂယ်လီလီယိုက လျှောစောက်ပေါ်မှာ သံလုံးတွေလိမ့်ချပြီး နယူတန်က သူ့ရဲ့ principia Mathematica ကို ပုံနှိပ်လိုက် ချိန်မှာ သိပ္ပံဟာ ကိုယ့်ထက်ကြီးတဲ့ ဆင်ကို ဘယ်လို စမ်းရမလဲဆိုတာ ခိုင်ခိုင်မာမာသိရှိခဲ့ပါပြီ။ ဘာသာတရားတွေ၊ တွေးခေါ်ပညာတွေ၊ သိပ္ပံတွေ အခြားအခြားသောပညာတွေ။ ဒါတွေဟာ မျက်မမြင်ပုဏ္ဏားတွေပါပဲ။ သဘာဝဆိုတဲ့ဆင်ကိုသိဖို့ဆိုရင် စမ်းနည်းသိဖို့လိုသလို ပေါင်းစပ်ပြီး ကြည့်တတ်ဖို့လည်းလိုပါတယ်။ ကျွန်တော်တို့က သဘာဝကို မစမ်းတတ်ခဲ့ရင်တော့ သဘာဝတရားဆိုတဲ့ ဆင်တွေက ကျွန်တော်တို့ကို အထက်က ဟာသလိုပြန်စမ်းသွားပါလိမ့်မယ်။ ဒါဆိုရင်လဲ မဆိုးလှပါဘူး။ အညောင်းတော့ ပြေမှာပါ။

ပိုင်သွန်

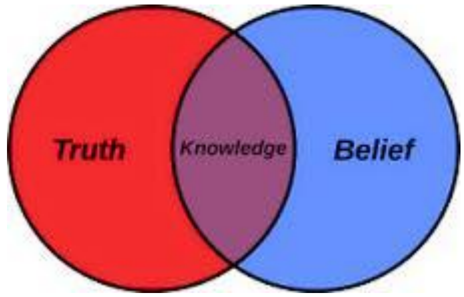
Belief, Prejudice ,scientific evidence andKnowledge

စက်မှုတော်လှန်ရေးကြီးပြီးစ လယ်သမားတယောက်ကို တီထွင်သူက မော်တော်ကားအကြောင်း ရှင်းပြနေတာပေါ့။ ကားဆိုတာလှည်းလိုပဲ ပိုပြီးမြန်တယ်။ အင်ဂျင်တွေကကားရွေ့အောင်လုပ်ပေးတယ်။ သူတို့ကနွားလိုပဲ နွားကိုမြက်ကျွေးရသလို ကားအင်ဂျင်ကိုလဲ ဆီထည့်ပေးရတယ်။ လှည်းမှာ ဘီးပါသလို ကားမှာလဲလေးဘီးနဲ့ပေါ့။ အားလုံးလဲရှင်းပြပြီးရော လယ်သမားကပြန်မေးတယ် ။ ဒါဆိုနွားက ရှေ့အဖုံးထဲ မှာလားတဲ့။ လူတွေဟာ ခလေးဘဝ အူဝဲဆို မွေးလာတာနဲ့ပါလာတာက အဖေနဲ့အမေရဲ့ဗီဇက ပေးလိုက်တဲ့ reflex တချို့ပဲပါပါတယ်။ သူဟာ ဘာnationality (နိုင်ငံသား)မှ မဟုတ်သလို ဘယ်ဘာသာစကား ပြောသူမှလည်း မဟုတ်ပါဘူး။ ဘယ် culture မှလိုက်နာသူ မဟုတ်သလို ဘယ်ဘာသာဝင်မှလည်း မဟုတ်ပါဘူး။ ဒါတွေအားလုံးဟာ မွေးလာချိန် သူ့ပတ်ဝန်းကျင်ကထည့်ပေးတဲ့ identity (အရောင်တွေပေါ့) တွေပါပဲ။ မြန်မာလူမျိုးမိဘက မွေးပေမဲ့လည်း အကြောင်းကြောင်းကြောင့် အင်္ဂလန် ရောက်နေခဲ့ရင် အင်္ဂလန်သား အင်္ဂလိပ်စကားပြောသူ အနောက်ယဉ်ကျေးမှုနဲ့ ခရစ်ယာန် ဖြစ်ရင်ဖြစ်နေမှာပေါ့။ လူဟာအတူတူပါပဲ။ မွေးစမှာ လူဟာ အဖြူထည်ပါ။ ပတ်ဝန်းကျင်ပေါ်မူတည်ပြီး ကျွန်တော်တို့ လေ့လာသင်ယူ learning လုပ်ကြတယ်။ identity တစ်ခုရလာကြတယ်။ ဒီမှာ ငယ်စဉ် ခလေးဘဝ သင်ယူမှုတွေဟာ ကိုယ့်ကာလာကို ဆုံးဖြတ်ရာမှာ လူကြီးဘဝထက် ပိုအရေးပါပါတယ်။ အရင်လုပ်ခဲ့တာက နောက်မှလုပ်တာတွေထက် ပိုအရေးကြီးတယ်ပေါ့။ ဘာကြောင့်ဆိုရင် လူ့ဦးနှောက်က ပုလင်းလွတ်တစ်လုံးလိုပါပဲ။ ပုလင်းလွတ်ထဲကျောက်ခဲထည့်ကြည့်ပါ။ အရင်ထည့်တဲ့ ကျောက်ခဲက နောက်မှထည့်တဲ့ ကျောက်ခဲထက် အောက်ရောက်နေပြီး ပြန်ထုတ်ရခက်ပါတယ်။ ပြန်ထုတ်ချင်ရင် အပေါ်က ကျောက်ခဲ အရင်ထုတ်ပြီးမှ အောက်ကကျောက်ခဲ ပြန်ထုတ်လို့ရပါမယ်။ ဒီအတိုင်းပါပဲ။ ခလေးဘဝကရခဲ့တဲ့ identity တွေဟာ ကြီးမှပြန်ပြောင်းရင်ခက်ခဲပါတယ်။ လုပ်လို့မရတာမဟုတ်ဘူး။ ခက်ခဲတာကိုပြောတာပါ။ ကျွန်တော်တို့ရဲ့ လယ်သမားကြီးအတွက်လည်း အရင်ရောက်နှင့်နေတဲ့ နွားဟာ ပြန်ထုတ်ဖို့ခဲယဉ်းနေခဲ့ပါတယ်။

ဦးနှောက်မှာ ဒီလို အမူအကျင့် ဘာလို့ ရှိရတာလဲ? သင်ယူမှုအကြောင်းကို ပထမဆုံး စတင်လေ့လာသူက အိုင်ဗင်ပက်ဗလော့ပါ။ သူက ခွေးတစ်ကောင်ကို အမဲသားကျွေးတယ်။ ခွေးက အမဲသား စားရတော့မှာသိတော့ သွားရေယိုတာပေါ့။ ပက်ဗလော့ကနောက်တဆင့်တက်ပြီး အမဲသားကျွေးတိုင်းမှာ ခေါင်းလောင်းတီးတယ်။ ခွေးသွားရေကျတယ်။ နောက်တစ်ဆင့်တက်ပြီး ခေါင်းလောင်းအရင်တီးတယ်။ ပြီးမှ အမဲသားကျွေးတယ်။ ခွေးသွားရည်ကျလာတယ်။ နောက်ဆုံးတော့ ခေါင်းလောင်းပဲတီးတယ်။ အမဲသား မကျွေးဘူး။ ဒါပေမဲ့ ခွေးကခေါင်းလောင်းတီးတာနဲ့သွားရေကျလာပါပြီ။ တစ်နည်းအားဖြင့် ခွေးဟာ ခေါင်းလောင်းတီးတာနဲ့ အစားစားရကောင်းမှန် သင်ယူတတ်မြောက်ခဲ့ပါပြီ။ ဒါကို condition reflex လို့ခေါ်ပါတယ်။ သင်ယူမှုlearning ဟာ condition reflex အားဖြင့် မဆိုင်တာ ၂ခု ကို အတူတကွ ပူးတွဲ လေ့ကျင့်ပေးခြင်းဖြင့် တတ်မြောက်ကြောင်း သိလာရပါတယ်။

ခလေးတွေဟာ မွေးစမှာ အသက်ရှင်ရေးအတွက်မိဘကပေးလိုက်တဲ့ reflex တချို့ပဲ ပါလာပါတယ်။ ဒါကို primative reflex ခေါ်ပြီး ခလေးတိုင်းမှာအတူတူပါပဲ။ ဒါပေမဲ့မွေးဖွားပြီးနောက် သူ့ပါတ်ဝန်းကျင် သူ့မိသားစု သူ့ယဉ်ကျေးမှု သူ့ပညာရေးသူ့ဘာသာစကားက condition reflex နဲ့ကျင့်ယူမှုပေါ်မူတည်ပြီး acquired reflex တွေ ရရှိခဲ့ကြပါတယ်။ သူတို့ဟာ မတူညီတဲ့ ကာလာ ၊မတူတဲ့ identity ကိုယ်စီရှိတဲ့လူသားတွေ ဖြစ်လာကြပါတယ်။ ဒီမှာ condition reflex မှာ အတူတွဲပြီးပေးတဲ့ စေ့ဆော်မှု (stimulus) ၂ခု ဟာ ဆက်စပ်စရာမလိုပါဘူး။ ကြိုက်တဲ့ စေ့ဆော်မှုတွေကိုတွဲပေးလို့ ရပါတယ်။ တကယ်လို့ကျွန်တော်တို့သာစိတ်ပါရင် အမဲသားနဲ့လေချွန်သံနဲ့တွဲပေးလဲရပါတယ်။ ဒီ စေ့ဆော်မှု ၂ ခု ကြားမှာ ဆက်စပ်မှု ၊ကြောင်းကျိုးကျမှု ၊ မှန်မှု ၊မှားမှု တစုံတရာမရှိပါဘူး။ ဒါပေမဲ့ကာလကြာလို့ ဒါက habit အလေ့အထ ဖြစ်သွားပြီ ဆိုရင်တော့ ဒါဟာ ပြန်ခွဲရတာ ခက်ခဲတဲ့အရာတစ်ခု behavior အပြုအမူတစ်ခု belief ယုံကြည်မှု တစ်စုံတရာ ၊ အများစု group အနေနဲ့ဆိုရင် prejudice အစွဲ တစ်ခု ဖြစ်လာပါတယ်။ ဒါဟာစေ့ဆော်မှု ၂ ခုရဲ့ မှန်ခြင်း၊ မှားခြင်း၊ ကြောင်းကျိုးကျခြင်းနဲ့မဆိုင်ပါဘူး။ ဒါကြောင့်ယုံကြည်မှုတိုင်းဟာ prejudice တိုင်းဟာ အမှန်တရားမဟုတ်ပါဘူး။ ဒီမှာ ပက်ဗလော့ ရဲ့ condition reflex ပေါ် မူတည်ပြီးတည်ဆောက်ထားတဲ့ စိတ်ပညာကို Behaviorism လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒီဝါဒရဲ့ရှေ့ဆောင်ပညာရှင်ကဆိုရင် သူ့ကို မွေးကင်းစ ခလေးတစ်ယောက်ကို ပေးပါ။ ပြီးတော့ ဆရာဝန်ဖြစ်ချင်သလား။ သမ္မတ ဖြစ်ချင်သလား။ သိပ္ပံပညာရှင်ဖြစ်ချင်သလား ပြောပါ။ ဖြစ်စေရမယ်လို့ ရဲရဲရင့်ရင့် ပြောခဲ့ပါတယ်။ ဒါဟာ ကျွန်တော်တို့ဘဝမှာ သင်ယူမှုနဲ့ မဆီမဆိုင်တာတွေက တွဲပြီး လေ့ကျင့်မှုဟာ ဘယ်လောက်အရေးပါနေသလဲဆိုတာကို ပြနေတာပါ။ ကျွန်နော်တို့ အပြုအမူတိုင်းဟာ ကြောင်းကျိုးကျ ဖြစ်နေတာမဟုတ်ပါဘူး။ ကျွန်တော်တို့အတွေးအမြင်တိုင်းဟာလဲ မှန်ကန်နေတာ မဟုတ်ပါဘူး။ မှန်နေတယ်လို့ထင်ရတာသာလျင် ဖြစ်ပါတယ်။ ဆန်းတော့ လည်းမဆန်းပါဘူး။ လူတိုင်းသာ မှန်နေရင် ဒီလောကမှာ conflict ပဋိပက္ခတွေရှိလာစရာ အကြောင်းလည်း မရှိတော့ပါဘူး။ ဒီတော့ ကျွန်တော်တို့မှာ condition reflex ကdrive လုပ်လိုက်တဲ့ belief တွေ အကြောင်းပြောရရင် အောက်မှာ Ven's diagram ကိုပြထားပါတယ် ဒီမှာ စက်ဝိုင်း ၂ခုပါပါတယ်။ တစ်ခုက လောကမှာရှိသမျှသော အမှန်တရား Truth တွေကို ကိုယ်စားပြုပါတယ်။ အမှန်တရားလို့ ဘယ်လို သိနိုင်မလဲဆိုတော့ ဒါတွေကို scientific facts သို့မဟုတ် scientific evidence အားဖြင့် သိပါမယ်။ အပြာရောင်စက်ဝိုင်းကတော့ ယှဉ်တွဲစေ့ဆော်မှုတွေ(Condition reflex ကို ကွကို ဘာသာပြန်လိုက်တာပါ မကြိုက်ရင် နှစ်သက်သလို ခေါ်နိုင်ပါတယ်)ကြောင့်ဖြစ်လာတဲ့ ယုံကြည်မှု belief တွေပါ။ Beliefဆိုတာ လက်တွေ့ခိုင်ခိုင်မာမာ မရှိပဲနဲ့လူတဦးတယောက်က မှန်တယ်လို့လက်ခံထားတာမျိုးပါ။ လူနှစ်ဦး ဆုံရင် belief က ၂ မျိုး ဖြစ်နေမှာပါ။ ဘာလို့ဆိုတော့ သူတို့ ၂ ဦး ဖြတ်သန်းရတဲ့ ယေ်ဘဝမတူပါဘူး။ ဒီတော့ယှဉ်တွဲစေ့ဆော်မှုမတူဘူး။ သင်ယူတတ်မြောက်လာတာခြင်းမတူဘူး။ belief လဲမတူနိုင်ဘူး။ ဒီ ၂ ယောက် အကြောင်းအရာတခုကို ပြောကြရင် အမြင် ၂မျိုးနဲ့ ပြောကြတော့မယ်။ conflict တွေကစလာမှာပါပဲ။ ဒါကြောင့်လူတွေဟာ ငြင်းခုံနေကြတာပါ Facebook မှာ comment တွေကို ကြည့်လိုက်ပါ။ တစ်ဖက်ကဘာပြောနေလဲ နားလည်အောင်ကြိုးစားဖို့ထက် ငါမှန်တယ် ငါ့ belief

မှန်တယ်လို့ သက်သေပြဖို့ကြိုးစားတာက အရင်ပါ။ နောက်ဆုံးတော့ ဆဲဆိုနေတာနဲ့နိဂုံးချုပ်သွားကြပါတယ်။



ဗန်ရဲ့ပုံ အကြောင်းပြန်ဆက်ရရင် အနီရောင်စက်ဝိုင်းဟာ အမှန်တရားအားလုံး အပြာရောင်စက်ဝိုင်းဟာ သင့်ရဲ့ belief အားလုံးကို ကိုယ်စားပြုပါတယ်။ ဒီစက်ဝိုင်း ၂ခုရဲ့ထပ်ရာ intersection ဟာ မရမ်းရောင်ရှိပြီး ဒါကို knowledge အသိပညာဇဟုသုတ လို့ခေါ်ပါတယ်။ အတိုကောက် ပညာလို့ပြောကြပါစို့။ ပညာဟာ သင် ကိုယ်တိုင်ကလဲယုံကြည်ရမယ်၊ တကယ်လဲမှန်ရမယ့် အရာပါ။ ဒီတော့Belief တိုင်းဟာ မှားနေတာမဟုတ်ပါဘူး။ သင်ရဲ့Belief တွေ မှန်လာလေ သင်ဟာ ပညာရင့်သန်လာလေပါ။ ဒီပုံက အမှန်တော့ ပုံသေ ရပ်နေတဲ့ ပုံမဟုတ်ပါဘူး။ ပုံရဲ့ အစွန်းတဖက်မှာ လုံးဝ မထပ်တဲ့ စက်ဝိုင်း ၂ခု ရှိပါတယ်။ ယုံကြည်သမျှ အားလုံး မှားနေတာပေါ့။ ဒါကတော့ လူမိုက်လို့ခေါ်မလားရူးသွပ် နေတယ်ခေါ်မလား တခုခုပေါ့။ သင့်ရဲ့လေ့လာမှု က အမှန်ဘက်ရောက်လာလေစက်ဝိုင်း ၂ ခုကထပ်လာလေ သင်ဟာ ပညာရင့်လာလေပေါ့။ အဆုံးစွန်းတဖက်မှာတော့ စက်ဝိုင်း ၂ခု လုံးဝထပ်သူပါ။ အရာရာကို အမှန်တိုင်း သိမြင်သူပါ။ ဒီတော့ အများစု ရဲ့ ဗန် ပုံ ကတော့ အောက်ကအတိုင်း တချို့တဝက်ထပ်နေမှာပါ။ ပညာ (knowledge) ကိုလေ့လာတဲ့ ပညာကို Epistemology လို့ခေါ်ပါတယ်။ ပလေတိုက Knowledge ဆိုတာ justified true belief လို့ပြောခဲ့ပါတယ်။ ပညာ ဖြစ်ဖို့ ၃ ချက်လိုပါတယ်။ ဥပမာ မောင်မြ ဟာ အကြောင်းအရာ အဆို X ဆိုတာကို အသိပညာ ရှိခဲ့ပြီဆိုပါစို့။

၁။ မောင်မြဟာ X ကို ယုံကြည်ရမယ်

၂။ X ကမှန်ရမယ်(မှန်ကြောင်း objectively ဓမ္မဓိဋ္ဌာန်ကျ ဖို့က scientific evidence က အဓိကပါ)

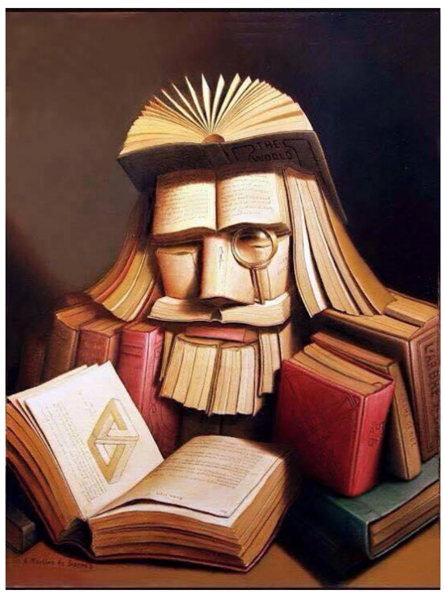
၃။ မောင်မြ ဟာ X ကို မှန်ကြောင်းသိရာမှာ ခိုင်လုံ တဲ့ကျိုး ကြောင်းကျ ဆင်ခြင်တွေးခေါ်မှု ရှိရမယ်

ဒီ ၃ခု စုံမှ knowledge ပါ တစ် မရှိခဲ့ရင် သင်မယုံကြည်တာမှန်နေမှာလေ။ နှစ်မရှိခဲ့ရင် သင်ယုံကြည်ပေမဲ့ မှားနေတာပါ။ အဲ့ဒါ မှားတဲ့ belief ပဲ။ သုံး မရှိခဲ့ရင် သင်ယုံတာမှန်ပေမဲ့ တိုက်ဆိုင်မှုသက်သက်ပါ။ reasoning မပါဘူး။ ကံကောင်းလို့မှန်တာ။ guess ခန့်မှန်းခြင်းသက်သက်ပါ။ ဒါပေမဲ့တချို့ကတော့ သူများတွေထက်ပိုပြီး guessလုပ်ရင် မှန်တတ်ပါတယ်။ ဒီလို လူမျိုးကို Intuition ထိုးထွင်းသိသူလို့ ပြောပါတယ်။ သင်္ချာအရ set theory အရ ပြောရရင် Ven's Diagram မှာ သင်ယုံကြည်တဲ့ အဆို X ဟာမရမ်းရောင် အပိုင်းမှာ ရှိတဲ့ point တစ်ခု ဖြစ်ရပါမယ်။ အဲဒီ point တွေ

များလေလေ သင်ဟာပညာရှိလေပါပဲ။ သင့်ယုံကြည်မှုဟာ မှန်လေပါပဲ။ ဒီတော့ သင့် belief တွေဟာ knowledge ထဲရောက်ဖို့ သင် ဘယ်လိုလုပ်မလဲ? လူတွေဟာ ယုဉ်တွဲ စေ့ဆော်မှုကြောင့် မှန်တာကော မှားတာကော ယုံကြည်နေကြတာပါ။ ငါထင်တာမှန်တယ်ဆိုပြီး စိတ်ကို ဖွင့်မထားဘဲ (open minded) မရှိရင် ကျွန်တော်တို့ရဲ့ ရိုးသားတဲ့လယ်သမားကြီးလို နွားဘယ်မှာလဲနဲ့ဘဲ ပြီးနေပါလိမ့်မယ်။

ဒါကိုဖယ်ဖို့ရာ အပြာရောင်စက်ဝိုင်းထဲကအမှတ်တွေ မရမ်းရောင်အပိုင်းကိုရွှေ့ပါ။ ရွှေ့ရာမှာ အရေးပါတာကတော့ scientific evidence ဝါ scientific facts တွေပါ။ ဘာလို့ ဒါတွေကိုလိုတာလဲ ဆိုတော့အမှန်တရား Truth တခုဟာ တကယ်မှန်ဖို့ဆိုရင် ကိုယ်တယောက်ထဲ မှန်တယ် ထင်နေလို့မရပါ။ ဒါကို subjectivity ခေါ်ပါတယ်။ truth ဟာ Objectivity ဓမ္မဓိဋ္ဌာန် ကျမှုရှိရပါမယ်။ ဘယ်သူလာတိုင်းတိုင်း ဘယ်နေရာမှာတိုင်းတိုင်း ဘယ်အချိန်မှာတိုင်းတိုင်း တထပ်တည်းကျရမယ်၊မှန်ရပါမယ်။ ဒီလိုစမ်းသပ်တာကို experiment ဝါ observation ဝါ test လို့ခေါ်ပြီး ဒါက မှန်တယ်လို့ support လုပ်ရင် ဒီ အချက်ကို scientific facts လို့ခေါ်ပါတယ်။ scientific evidence တွေက ထောက်ခံတဲ့ Knowledge ကို scientific knowledge လို့ခေါ်ပြီး ဒါကိုရရှိဖို့ scientific method ကို ဖြတ်ရပါတယ်။ ဒီနည်းက အဓိပ္ပါယ်ရှိတဲ့ မေးခွန်းမေး၊ ဖြစ်နိုင်ဖွယ်ရာအဖြေတွေဖြေပါ။ ဒီအဖြေကတခုမက ရှိနိုင်ပါတယ်။ ဒါတွေကို hypothesis လို့ခေါ်ပါတယ်။ သင်္ချာနဲ့ဒွိဟမပွားရအောင် ရေးပါတယ်။ ပြီးရင် ရှိသမျှ Hypothesis ကို observation , experiment,Test တွေနဲ့စမ်းပါတယ်။ မှားခဲ့ရင် hypothesis ဘဝမှာတင်ကိစ္စပြတ်သွားပါတယ်။ မှန်ခဲ့ရင်တော့Theory အနေနဲ့လက်ခံလိုက်တယ်။ ဒါပေမဲ့ ဒါကအမြဲတမ်းမှန်တာဟုတ်ချင်မှဟုတ်မယ်။ အနာဂါတ်မှာ မှားနိုင်သေးလို့ပိုကောင်း ပိုတိကျတဲ့Test တွေနဲ့အနာဂတ်မှာ ဆက်စမ်းရပါမယ်။ ဒီနည်းနဲ့ ထောက်ခံထားတဲ့ scientific facts ဟာ သာမန် belief နဲ့မတူပါဘူး။ ယုံကြည်ရတယ်ကိုးစားရပါတယ်။ ကျွန်တော်တို့နိုင်ငံမှာ research သုတေသနမလုပ်နိုင်ပါဘူး။ ဒါပေမဲ့ ကံကောင်းတာတစ်ခုကသင်ဟာ သုတေသနမလုပ်နိုင်ပေမဲ့လည်း သုတေသနလုပ်ပြီးသား Truth ပေါင်းများစွာကို ၂၁ရာစု မှာ အများကြီး သိနိုင်တာပါပဲ။ လိုအပ်တာက အင်တာနက်ကို ဖွင့်လိုက်ဖို့၊ ဦးနှောက်ကို ဖွင့်ထားဖို့၊ စိတ်ကိုစွင့်ထားဖို့၊ ပုလင်းထဲကကျောက်ခဲတွေထုတ်ထားဖို့ပါ။ နှစ်ပေါင်း ၂၅၀၀အတွင်းမှာ လူ့သမိုင်းရဲ့တိုးတက်မှု ဟာ သိပ္ပံရဲ့ တိုးတက်မှုနဲ့တိုက်ရိုက်အချိုးကျတယ်ဆိုတာကို စာမဖတ်ရင်တော့၊ မတွေးရင်တော့၊ ဖွင့်မထားရင်တော့၊ ကျောက်ခဲတွေကိုဆုပ်ကိုင်ထားရင်တော့ မသိနိုင်ပါဘူး။ ပညာကိုစုဆောင်းရာမှာ အထက်ကပြောတဲ့ သိပ္ပံနည်းကျ အထောက်အထားရှိတဲ့ အချက်အလက်များကိုရယူရမှာ သုံးတဲ့နည်းတွေကတော့ perception , communication,reasoning ၃မျိုး လိုပါတယ်။ သင်က သူတို့ရေးထားတဲ့ စာကို ဖတ်ရာမှာလည်း ဒီ ၃မျိုးမှန်ဖို့လိုပါသေးတယ်။ perception အာရုံသိမှု အကြောင်းတော့ ရှေ့ပို့စ်မှာ ရေးခဲ့ပါပြီ။ communicationဆိုတဲ့ ဆက်သွယ်မှုမှာတော့ အင်္ဂလိပ်စာဟာအရေးပါပါတယ်။ စာဖတ်တတ်ဖို့လည်းလိုပါတယ်။ ဘာသာစကားမှာပါတဲ့ စကားလုံး symbol တွေဟာ တခါတခါ တဦးနဲ့ တဦးကြားမှာ နားလည်မှုမတူပါဘူး။ ဒါကလည်း ငြင်းခုံမှုရဲ့အစဖြစ်တတ်ပါတယ်။ နောက်တခုက reasoning ခေါ်တဲ့ ကျိုးကြောင်းကျတွေးခေါ်မှုပါ။ ဒါမရှိရင်လည်း စာဘယ်လောက်ဖတ်ဖတ်မထူးပါ။ ဒီလိုလူမျိုးဟာ

ဘယ်လောက်ရှင်းရှင်း ရှင်းတဲ့သူသာ အမြှုပ်ထမယ်၊ ထူးမလာပါဘူး။ ကဲကွာ ပညာမရှိတော့ ဘာဖြစ်လဲ၊ ငါယုံတာငါ လုပ်မယ်၊ ဘာဖြစ်လဲကွာ။ ဘာဖြစ်ရမလဲ အကုန်ပျက်တာပေါ့။ သူလဲပျက်မယ် သူ့ပတ်ဝန်းကျင်လည်းပျက်မယ်။ ကုန်ကုန်ပြောရင် တိုင်းပြည်ပါ ပျက်ပါတယ်။ လူ့ဘဝမှာ လူကို ဘယ်လို လှမ်းလျှောက်ရမယ်ညွှန်ပြတာပညာပါ။ ဗုဒ္ဓကလည်း ပညာမရှိရင်နိဗ္ဗာန်မရောက်နိုင်ဘူးလို့ ဟောခဲ့တာပါပဲ။ ဖရန့်စစ်ဘေကွန်ကတော့ knowledge is Power လို့ပြောခဲ့ပါတယ်။ အဲဒါမှန်ကြောင်းကမ္ဘာ့အင်အားကြီး USA ကပြနေပါတယ်။ Belief တိုင်းဟာ ဆန်းစစ်သင့်ပါတယ်။ ဘာလို့ဆိုမမှန်ခဲ့ရင် ဒါကိုလိုက်လုပ်တဲ့အခါ ပေးဆပ်မှုကြီးနိုင်ပါတယ်။ ဆန်းစစ်လို့မှန်ခဲ့ရင် ဆုပ်ကိုင်ထားလိုက်ပေါ့ဗျာ။ မမှန်တဲ့ belief တွေဟာ တစ်ဦးတစ်ယောက်ကနေ တစုတဖွဲ့လုံးဆီ ကူးစက်လွယ်ပြီး၊ ဒါကိုPrejudice လို့ခေါ်ပါတယ်။ Prejudice ဆိုတာ ထိုက်သင့်တဲ့ အထောက်အထားမရခင်မှာတင် ကြိုတင်ဆုံးဖြတ်ပြီး သတ်မှတ်လိုက်တဲ့ အစွဲမျိုးပါပဲ။ လူတွေဟာ အုပ်စုဖွဲ့တိုင်းမှာ တစ်ယောက်အကြောင်းတစ်ယောက် မသိရခင်မှာဘဲ တစ်ဘက် အုပ်စု outgroup ထဲကလူကို ဆုံးဖြတ်ပြီး ချစ်ခြင်း၊ မုန်းခြင်း၊ ကြိုက်ခြင်း၊ မကြိုက်ခြင်းကို လုပ်လေ့ရှိပါတယ်။



ရုပ်ရှင်မင်းသားဆိုရင် စိတ်ရင်းကောင်းမှာပဲ ထက်မြက်မှာပဲထင်တာမျိုး နီဂရိုးဆိုရင် ဉာဏ်ရည်နိမ့်မှာဘဲ ထင်တာမျိုး ဟိုဘာသာဆိုရင်အကြမ်းဖက်မှာပဲ မိန်းမဆိုရင် အားနဲမှာပဲ၊ အခြောက်ဆိုရင် ယုတ်ညံ့တယ်၊ ငါတို့လူမျိုးက တော်တယ်၊ တို့ဘာသာတခုပဲမှန်တယ်၊ ဂျူးက ကပ်စေးနဲတယ် ၊ ပိုက်ဆံရှိတဲ့ အပေါ်ယံလွှာ upper class က အဆင့်အတန်းရှိတယ်၊ အောက်တန်းလွှာတွေက စိတ်မချရဘူး စသဖြင့် စသဖြင့်တွေဟာ prejudice တွေပါ။

မြန်မာလိုတော့ အစွဲပဲခေါ်မလားမသိပါ။ ဒေသစွဲ၊ ဘာသာစွဲ၊ အဆင့်တန်းစွဲ၊ လိင်စွဲ၊ လူမျိုးစွဲ အများကြီးပါ။ ဒါတွေက ခွဲခြားဆက်ဆံမှု discrimination ကို အားပေးပြီး ကမ္ဘာ့သမိုင်းမှာ ဂျူး ၆ သန်း

အသတ်ခံခဲ့ရဘူးတယ်။ ဆားဘီးယားမှာ မွတ်စလင်တစ်သန်းသေခဲ့တယ်။ မိတ္ထီလာမှာ မီး အကြီးအကျယ် လောင်ခဲ့တယ်။ သိပ္ပံဆိုတိုင်း ရူပဗေဒဘဲပြေးမမြင်ပါနဲ့။ social science ဟာလည်း သိပ္ပံပါပဲ။ သိပ္ပံဆိုတာ လူတွေရဲ့ ပတ်ဝန်းကျင်က အဖြစ်အပျက်တိုင်းကို အထက်ကပြောခဲ့တဲ့ သိပ္ပံနည်းကျ ဖြေရှင်းတာမှန်သမျှ သိပ္ပံထဲမှာ အကျုံးဝင်ပါတယ်။ လူတိုင်းဟာ ဘောလုံးမကန်တတ်ပါဘူး။ ဒါပေမဲ့ ဘောပွဲတော့ကြည့်လို့ ရပါတယ်။ ထင်မြင်ချက်ပြောခွင့်ရှိပါတယ်။ လူတိုင်းသိပ္ပံ ပညာရှင်ဖြစ်စရာမလိုပါဘူး။ ဒါပေမဲ့ သိပ္ပံခေတ်မှာ အမှားအမှန်ဆုံးဖြတ်နိုင်အောင် သိပ္ပံ အကြောင်း belief တွေအကြောင်း သိသင့်ပါတယ် ရစ်ချက်ဖိုင်မင်းဟာ အမေရိကန်မှာ ပြည်သူလူထု ဟာသိပ္ပံကိုသိမှ သိပ္ပံဆိုင်ရာဆုံးဖြတ်ချက်တွေမှာ အမှား အမှန်ခွဲခြားပြီး မဲစနစ်နဲ့ပါဝင်ဆုံးဖြတ်နိုင်မယ်လို့ယူဆပြီး(ဥပမာ နျူကလီယား ထိပ်ဖူးတပ်ဒုံးတွေနဲ့ ပတ်သက်ပြီး ဆုံးဖြတ်ဖို့ နျူကလီးယားသိပ္ပံကိုသိသင့်တာပေါ့) သိပ္ပံကို လူထုဆီ အရောက်ပို့ခဲ့တဲ့သူပါ။ တစ်ခါတစ်လေ စာတစ်ပုဒ် ဖတ်တဲ့အခါမှာ မျက်တောင်တစ်ဖျား မဟုတ်ဘဲ မျက်စိတစ်ဆုံး သိနိုင်ကြပါစေ လို့ဆန္ဒပြုရင်း ပညာရဲ့ သင်္ချာကိုမိတ်ဆက်လိုက်ရပါတယ်ဗျာ။

ပိုင်သွန်

Strange attractor

ရူပဗေဒပညာရှင်တွေဟာ လှုပ်ရှားမှုတွေ၊ ဒိုင်းနမစ်တွေကို မှတ်တမ်းတင်လေ့ရှိပါတယ်။ ဒါကို ဖေ့စ်စပေ့စ် phase space လို့ခေါ်ပါတယ်။ နယူတန်က Laws of motion လို့ခေါ်တဲ့ အရာဝတ္ထုတွေ သဘာဝအလျောက် ရွေ့လျားမှုဆိုင်ရာ ဥပဒေသကို တွေ့ရှိခဲ့ပြီးနောက် ဒီလောကိုသုံးပြီး လေ့လာချင်တဲ့ စနစ်တခုလုံးရဲ့ ပုံရိပ်ကို ဖေ့စ်စပေ့စ် ပေါ်တင်ပါတယ်။ ဥပမာ ပန်ဂျူလန် ရဲ့ ဖေ့စပေ့စ်ဟာ ဘဲဥပုံ ပါ ဖေ့စပေ့စ်ရဲ့ မျက်နှာပြင်မှာ pendulum သွားလို့ရနိုင်တဲ့ အမှတ်ပေါင်း (ကြိုးသာမပါရင်) များစွာ ရှိပေမဲ့ သူဟာ ဒီဘဲဥပုံ မျဉ်းကွေးပေါ်က အမှတ်တွေပေါ်က မခွာပါဘူး။ ဒီမျဉ်းကွေးကို အော့ဘစ် လို့ခေါ်ပါတယ်။ orbit ဆိုတာ ပါတ်လမ်းပေါ့။ နယူတန်ရဲ့ညီမျှခြင်းတွေဟာ လီနီယာပါ။ လီနီယာကိုနားမလည်ရင် ရှေ့က ခေးအော့စ် ကိုပြန်ဖတ်ပါ။ လီနီယာ ဆိုတာက ညီမျှခြင်းထဲ ထည့်တဲ့ input အသွင်း နဲ့output အထွက်တို့ အချိုးအစားညီတာကို ပြောလိုရင်းပါ။ နောက်ပိုင်းမှာ နန်းလီနီယာ ညီမျှခြင်းတွေတွေ့လာပြီး သူတို့ကို ဖေ့စပေ့စ် ပေါ်တင်တော့ ပုံရိပ်တွေက ပုံမှန်ဒီလမ်းကြောင်းပေါ်ပြန်ထပ်တဲ့ periodic orbitတွေ မဟုတ်တော့ပါဘူး။ မှန်းမရတဲ့လမ်းကြောင်းတွေနဲ့ ရှုပ်ရှက်ခက်နေတယ်။ ဒါပေမဲ့ ကံကောင်းတာ တစ်ခုက ဒီပုံရိပ်တွေဟာ ပြန့်ချင်သလိုပြန့်နေတာ မဟုတ်ပဲ ပုံသဏ္ဍာန်တစ်ခုရဲ့ အနီးအနားမှာ သိပ်သည်းစွာ ထင်ဟပ်နေတာပါ။ ဒါက ခေးအော့စ်ရဲ့လက္ခဏာပါမှန်းမသိရဘူး။ စဦး အခြေအနေပေါ်တည်တယ်။ dense orbit ရှိတယ်၊ ရောနှောမှုရှိတယ် ဒီလိုသိပ်သည်းတဲ့ အမှတ်တစ်ခု သို့ အမှတ်အများနားကို ဆွဲဆောင်နေလို့ နန်းလီနီယာရဲ့ အော့ဘစ်တွေကို အထရက်တာ attractor လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ပထမဆုံး အထရက်တာ ကို တွေ့ခဲ့သူက ဆိုခဲ့တဲ့အတိုင်းလောရင့်ပါ။ သူက ကမ္ဘာ့လေထုရဲ့ သင်္ချာမော်ဒယ်ကို လေ့လာလိုတယ်။ သူ့မှာ ဒါကိုတွက်ပေးမယ့် ကွန်ပြူတာလည်းရှိနေပြီ။ သူတွက်ခဲ့တာက convection current လို့ခေါ်တဲ့ လေစီးကြောင်းပါ။ ရေနွေးအိုးကို အောက်ကနေ မီးအပူပေးရင် အောက်ကရေဟာ ပူလို့ အပေါ်တက်ပါတယ်။ အပေါ်က အောက်ပြန်ဆင်း ဒီလိုလည်နေတာကိုး။ လေထုရဲ့အရှင်းဆုံးပုံစံကလည်း အဲလိုပါပဲ။ ဒါကိုသူက နေဗီယာ စတုတ်ညီမျှခြင်းသုံးပြီး အဆင့်ဆင်တွက်ကာ နောက်ဆုံး နန်းလီနီယာ ညီမျှခြင်း ၃ ကြောင်း ရပါတယ်။ နေဗီယာ-စတုတ်အကြောင်းရှေ့မှာရေးဘူးပါတယ်။ စိတ်ဝင်စားပြန်ရှာကြည့်ပါ။ ဒီသုံးကြောင်းကတော့

dx/dt = P (y-x)

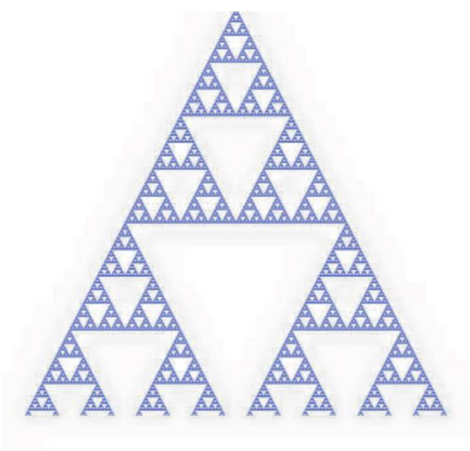
dy/dt = Rx-y- xz

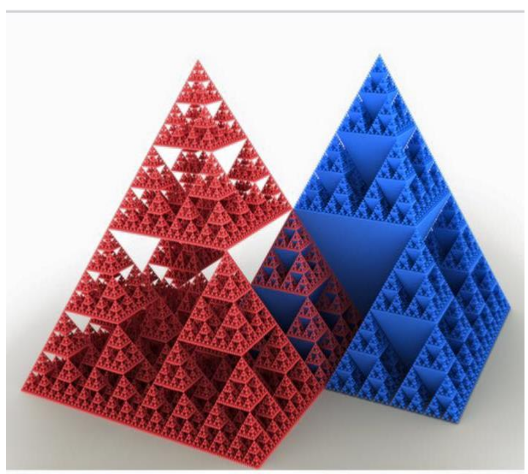
dx/dt = dy-By

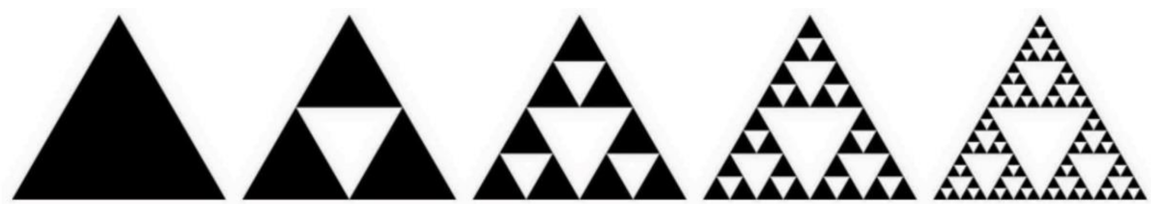
ဒီမှာ P ,R နဲ့ B က နန်းလီနီယာ ဖြစ်တဲ့ ကိန်းတန်းတွေပါ။ P က ငွေ့ရည်ရဲ့ စေးပြစ်မှုနဲ့ အပူလျှောက်ကူးမှုရဲ့ အချိုးပါ။ R က လေထု အောက်ခြေနဲ့ အပေါ်ကြားက အပူချိန်ခြားနားချက်ပါ။ B က လေထု အကျယ်နဲ့ အမြင့်ရဲ့ အချိုးပေါ့။ လောရင့် သုံးခဲ့တာက P= 10, R= 28 နဲ့ B= 8/3 ပါ။ ဒါကို ဖေ့စပေ့စ် ပေါ်တင်တော့ဒိုင်မင်းရှင်း ၃ ခုရှိတဲ့ အောက်ကပုံကို ရပါတယ်သူ့ကို strange attractor ထူးဆန်းတဲ့

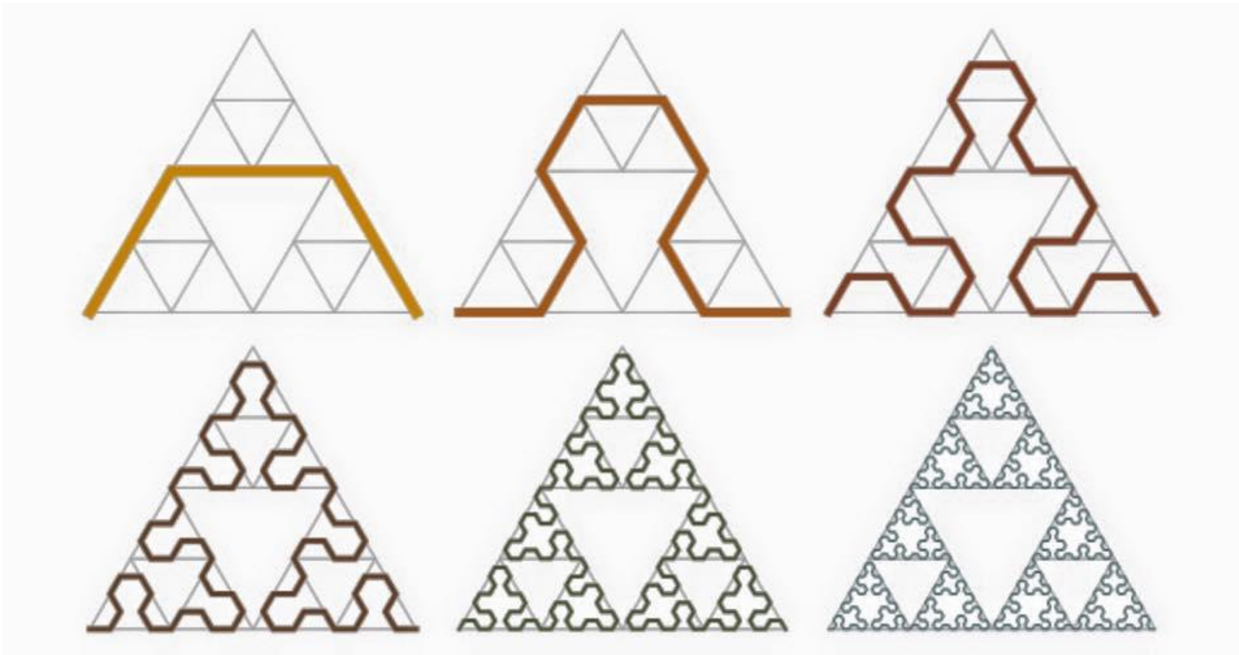
အထရက်တာ သို့မဟုတ် လောရင့် အထရက်တာလို့ ခေါ်ပါတယ်။ လောရင့် အထရက်တာ ဟာလေထုရဲ့ ခန့်မှန်းမရမှု (လေးရက်ကျော်ရင် မှန်းမရတာပါ။ ရက်ပိုင်းအတွင်းမှာတော့ မှန်းလို့ရပါတယ်) ကို ဖော်ပြနေပါတယ်။ တပြိုင်နက်တည်းမှာပဲ လေထုဟာ ဒီစနစ် ဟာ ဘယ် အကန့်အသက်တွင်းမှာပဲ ရှိနေမယ်ဆိုတာကို ဖော်ပြနေတာပါ။ ဥပမာ ကမ္ဘာ့လေထုအပူချိန်ဟာ ဘယ်တော့ မှ ၁၀၀ ဒီဂရီ ဆဲစီရပ်ထိ မပူပါဘူး။ ဒါက ဖေ့စပေ့ပေါ်မှာသူ မရောက်နိုင်တဲ့ ပွိုင့်ပါ။ လောရင့် အထရက်တာဟာ လေထုရဲ့ သမိုင်းကိုကွက်တိ ဖော်ပြထားတာပါ။ ဒီပုံရိပ်က ၃ ဘက်တိုင်းဖြစ်ပြီး ဒါကို ၂ဘက်တိုင်း မျက်နှာပြင်ပေါ် project ထိုးလိုက်ရင် လိပ်ပြာ သဏ္ဍာန်နဲ့တူတဲ့ အထရက်တာကို ရပါတယ်။ ထူးဆန်းတဲ့ အထရက်တာဟာ သူ့အပေါ်မှာ ရှိတဲ့အနီးစပ်ဆုံးပွိုင့် ၂ခု ဟာ ကြာလေကွာလေဖြစ်ပြီး ဘယ်အချိန်မှာ ဘယ်လောက်ကွာမယ်ကိုမှန်းမရတာပါဘဲ။ ဒါကြောင့်စနစ်က deterministic ဖြစ်ပေမဲ့ predict လုပ်ဖို့ ကာလတစ်ခုလွန်ရင်မလွယ်တာပါ။ ဒါပေမဲ့ သူတို့မှာ ပုံသဏ္ဍာန်တစ်ခုတော့ရှိတယ်။ ဆိုလိုတာက သူတို့ကို quantitatively အရေအတွက်အတိအကျအားဖြင့် ဟောကိန်းမထုတ်နိုင်ပေမဲ့ qualitatively အရည်အသွေးပိုင်းအားဖြင့် အကြမ်းဖျဉ်း ခန့်မှန်းနိုင်ပါတယ်။

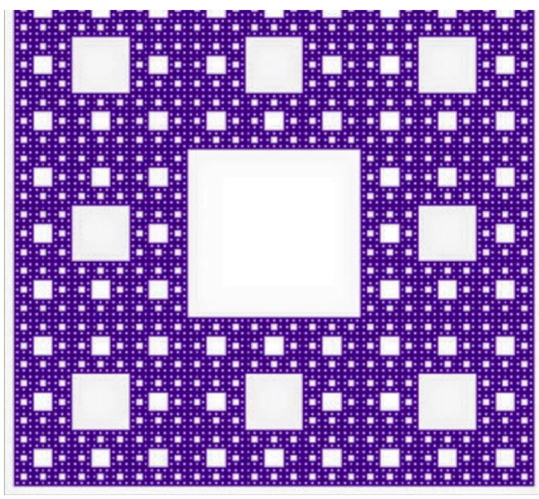
ဆက်ပါမည်

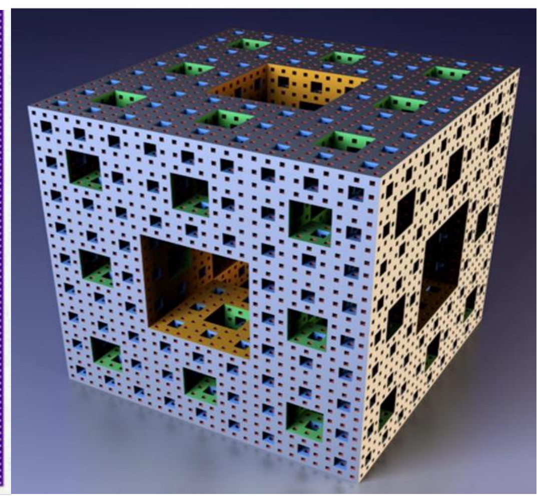


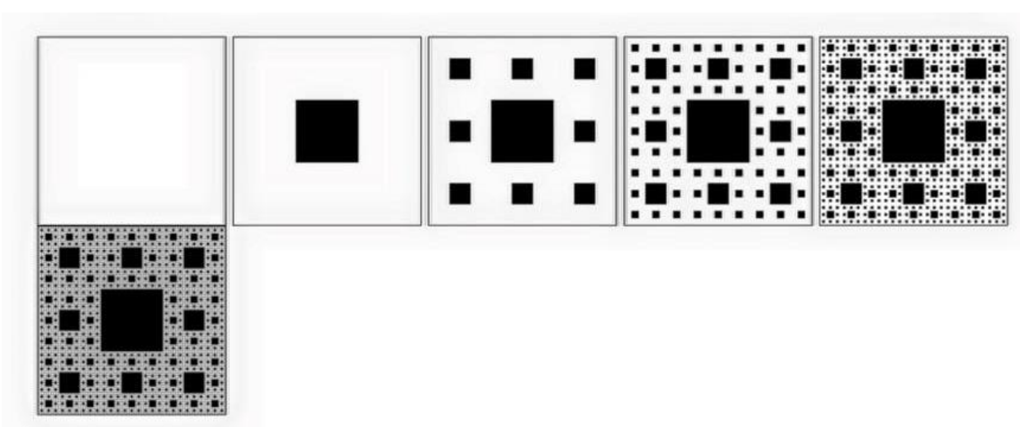






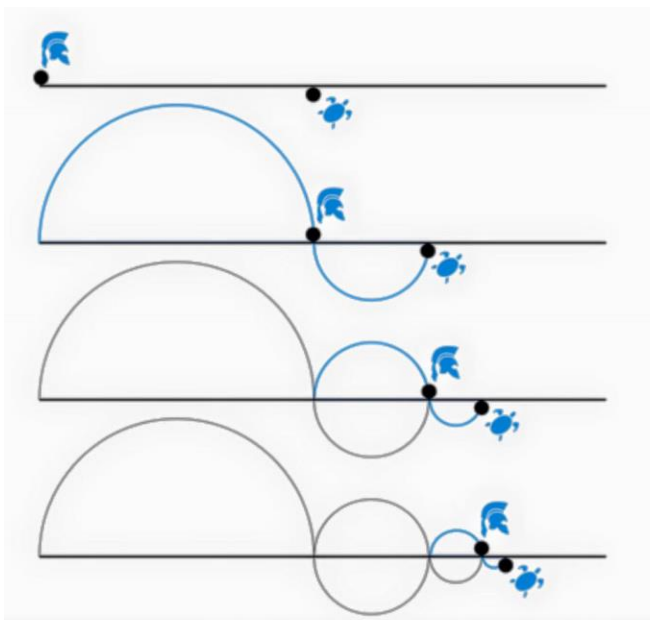






Taylor series

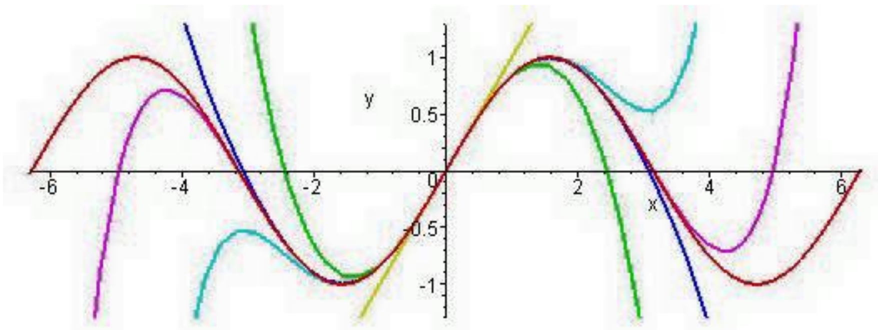
ဂရိခေတ်မှာ အီလီယက ဇီနိုဆိုတဲ့ တွေးခေါ်ပညာရှင်ကြီးရှိပါတယ်။ သူ့ရဲ့ နာမည်နဲ့ zeno's paradoxဇီနို ဝိရောဓိ တွေဟာထင်ရှားပါတယ်။ ဝိရောဓိဆိုတာကတော သိပ္ပံပညာမှာတော့ အတော်လိုအပ်တဲ့အရာပါ။ သူတို့က သဘာဝအပေါ်မှာ လူတွေရဲ့ ပြည့်ပြည့်စုံစုံနားမလည်မှုတွေကို မီးမောင်းထိုးပြလေ့ရှိပါတယ်။ ဝိရောဓိတွေကိုဖြေရှင်းရင်း သိပ္ပံဟာ တစ်ဆင့်တက်လေ့ရှိပါတယ်။ သဘာဝကိုနားလည်မှုတစ်ဆင့်တက်ချိန်မှာ ဝိရောဓိကပျောက်ကွယ်သွားပါတယ်။ ဇိနိုရဲ့ ဝိရောဓိတစ်ခုကတော့ အာခိလိ နဲ့ လိပ်ပါ။ အာခိလိက အပြေးသန်ပါတယ်။ လိပ်က အာခိလိရဲ့ဆယ်ပုံတစ်ပုံပဲ မြန်ပါတယ်။ ဒီတော့ အာခိလိက လိပ်ကို မီတာတစ်ရာ အကြောပေးပါတယ်။ အာခိလိ မီတာတစ်ရာကိုရောက်ချိန်မှာ လိပ်က ဆယ်မီတာပါ။ အကြောပေးတဲ့ မီတာတစ်ရာနဲ့ဆိုတော့ တစ်ရာ့တစ်ဆယ်ပါ၊ လိပ်ကရှေ့ရောက်နေတယ် ။ အာခိလိ တရာ့တဆယ်မီတာ ရောက်တော့လိပ်က တရာ့တဆယ့်တစ် မီတာပါ။ လိပ်ကရှေ့ရောက်နေပါတယ်။



ဒီလိုနဲ့ လိပ်အရင်ကရောက်တဲ့နေရာကို အာခိလိရောက်တိုင်း လိပ်က နှာတဖျားသာနေတာချည်းပါပဲ။ မြန်တဲ့အာခိလိဟာ လိပ်ကိုဘယ်လိုမှ မမှီပါဘူး။ ဇီနို ဝိရောဓိရဲ့အနှစ်သာရက အကွာအဝေးကို Progressively smaller ပို၍ ပို၍သေးငယ်သော အပိုင်းများ ဖြစ်အောင် infinitely အဆုံးမရှိ ပိုင်းပြီး ပေါင်းခြင်းပါ။ တနည်း infinite sumပေါ့။ ဇီနိုမေးချင်တာက infinite sum မှာ finite အဖြေရှိသလားပေါ့။ ဇီနိုက မရှိနိုင်ဘူးလို့ အာခိလိက လိပ်ကို မနိုင်ခြင်း အားဖြင့်သူ့အယူအဆကို ပြောပြခဲ့ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ လက်တွေ့ဘဝမှာ အာခိလိက လိပ်ကိုဘယ်လိုမဆိုနိုင်တာလူတိုင်း သိပါတယ်။

ဒါဆို ဘာက အမှန်လဲ။ ဒါကြောင့်လဲ ဒါကို ဝိရောဓိလို့ခေါ်တာပါ။ သေချာတာကတော့ ကျွန်တော်တို့ဟာ infinite sum တွေနဲ့ပတ်သတ်ရင် သေချာနားမလည်သေးကြောင်း ဇီနိုဝိရောဓိက ပြောပြ

နေပါတယ်။ ဇီနိုကတော့ infinite sum မှာ finite အဖြေမရှိဘူး။ မြန်မာလိုတော့ အဆုံးမရှိပေါင်းခြင်းမှာ အဆုံးရှိတဲ့ အဖြေမရှိဘူးလို့ ယူဆခဲ့ပါတယ်။ ဒါမှန်လား။ ကြားထဲမှာသမိုင်းတွေရှိပေမဲ့တိုတိုပြောရရင် သင်္ချာနည်းအရ၊ အထူးသဖြင့် ကဲကုလပ် ရဲ့limit နဲ့ infinitesimal concept တွေသုံးပြီး ဖြေရှင်းခဲ့တာ ကတော့ တေလာစီးရီးပါ။ infinite sum တွေမှာ အမြဲတမ်းမဟုတ်ပေမဲ့ တစ်ရံတစ်ခါ မှာ finite အဖြေတွေ ကိုရတတ်ပါတယ်။



ဒါကို infinite series က convergence ဖြစ်တယ်လို့ခေါ်ပါတယ်။ အံ့ဩစရာအချက်တစ်ခုက function အတော်များများဟာ infinite series အဖြစ် function ရဲ့ argument point တခုနားမှာ ကိုယ်စားပြုပုံဖော်နိုင်တာပါပဲ။ ဒါကို Taylor series လို့ ခေါ်ပါတယ်။ Argument က zero ဖြစ်ခဲ့ရင် မက်ကလော်ရင် စီးရီးလို့ ခေါ်ပါတယ်။

$$f(x)=e^x=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{x^n}{n!}=1+x+\frac{x^2}{2}+\frac{x^3}{6}+\cdots$$

$$f(x)=\sin x=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-1)^n x^{2n+1}}{(2n+1)!}=x-\frac{x^3}{3!}+\frac{x^5}{5!}-\frac{x^7}{7!}+\cdots$$

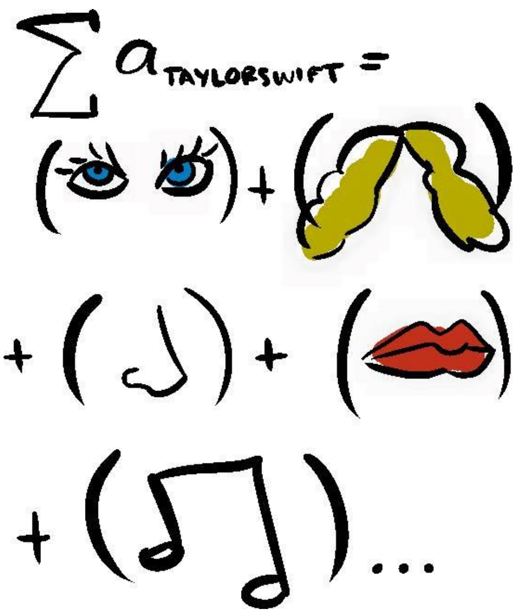
$$f(x)=\cos x=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-1)^{2n} x^{2n}}{(2n)!}=1-\frac{x^2}{2}+\frac{x^4}{24}-\frac{x^6}{6!}+\cdots$$

$$f(x)=\frac{1}{1-x}=\sum_{n=0}^{\infty}x^n=1+x+x^2+x^3+\cdots$$

$$f(x)=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{f^{(n)}(0)}{n!}x^n$$

$$=f(0)+f'(0)x+\frac{f''(0)}{2!}x^2+\frac{f'''(0)}{3!}x^3+\cdots$$

Taylor series ဟာ ဖန်ရှင်နဲ့ သူ့ရဲ့ first,second,third စသဖြင့် အဆုံးမရှိတဲ့ derivative တွေရဲ့ အဆုံးမဲ့ပေါင်းခြင်းဖြစ်ပါတယ်။ ဥပမာ အားဖြင့် sin, cos, e^x စတဲ့ ဖန်ရှင်တွေ ကို တေလာ စီးရီးနဲ့ရေး လို့ရပါတယ်။ ဖန်ရှင်တွေဟာ သင်္ချာရဲ့အခြေခံအကျဆုံး ပစ္စည်းပါ။ သဘာဝမှာလည်း ဖန်ရှင်တွေရှိပါ တယ်။ ဥပမာအားဖြင့် ကျွန်တော်တို့တွေရဲ့ အခြေခံအကျဆုံးအပိုင်းဟာ အီလက်ထရွန်ဖြစ်ပြီး စကြဝဠာ တစ်ခုလုံးက အီလက်ထရွန်အားလုံးကို တစုတစည်းတည်းဖြစ်အောင် အီလက်ထရွန်စက်ကွင်းတစ်ခုနဲ့ ဖော်ပြလို့ရပြီး ဒီတခုတည်းသော electron field ဟာ ဖန်ရှင်တခုပါပဲ။ အသေးစိတ် maths expression သိချင်ရင်တော့ Wikipedia မှာရှာကြည့်ပါ။ တေလာ စီးရီးအကြောင်းသိချင်ပါတယ်ဆိုတဲ့ ညီငယ် အတွက်ပါ။



ပိုင်သွန်

သင်္ချာရဲ့ အက္ခရာ

သင်္ချာမှာ အရေးကြီးဆုံးတီထွင်မှုက algebra လို့ခေါ်တဲ့ အက္ခရာသင်္ချာပါ။ အက္ခရာ သင်္ချာဆိုတာဘာလဲ? အက္ခရာတွေနဲ့ ကိန်းတွေကို ကိုယ်စားပြုထားတာပေါ့။ wait!! နေအုံးလေ 1 တို့ 2 တို့ကကော အက္ခရာတွေ မဟုတ်ဘူးလား ? နောက်ဆုံးပြောရရင်အက္ခရာဆိုတာကကော ဘာလဲ ? တခုခုကိုယ် ကိုယ်စားပြုတဲ့ သင်္ကေတတွေပါပဲ။ 1 2 3 4 စတာတွေလဲသင်္ကေတတွေပါပဲ။ ဒါပေမဲ့ ကွာတာတစ်ခုတော့ရှိပါတယ်။ 1 မှာ တစ်ခုဆိုတဲ့ သဘော၊ တိကျတဲ့ ရည်ညွှန်းမှုရှိပါတယ်။ algebra က symbol တွေဖြစ်တဲ့ a b x y စသည်တို့မှာတော့ algebraic equation ရဲ့context ပေါ်မူတည်ပြီး ရည်ညွှန်းမှုပြောင်းသွားလေ့ရှိပါတယ်။ ဥပမာ အနေနဲ့ _____ - 5 = 2 ဆိုပါတော့။ ကျွန်တော်တို့ blank ________ မှာ ဘာဖြည့်မလဲ။ အဖြေက က 7 ပါ။ ဒါလွယ်ပါတယ် ။ __________ + 4 = 7 ဆို ရင်ရော ဒါ က 3 ပေါ့ဟုတ်ကဲ့ blank ချင်းတူပေမဲ့ equation ပေါ်မူတည်ပြီး blank ထဲမှာ ဖြည့်ရာမှာ ဝါ blank ရဲ့ကိုယ်စားပြု ရည်ညွှန်းချက်မတူတော့ပါ။ ဒါဟာအက္ခရာ သင်္ချာရဲ့ အစပါ။ blank ဟာ တကယ်တော့ သုံးရတာ တွက်ခြေမကိုက်ပါဘူး။ ဝန်ကျယ်လှပါတယ်။ အဲ့တော့ ဒီအစား x သို့ a သို့ သင်သာ ဆန္ဒရှိရင် **က** သို့ **ခ** လည်း သုံးလို့ရပါတယ်။ **က ခ** မဖြစ်ဘဲ a b ဖြစ်နေရတဲ့အကြောင်းရင်းက algebra ကို အနောက်ကမ္ဘာက စထွင်ခဲ့လို့ပါ။

x - 5 = 2   က - ၅ = ၂

x + 4 = 7   က + ၄ = ၇

ဆိုလဲဘယ်သူမှမကန့်ကွက်ပါ။ အရေးကြီးတာက equation ရဲ့ rules စည်းမျဉ်းတွေနဲ့ကိုက်ညီဖို့သာပါ။ သင်္ချာရဲ့ တွက်ချက်ခြင်း calculation တွေဟာ prehistoric ကမ္ဘာမှာ ကတည်းက ရှိပါတယ်။ ဘေဘီလိုနီယမ် တွေလည်း တွက်ခဲ့တာပါပဲ။ ဒါပေမဲ့သူတို့ရဲ့ တွက်ချက်မှုကို ကျူပီဖောင်းစာတွေပေါ်မှာ စာနဲ့ရေးခဲ့တာပါ။ x - 5 = 2 လို ညီမျှခြင်းကို "ကျွန်ုပ်၏ စပါးကျီထဲမှ စပါး ၅ တင်း သင်ကချေးသော် ၂ တင်းကျန်ခဲ့၏ မူလက စပါးကျီအတွင်းဘယ်နှစ်တင်းရှိသနည်းပေါ့" အဲ့ဒါ မျိုးဆန်ဆန်ရေးရတာပေါ့။ စာနဲ့ရေးတဲ့အခါ specific problem ဖြစ်လို့ရှင်းပေမဲ့ compact မဖြစ်ဘူး။ မကျစ်လစ်ဘူး။ ပိုအရေးကြီးတာက ယေဘူယျမကျဘူးပေါ့။ ဒါကိုအက္ခရာတစ်ခု ကိုယ်စားပြုပြီး + - × ÷ ထည့်ပြီး = ကို အဓိပ္ပါယ်သတ်မှတ်ပြီး သုံးတဲ့အခါ ကျစ်လစ်လာတယ်။ ရှင်းလင်းလာတယ်။ နောက်ယေဘူယျကျလာပါတယ်။ ယေဘူယျဆိုတာ ဒီမှာ အင်္ဂလိပ်စကား generalised ကို ပြန်တာပါ။ သင်္ချာအဆိုတွေဟာယေဘူယျကျပါတယ်။ အထက်က စပါးကျီမှာ သင်သာဆန္ဒရှိရင် ရွှေ ၅ ကျပ်သား ယူရာ ၂ ကျပ်သားကျန်ခဲ့တယ်လို့ လုပ်လဲဖြစ်ပါတယ်။ ရွှေသို့ စပါး ကspecific problem ပါ။ တစ်ဦးချင်းပြသနာပါ။ သို့သော် သူ့ကို x - 5 = 2 လို့ပြောင်းလိုက်ချိန်မှာတော့ x ဟာ ဘာမဆို ပါ။ ဒါကို general ကျတယ်လို့ပြောနိုင်ပြီး ဒီညီမျှခြင်းက ယေဘူယျ မှန်ပါတယ်။အားနည်းချက်ကတော့ လေ့ကျင့်မထားတဲ့သူတွေအနေနဲ့ ဘာဆိုလိုမှန်းမသိဖြစ်သွားတတ်တာပါ။ ဒါက အလေ့အကျင့်နဲ့ဆိုင်ပါတယ်။ တကယ်တော့ပညာသင်တယ်၊ လေ့လာတယ်

ဆိုတာ ကျွန်တော်တို့ရဲ့တွေးပုံခေါ်ပုံကို ပြောင်းလဲရတာမဟုတ် ပါလား။ algebra ဟာ အက္ခရာတွေ အစားထိုးတာ တခုထဲနဲ့ဆိုင်တာ မဟုတ်ပါဘူး။ သူ့မှာ rule တွေလည်းရှိပါသေးတယ်။ ဥပမာ = ရဲ့ တစ်ဖက် တစ်ချက်က နှစ်ခုကတူတယ်ဆိုတာမျိုးပေါ့။ နောက်တစ်ခုက counting ရေတွက်မှုပါ။ 0 နဲ့ 1 ကိုအရင်ပို့စ်တွေက ပြောတဲ့အတိုင်း တီထွင်ပြီးတဲ့နောက်မှာ counting အားဖြင့် ကျွန်တော်တို့ တစ်ခြားအရာတွေကို ထပ်မံဖြည့်နိုင်ပါတယ်။ ဥပမာ 0 ကနေ စမယ် 1 ကို တိုးမယ်။ 1 + 1 + 1 စသဖြင့် 1 ကို သုံးကြိမ်တိုးတော့ ကိန်းတစ်ခုရတာပေါ့။ ဒါကို 3 လို့ ပေးလိုက်တယ်။တကယ် လို့ 0 ကနေ 1 ကို a ကြိမ် တိုးရင် a ရတာပေါ့ ဒီမှာအရေးကြီးတာက တိုးခြင်းသဘောပါ။ ဒါကို + နဲ့ ကိုယ်စားပြုတာပေါ့ အပေါင်းပေါ်လာပြီ။

0 + 1 + 1 + 1 +……+ 1 = a

____

a ကြိမ်

တကယ်လို့ 0 အစား a ကို သုံးမယ်ပေါ့ a က ယေဘူယျကျတော့ ဘယ်ကိန်းမဆိုပေါ့ဗျာa ကနေ 1 ကို b ကြိမ် တိုးပေးမယ် ဆိုရင် ရမှာ က a + b ပေါ့ ပုံနဲ့ဆို

a + 1 + 1 + 1 +…+ 1 = (a+ b)

____

b ကြိမ်

ဒီမှာ + အပေါင်းဆိုတဲ့ binary operation ပေါ်လာယုံတင်မကဘူး၊ သူ့မှာ ထူးခြားတာက

b + 1 + 1 + 1+ …+1 = (b + a) = (a + b)

____

a ကြိမ်

ဒီမှာ b က စပြီး 1 ကို a ကြိမ်ပေါင်းပေါင်း၊ a က စပြီး1 ကို b ကြိမ် ပေါင်းပေါင်း အတူတူပါပဲ နောက်ထပ်လိုက်နာတာကတော့ a b c သုံးခုပေါင်းမယ်ဆိုရင် ဘယ်ကစ ပေါင်းပေါင်း အတူတူပါပဲ။

a + (b + c) = (a + b) + c

ဒီ အချက်က algebra က သူ့ဘာသာ ကိုယ်ထင်ပြလာတဲ့ rule တွေပါ။ ခုချိန်ထိတော့ a ဟာ natural number တွေကိုပဲ ကိုယ်စားပြုပါသေးတယ်။ ဒီတခါတော့ 0 က စမယ် a ကို b ကြိမ်ပေါင်းရင်

$0 + a + a + a + \ldots\ldots + a = ba$

____

b ကြိမ်

ဒါ က မြှောက်ခြင်း × ပါ။ ဒီတော့ မြှောက်တယ်ဆိုတာလည်း ပေါင်းတာလိုပါပဲ။ တိုးတဲ့သဘော တစ်ခုပေါ့။ တစ်ခုပဲကွာတာက မြှောက်တာရဲ့တိုးနှုန်းက ပေါင်းတာရဲ့ တိုးနှုန်းထက် မြန်ပါတယ်။ နောက်သူကလည်း

$ba= ab$

$(ab)c= a(bc)$

ကိုလိုက်နာပါတယ်။ နောက်တစ်ခုကတော့ 1 ကစ ပြီး a ကို b ကြိမ်မြှောက်ရင်

$1 . a . a . a . \ldots\ldots .a = a^b$

____

b ကြိမ်

ဒါကို a ကို b power တင်တယ် သို့ b ထပ်ညွှန်းတင်တယ်ပေါ့။ ဒါပေမဲ့ ဒီမှာတော့ a^b = b^a တော့မဟုတ်ပါဘူး။ ဒါကထူးခြားမှု ဖြစ်ပါတယ်။ ဒီတော့ ပေါင်း၊ မြှောက် ထပ်ညွှန်း တွေဟာ ရေတွက်မှုပြုရုံနဲ့ အလိုလိုပေါ်ပေါက်လာပါတယ်။ သူတို့ဟာ တိုးပွားမှုကို ဆိုလိုတာဖြစ်ပြီး ကွာတာက တိုးနှုန်းပါ။ ထပ်ညွှန်းကတော့ တိုးနှုန်းအမြင့်ဆုံးပါ။ နောက်တစ်ခုက operation တွေနဲ့ အတူ rule တွေပါတွေ့လာရတာပါ။

1) $a + b = b + a$
2) $a+(b+c) = (a+b)+c$
3) $ab=ba$
4) $a(b+c) = ab+ac$
5) $a(bc)= (ab)c$
6) $(ab)^c = a^c b^c$
7) $a^b a^c= a^{(b+c)}$
8) $(a^b)^c = a^{bc}$

9) a+ 0 =a

10) a . 1 = a

11) a^1 =a …………………… rules

ဒါ တွေက အများသိပြီးသားပါ။ ဒီမှာ အဓိကပြောချင်တာက အစမှာ 0 နဲ့ 1 က စပေမဲ့ ရေတွက်ရင်း ပေါင်းမြှောက်ပါဝါ ကပေါ်လာတယ်။ ဒါတွေကြောင့် rules တွေ algebra မှာ ပေါ်လာတာပါ။ ဒါပေမဲ့ နောက်ကြရင်တွေ့မဲ့အတိုင်းပဲ။ ဒီ rules တွေကြောင့်ပဲ algebra ဟာ integer ကနေ rational real complex ဖြစ်ပေါ်လာတာကိုတွေ့ရမှာပါ။ ဆက်ရရင် ဒီ rules တွေ၊ ဒီ operation တွေနဲ့ အက္ခရာသင်္ချာ ဟာ Natural number ဆိုတဲ့ 0 1 2 3 4 ……… နဲ့တင်လုံလောက်ပြီလား? လုံလောက်ပြီဆိုတာက ဒီမှာ equation တိုင်းမှာအဖြေရှိပြီလား ။ ဥပမာ

a + b = c ဆိုပါစို့

b ကိုလိုချင် ဘာလုပ်မလဲ။ ညီမျှခြင်းတစ်ခုရဲ့ နှစ်ဘက်လုံးကို တူညီတာတခုခု လုပ်လိုက်ရင်ရလာတဲ့ ညီမျှခြင်းမှာလည်း ၂ဘက်လုံးဟာ ဆက်ညီပါတယ်။ ဒီမှာ အထက်ကပြောတဲ့ ညီမျှခြင်းမှာ အဖြေရှိဖို့ ဆိုရင် inverse ပြောင်းပြန်ဟာ အရေးကြီးလာပါပြီ။ ဥပမာ operation က * ဆိုပါတော့(ဒီမှာ * က + _ × ÷ စသဖြင့် ကြိုက်ရာဖြစ်နိုင်တယ်)

inverse ဖြစ်ဖို့ဆို

a * b = identity

identity * a = a

ဒီequation ၂ ခုကိုလိုက်နာရပါမယ်။ ဆိုလိုတာက a ဟာ b ရဲ့ ပြောင်းပြန်ဖြစ်ဖို့ဆို a နဲ့ b ကို operate လုပ်ရင် identityရရမယ်။ ဒါဖြင့် identity ဆိုတာဘာလဲ။ identity ဆိုတာ သူနဲ့ ဘာ နဲ့ဖြစ်ဖြစ် operate လုပ်ရင် အဲဒါပြန်ရစေတဲ့ ဘယ်အရာမဆို identity ပါပဲ။ ဥပမာ အနေနဲ့ + ခြင်း operation အောက်မှာ identity element က 0 + a = a ဆိုတော့ 0 ပါ။ × ခြင်းအောက်မှာ 1 × a = a ဆိုတော့ 1 ပါ။ ဒီတော့ + ခြင်းအောက်မှာ a ရဲ့ပြောင်းပြန်ဟာ b ဆိုပါစို့ b ဟာ a ပြောင်းပြန်ဖြစ်ဖို့ သူတို့ နှစ်ခုပေါင်းရင်0 ရရမယ်

a + b = 0

b ကို ကျွန်တော်တို့ က ရှင်းလင်းလွယ်ကူအောင် a ရဲ့ပြောင်းပြန်မှန်းသိအောင် a လို့ပဲ ပေးလိုက်တယ်။ ဒါပေမဲ့ သိသာအောင် လက္ခဏာ အသစ် - ကို ထွင်ပြီး a ရှေ့မှာ ထည့်ပေးလိုက်တယ်။

a + (-a) = 0

ဒီလို inverse ရှိပြီဆိုရင် အထက်က equation က အဖြေရှိလာပါပြီ။

a + b = c

a + b + (-a) = c + (-a)

b = c - a

ဒီequation တွေမှာ အဖြေရှိလား။ ခုချိန်ထိ ကျွန်တော်တို့မှာ ရှိတာက Natural number တွေပါ။ 0 1 2 3 ……… စသဖြင့်ပါ။

ဥပမာ b = 5-8 = ????

ဒီတော့ ဒါကို ဖြေရှင်းဖို့ rules နဲ့ညီဖို့ - 1 -2 -3 စသဖြင့် Natural number ကိုတိုးချဲ့တဲ့ အခါ Integers ……-3 -2 -1 0 1 2 3 …… တွေဖြစ်လာပါတယ်။ b=-3 ဟာ အဖြေရှိသွားပါပြီ။ အနုတ်ပေါ်လာပါပြီ။ အပေါင်းမှာ ပြောင်းပြန်ရှိရင် အမြှောက်မှာကော

a b = c ဆိုရင် b မှာ အဖြေရှိလား ??

ရှိနိုင်ပါတယ်။

တကယ်လို့ a မှာ သာ multiplicative inverse ရှိခဲ့ရင်ပေါ့။ ဆိုလိုတာက ဒီequation ကိုလိုက်နာခဲ့ရင် a b = 1 ဒီမှာ 1 က multiplicative identityelement ပါ။ ဒါဆို b ကိုရှင်းအောင် a^-1 သို့ 1/a လို့ ခေါ်မယ်။

a× b× 1/a = c × 1/a

b = c/a

ဒီ equation ကို ဖြေရှင်း ဖို့ က integer ကိန်းပြည့်တခုနဲ့ မလုံလောက်တော့ပါ။ 3/4 , 2/34 , 1/2 လို အပိုင်းကိန်း rational number တွေလိုလာပါပြီ။ ဂရိတွေက ဒါကို သူတို့ခေတ်ထဲကသိခဲ့ပါတယ်။ ဒီနည်းနဲ့အစားပေါ်လာတယ်ပေါ့။ အမြှောက်မှာ ပြောင်းပြန်ရှိရင် ထပ်ညွှန်းမှာကော b^a =c မှာ က ပြောင်းပြန်ဟာ b ဘယ်မှာလည်းဆိုတာပေါ်မူတည်ပါတယ်။ a^b ဟာ b^a နဲ့ မတူပါဘူး။ ခုလို bဟာ base အခြေ မှာရှိခဲ့ရင် b = a √ (c) ပါ။ ဒီမှာ typing အခက်အခဲရှိလို ဒီလိုရေးထားတာပါ။ a th root of c လို့ဖက်ပါ။ a က 2 ဆိုရင် square root ပေါ့။ ဒီမှာလည်း ပြဿနာက root 2 ကို အပိုင်းကိန်းနဲ့ ဖော်ပြမရတာပါ။ ဒီလိုကိန်းမျိုးကို ရှင်းဖို့ irrational number တွေကို လက်ခံရပြန်ပါတယ်။ ဒါကြောင့်သင်္ချာဟာ inverse operation တွေကို solution ရှိဖို့ ရှာဖွေတိုင်းတိုးချဲ့လာနေခဲ့ပါတယ်။ တဖြည်းဖြည်းနဲ့ Real number နားရောက်တော့မယ်။ ကိန်းစစ်မှာ အဓိက ၂ ပိုင်းပါပါတယ်။ တစ်ခု က irrational number နောက်တစ်ခုက transcendental number ပါ။ ဒုတိယဟာက ဘယ်ထပ်ညွှန်းကိန်းတွေရဲ့ root မဟုတ်တဲ့ ကိန်းပါ။ ဥပမာ

π နဲ့ e ပါ။ ဒါတွေကိုကော ဘယ်လိုတွေ့လဲ။ ဒီမှာစောစောက ညီမျှခြင်းမှာ သိလိုတဲ့ b သာ ထပ်ညွှန်းမှာ ရှိခဲ့ရင်

a^b = c then b=???

အဖြေက ဂျွန်နေပီယာ ရဲ့ကြိုးစားမှုနဲ့အတူ b = log c (base a) ပါတဲ့။ typing အခက်အခဲကြောင့် log အောက်မှာ a ကို subscript နဲ့မရေး ဘဲ (base a) လို့ ရေးလိုက်ပါတယ်။ ဖြည့်ဖတ်ပေးပါ။ b ဟာ တကယ်တော့ c ရဲ့ လော့ဂရပ်သမ်ပါ။ base a ပေါ်မှာ c ရဖို့ တင်ရတဲ့ပါဝါပေါ့။ လော့ တွေဟာ ထူးခြား ချက်ကသူတို့ ၂ ခု မြှောက်တိုင်းမှာ ပေါင်း ယုံ ပါ။ တနည်းခက်ခဲတဲ့ အမြှောက်ကို အပေါင်းအဖြစ် ပြောင်းပေးလို့ အသုံးဝင်ပါတယ်။ base ကကြိုက်တာ ထားလို့ရပေမဲ့ decimal စနစ်ကို သုံးတဲ့အတွက် 10 ကို အထားများပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ သဘာဝအလျောက် base တခုခု ကော မရှိဘူးလား။ ဟုတ်ကဲ့ natural baseရှိပါတယ်။ ဒါကို base e လို့ခေါ်ပါတယ် အရင်ပို့စ်ကရှင်းပြခဲ့တဲ့ Euler's number ပါပဲ။ ဘာလို့ natural လို့ခေါ်လဲဆိုရင်တော့ ဒီbase မှာ ဂဏန်းတွေဟာ အတော်ရှင်းလင်း လွယ်ကူလို့ပါ။ e ကို logarithm ကနေ ဖြစ်လာပုံက စိတ်ဝင်စားဖို့ ကောင်းပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ အတော်ရှုပ်လို့ ရှင်းမပြတော့ပါဘူး။ နောက်ဆုံးအနေနဲ့ x^2 = -1 ကို ရှင်းရင်း algebraဟာ complex number တွေကို i ကနေတဆင့် ဖန်တီးနိုင်ခဲ့ပြီး ဒီ အဆင့် မှာ သင်္ချာဟာ ပြည့်စုံသွားတဲ့အတွက် (ဆိုလိုတာက အဖြေမရှိတဲ့ algebraic equation မရှိတော့တဲ့အတွက် rulesအားလုံးက လဲ အဆင်ပြေတဲ့အတွက်) complex number အဆင့် မှာ elementary algebra ကပြီးသွားပါတယ်။ နောက်ပိုင်းပေါ်တဲ့ quaternary နဲ့ octanion တွေဟာ complex ကို တုပထားတာပါ။ abstract algebra တွေမှာ ပါတဲ့ group , ring ,monoid , field စတာတွေက အထက်က ပြောတဲ့rules တွေ ကို စုပြီး တစ်ပိုင်းချင်းလေ့လာရာက ပေါ်လာတာပါ။

python

သချ်ာရဲ့ရတနာ နဲ့ ရတနာရဲ့နောက်ကြောင်း

ငွေတိုးချေးစားမဲ့လူတွေအတွက်ဖြစ်ဖြစ်၊ မပြေလည်လို့တယောက်ယောက်ဆီက ငွေလှည့် ဖို့ပဲ ဖြစ်ဖြစ်အရေးတကြီးသိဖို့လိုလာတာ အတိုးနှုန်းပါ။ ဘဏ်တွေမှာလည်း interest rate အတင်အချဟာ နိုင်ငံ့စီးပွားရေးနဲ့ဆက်စပ်မှုရှိပါတယ်။ အတိုးနှုန်းချပေးရင် လုပ်ငန်းများပြီး စီးပွားရေးကောင်းလာတတ် ပါတယ်။ ဒီတော့ အတိုးနှုန်းရဲ့သဘောသဘာဝက ဘယ်လိုရှိလဲ။ ဒါကိုပထမဆုံးလေ့လာခဲ့သူက ဂျက်ကော့ ဘာနိုလီပါ။ဆိုပါစို့ သင်က ဘဏ်မှာ ငွေအပ်မယ်။ 1 ဒေါ်လာ အပ်မယ်။ တနှစ်ပြည့်ရင် ဘဏ် က သင့်ကို အတိုး နှုန်း100% နဲ့ တိုးရင်းပေါင်း ပေးမယ်။ ဒါဆို တစ်နှစ်ပြည့်ရင်သင် 2 ဒေါ်လာပြန်ရမယ်။ p က သင့် အရင်းအနှီး (ဒီမှာ 1 ဒေါ်လာပေါ့)။ r က အတိုးနှုန်း (ဒီမှာ % နဲ့ပြတယ် 100% ဆို 1ပေါ့ 50% ဆို 0.5 စသဖြင့်ပေါ့)။

n က တနှစ်အတွင်းမှာ တိုရင်းပေါင်းပေးမဲ့ အကြိမ်ပေါ့။ ဆိုလိုတာက တနှစ်ကို တကြိမ်လား တနှစ်ကို ၂ ကြိမ်လား စသဖြင့်ပေါ့။ နောက်တစ်ခုကတော့ t ပေါ့။ ဒါက ငွေ မြှပ်နှံထားမဲ့ ကာလ နှစ်နဲ့ပြတယ်။ S က စုစုပေါင်း တိုးရင်းပေါင်းပေါ့။ equation က

$$S = p\,(1 + r/n)^{nt}$$

ပါ။ ဒါက နဲနဲရှုပ်တယ်။ ဒီတော့ ရှင်းအောင် အထက်ကဥပမာနဲ့ပြန်သွားကြမယ်။ ဒါဆို p က 1 ဒေါ်လာပေါ့။ r က 100% ဆိုတော့ (တော်တော် သဘောကောင်းတဲ့ဘဏ်ဖြစ်မယ်) 1 ပေါ့ဗျာ။ n က တနှစ်မှာ တစ်ကြိမ် ဆိုတော့ 1 ပဲ t ကို လဲ တစ်နှစ်ပဲ မြှပ်နှံမယ်ဆိုတော့ 1 ထားလိုက်။ ဒီမှာ t= 1 ထားရင် equation ကို ပိုရှင်းအောင်ရေးလို့ရတယ်။ ဒီလိုလေး

$$S = p\,(1 + r/n)^{n}$$

ပေါ့။ စောစောက ဟာတွေအစားထိုးရင်

$$S = 1\,(1 + 1/1)^{1} = 2$$

၁၀၀ % တိုးနဲ့ တနှစ်ပြည့်ရင် ၁ ဒေါ်လာ ကနေ ၂ဒေါ်လာ ပြန်ရမယ်ပေါ့။ ဘာနိုလီက စိတ်ဝင်စားတာက တကယ်လို့ n ကို တိုးရင်(ဥပမာ တနှစ် ၂ ကြိမ် ပေါ့) တိုးရင်းပေါင်းမယ်။ ဘယ်လောက်ရမလဲ? n = 2 ပေါ့ တနည်း ၆ လ တကြိမ်ပေါ့။

$$S = 1(1 + 1/2)^{2} = 2.25\ \$$$

အားပါး။ စောစောက နှစ်ဒေါ်လာ။ ခု နဲနဲပိုများလာပြီ။ ဒါဆို အကြိမ်ရေများတဲ့ဘဏ်ကိုရွေးသင့်တယ်။ တကယ်လို့ ၃ လတစ်ကြိမ်ဆိုရင်ရော n =4 ပေါ့။

$$S = 1(1 + 1/4)^{4} = 2.4414$$

ယို့ !! တက်တော့တက်တယ်ဟ။ ဒါပေမဲ့သိပ်မတက်ဘူး။ ဒီဂဏန်းက ကြည့်ရတာ ကိန်းတန်ဖိုး တစ်ခုခု မှာရပ်မဲ့ ပုံပဲ။ ဒါပေမဲ့အကြိမ်ရေများမှပါ။ တကယ်လို့တစ်နေ့တစ်ကြိမ်ဆိုရင် n = 360 ပေါ့။ အဲ့ ဆိုS က 2.714567 n က infinity ဆိုရင် S က ဘယ်လောက်လဲ ? 2.7182818 ပါ ဒါကို e လို့ ခေါ်ပါတယ်။

e = Limit n>>∞ (1+ 1/n) ^n

ပါ e ဟာ irrational number ဖြစ်ပါတယ်။ ပြီးတော့ transcendental number လဲဖြစ်တယ်။ ဆိုလိုတာကဘယ် polynomial equation ရဲ့ root မဟုတ်ဘူး။ နှစ်ဆတိုးနှုန်းကို အကြိမ်အကန့်သတ်မဲ့ စက္ကန့်တိုင်းသာခွင့်ပြုထားရင် တိုးနှုန်းဟာ base e ပါ။ ဥပမာကမ္ဘာပေါ်မှာ ဘက်တီးရီးယားတွေ က fission နည်းနဲ့ တကောင်က ၂ ကောင် / ၂ ကောင်က ၄ ကောင်ပွားတယ် ဒီနှုန်းက approximately base e ပါ။ ဆိုလိုတာက e^ x နဲ့ ပွားပါတယ်။ x က စဦးအကောင်ရေ ပေါ့။ x များလေ တိုးနှုန်း များလေတရက်ထဲနဲ့ ကမ္ဘာကို bacteria တွေက ကုန်းမြေမမြင်ရအောင် ဖုန်းပစ်လိုက်နိုင်ပါတယ်။ ဒါ က e အကြောင်းပါ။ နောက်တစ်ခု က π ပါ။ pi က စက်ဝိုင်းရဲ့ စက်ဝန်းနဲ့ အချင်းတို့ရဲ့ အချိုးပါ။

π = C / d

C= circumference , d = diameter = 2r

ဒါကြောင့် C= 2πr ဖြစ်တာပေါ့။ စက်ဝိုင်း အရွယ်အစား အမျိုးမျိုးရှိတယ်။ ဒါပေမဲ့ စက်ဝိုင်းမှန်ရင် အချိုးက π ပဲ။ π မရှိရင် စက်ဝိုင်း မဟုတ်ဘူး။ သံသရာစက်ဝန်း မျိုးစုံလည်ကြတယ်။ ဒါပေမဲ့ π တန်ဖိုးမရရင် အဲဒါသံသရာလည်နေတာမဟုတ်ဘူး။ ဒီမှာ သံသရာဆိုတာက အဆုံးကအစကို ပြန်ရောက်သွားတဲ့ ဖြစ်စဉ် တိုင်းကိုပြောချင်တာပါ။ ဒါကိုနားလည်ရင် exponential function e^x အကြောင်း ဆက်ကြပါမယ်။ e^x ကို အထက်ကလို

e^1 = Limit n>>∞ (1+1/n)^n

လို့ရေးနိုင်ပါတယ်။ တကယ်လို့ 1 နေရာ မှာ x ဆိုရင်

e^x =Limit n>>∞ (1+ x/n)^n ပါ

e^x ကို power series မှာဖြန့်ပြီးရေးရင်

e^x = ∑n=0 >∞ x^n/n!

$=1 + x + x^2/2! + x^3/3! + x^4 /4! +......$

ဒီမှာ x အစား ix ကို ထည့်ကြည့်ရင်ရော

$e^{ix} = 1+ ix + i^2x^2/2! + i^3x^3/3! + i^4x^4/4!+ ......$

ဒီထိရှင်းမယ်ထင်ပါတယ်။ စာရွက်ပေါ်မှာချရေးပြီးx ရှိတဲ့နေရာ ix လိုက်ထည့်ယုံပါပဲဗျာ။ ဒီမှာ i ရဲ့အရည်အချင်းတခု က $i^2 = -1$, $i^4= 1$, $i^3 = -i$ ရတာပါ။ ဒီတော့

$e^{ix} = 1+ ix - x^2/2! - ix^3/3! + x^4/4! + ix^5/5! +$ ....

ဒီထိရှင်းမယ်ထင်ပါတယ်။ ဒီမှာ i ပါတဲ့ ကိန်းစုတွေကိုသပ်သပ်ဖယ်ရင်

$e^{ix} = (1-x^2/2!+x^4/4! - \ldots)+ i(x-ix^3/3!+x^5/5!+\ldots\ldots)$

ဒီမှာ ပထမ လက်သည်းကွင်း ထဲက series ဟာcos x ပါ။ ဒုတိယလက်သည်းကွင်းထဲက infinite series ဟာ sin x ပါ။ဒီတော့

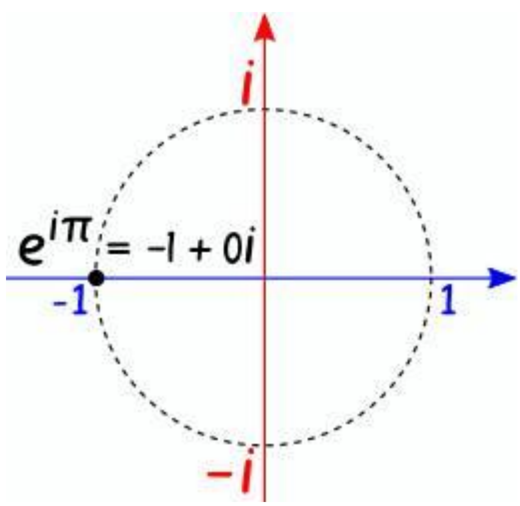
$e^{ix} = \cos x + i \sin x$

ဒါက Euler's formula ဝါ သင်္ချာရဲ့ ရတနာပေါ်လာပုံပါ။ ဒီထဲမှာမှ specific value $\cos \pi= - 1$ နဲ့ $\sin \pi=0$ ကို ထည့်ရင်

$e^{i\pi} = - 1+ 0$

$e^{i\pi} + 1 = 0$ ရပါတယ်

အောက်ကပုံ က ဒါကို geometry နည်းနဲ့ အဓိပ္ပါယ်ဖော်ပေးတာပါ



Python

သင်္ချာရဲ့ ရတနာ

Real number ကိန်းစစ်ဆိုတာ မျဉ်းဖြောင့်တကြောင်း ပေါ်က အဆုံးမရှိတဲ့အမှတ်များကို ကိုယ်စားပြုပါတယ်။ ဒါက ဘာ အသုံးဝင် လို့ လဲအရမ်းဝင်ပါတယ်။ ကျွန်တော်တို့ စိတ်ကူး ကြည့်လို့ရသမျှ အရာအားလုံးကို တိုင်းတာလို့သာ ရမယ်ဆိုရင် အဲဒီအတွက် ကိန်းစစ်တွေက လိုမှာပါ။ ဒါပေမဲ့အထက်က ပြောသလိုပဲ သဘာဝဟာ ကိန်းစစ်တစ်ခုထဲနဲ့ မလုံလောက်ခဲ့ပါဘူး။

$$x^2 = -1$$

ဆိုတဲ့ညီမျှခြင်း ကိုရှင်းရာကနေ သင်္ချာပညာရှင်တွေဟာ သဘာဝကတကယ် အသုံးပြုနေတဲ့ number system အစစ် ကိုတွေ့ရှိခဲ့ပါတယ်။ ဒါကတော့ကိန်းစစ်နဲ့ ကိန်းယောင်တို့ ပေါင်းစပ်ရာကနေ ရရှိတဲ့ ကိန်းထွေပါ။ ဒီမှာတစ်ခုပြောချင်တာက ကိန်းယောင် imaginary လို့ နာမည်ပေးထားတာ တကယ်မရှိလို့ စိတ်ကူးယဉ်အဖြစ် အတု စတဲ့သဘောတွေမဟုတ်ပါဘူး။ မှတ်မိလွယ်အောင် ပေးထားတဲ့သဘောသာပါ ကိန်းထွေ complex number ဟာ တကယ်တော့ သဘာဝတရားက ရွေးချယ်တဲ့ သင်္ချာစစ်စစ်ပါ။ လူသားတွေအနေနဲ့ ကိန်းစစ်တွေကိုသာ မြင်ရပေမဲ့သဘာဝကတော့ ကိန်းထွေ တွေနဲ့သာ အလုပ်လုပ်ပါတယ်။ အမှန်တော့ ကိန်းစစ် real number ဆိုတာကလည်း complex plane ကိန်းထွေမျက်နှာပြင်ရဲ့ အလယ်က ဖြတ်သွားတဲ့ မျဉ်းကြောင်း တစ်ခုသာပါကိန်းထွေတွေဟာ geometry အရဆွဲကြည့်ရင် 2 dimension ရှိတဲ့ မျက်နှာပြင် surface တခုနဲ့တူပါတယ်။ မျက်လုံးထဲမှာစာရေးစက္ကူ plane တရွက်ကို မြင်ကြည့်ပါ။ လီယိုနက် အွိုင်လာဟာ သင်္ချာရဲ့ ဂျဝဲလ် (ရတနာ) ကိုတွေ့ခဲ့ပါတယ်။ အဲဒါကတော့

$$e^{i\pi} + 1 = 0$$

ဆိုတဲ့ equation ပါ။ သင်္ချာရဲ့ ညီမျှခြင်းတွေထဲမှာ အလှဆုံးတခုပေါ့။ ရစ်ချက် ဖိုင်းမင်းက သင်္ချာရဲ့ရတနာ jewel of mathematics လို့တင်စားခဲ့ပါတယ်။ အထူးခြားဆုံးညီမျှခြင်း တစ်ခုလို့လဲ ဆိုခဲ့သေးပါတယ်။ ဘာကြောင့်လဲ? ဒီမှာပါတဲ့ ကိန်းတွေဟာ သင်္ချာပညာရဲ့အနှစ်လို့ပြောရမဲ့ ပစ္စည်းတွေပါ။ လူတွေဟာ ပြောင်းနိုင်တယ်။ သက်ရှိတွေဟာ ပြောင်းနိုင်တယ်။ ယုတ်စွအဆုံး ကျွန်တော်တို့နေတဲ့ စကြာဝဠာကို ယခုလက်ရှိမဟုတ်တဲ့နည်းတွေနဲ့ တည်ဆောက်နိုင်ပါသေးတယ်။ ဒါပေမဲ့ ခု ညီမျှခြင်းမှာပါတဲ့ ကိန်းတွေကတော့ ဘယ်စကြာဝဠာမှာပဲဖြစ်ဖြစ် ဒီအတိုင်းပါပဲ။ သူတို့ အချင်းချင်းကြားက ဆက်သွယ်မှု (ခုညီမျှခြင်းပုံစံကိုဆိုလိုခြင်းဖြစ်သည်)ကလဲမပြောင်းလဲပါ။ဘယ်တော့မှ မပြောင်းတဲ့တရားတစ်ခုကို သင်ကြိုက်တတ်ရင် ဒါလေးကို ကြည့်ပါလေ။ ဒီမှာပါတဲ့ 1 ဟာ ကိန်းမှန်သမျှ ရဲ့မိခင်ပါ။ သင်က 7 ကိုလိုချင်ရင် $1+1+1+1+1+1+1 = 7$ ပါ။ 1 ကို 7ခါ ပေါင်းပါလေ တခြားကိန်းတွေလည်း။ ထိုနည်းပြီးတော့ 1ဟာ multiplicative identity ပါ။ သူ့ကို ဘာနဲ့မြှောက်မြှောက် မြှောက်တာ ပြန်ရပါတယ် $a \times 1 = 1 \times a = a$ ။ 0 ဟာ additive identity ပါ။

$$a + 0 = 0 + a = a$$

0 ဟာ မရှိခြင်းတို့ ဘုရင်ဖြစ်ပြီး set theory အရတော့ ကိန်းတို့ရဲ့ အစဦးဆုံး set ပါ။ သင်္ချာက အရာရာကို ဒီ၂ ခု ကနေ စတင်နိုင်ပါတယ်။ i ဟာ ကိန်းစစ်မှာ 1 က အရေးပါသလိုပဲ ကိန်းယောင်တို့ရဲ့ အစ မိခင်ပါ။ geometry အရတော့ i နဲ့ မြှောက်ခြင်းဟာ 90° ထောင့်ပြောင်းတာနဲ့တူပါတယ်။ π ကတော့ စက်ဝန်းနဲ့ အချင်းတို့ရဲ့အချိုးပါ။ ဒါကရိုးရိုးပြောရင်ပေါ့။ ဆန်းဆန်းပြောရရင်တော့ လောကမှာ အဆုံးဟာ အစ ကို ပြန်ရောက်တဲ့ကိစ္စမှန်သမျှကို သံသရာလည်တယ်လို့ ဆိုလေ့ရှိပြီး သံသရာလည်တဲ့အကြောင်းကို စနစ်တကျ သင်္ချာနည်းနဲ့ပြောတိုင်းမှာ ဘဒိုတို့ π ကိုတွေ့ရပါလိမ့်မယ်။ e ကကော Euler' number လို့ ခေါ်တဲ့ အရာပါ။ အထက်ကပြောခဲ့သလို real number လမ်းကအပေါက်တွေကို ဖာပေးခဲ့တဲ့ transcendental တံတား တစ်စင်းပေါ့။ သူက natural log ရဲ့ base လဲဖြစ်ပါတယ်။ သဘာဝမှာ သဘာဝအတိုင်း ဖြစ်ပျက်နေမှု အတော်များများက base e နဲ့ မလွတ်ပါ။ ဒီအရာတွေရဲ့ပေါင်းစည်းမှုက

e^iπ + 1 = 0

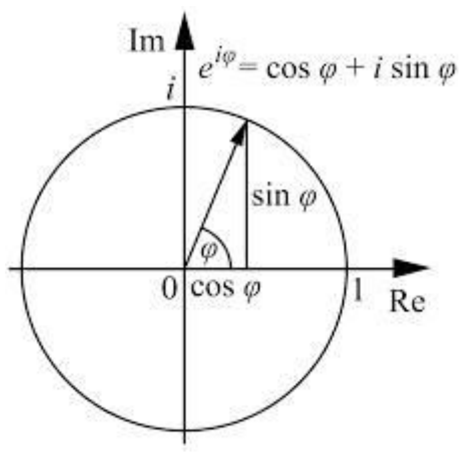
ဆိုတဲ့ လှပတဲ့ ရတနာကိုမွေးဖွားခဲ့ပါတယ်။ တကယ်တော့ ဒီညီမျှခြင်းဟာ ပိုယေဘူယျကျတဲ့ Euler's formula e^ix = cos x + isin xကနေရတာပါ။ cos π =-1 and sin π= 0 ကို x နေရာမှာအစားသွင်းရင်

e^iπ = -1 + i × 0

e^iπ = -1

e^iπ + 1 = 0

ပါ။ဒီညီမျှခြင်းက ကိန်းထွေမျက်နှာပြင်ပေါ်မှာ ဆွဲရင်1ယူနစ် ရှိတဲ့ circle ကိုပေးပါတယ် ခပ်ဆန်းဆန်းပြောရရင်တော့ သံသရာတစ်ပတ်လည်နေတဲ့ ဖြစ်စဉ်တွေကို ကိုယ်စားပြုရမှာ ဒီညီမျှခြင်းကိုတွေ့ရမှာပါ။



ဥပမာဆို ကွမ်တမ်မက်ကင်းနစ်အရ fundamental particle တွေရဲ့ motion ဟာ ရှရိုးဒင်းဂါး ညီမျှခြင်းပေါ်မူတည်ပြီး သူ့ solution အဖြေက ဒီညီမျှခြင်း Euler 's formula ပေါ်အခြေခံပြီး လှုပ်ရှားနေတာပါ။

ဒီတော့ သဘာဝတရားကို ချစ်တတ်သူတွေအတွက် သဘာဝတရားရဲ့ပြုမူမှုကို အမှန်တိုင်း သိချင်သူတွေ အတွက် ဒီညီမျှခြင်းဟာ ရတနာပါ။

သင်္ချာရဲ့အစ

သင်္ချာရဲ့ အစကတော့ ရေတွက်မှုပါပဲ။ ဘယ်အချိန်က ရေတွက်မှု စလဲဆိုတာ တိတိကျကျမသိပေမဲ့ လွန်ခဲ့သော နှစ်ပေါင်း ၅၀၀၀ ကျော်မှာ numeral system တွေပေါ်နေပြီဆိုတာကတော့ အတိအကျ မှတ်တမ်း တွေရှိပါတယ်။ ဘေဘီလိုနီယမ်တွေဟာ ၆၀ ကို အခြေခံတဲ့ numeral system ကို သုံးခဲ့ကြောင်း ကျူပီဖောင်း စာတွေကနေတွေ့ရပါတယ်။ counting ရေတွက်ခြင်းဟာ သင်္ချာရဲ့ပထမခြေလှမ်းပါ။ ရေတွက်မှုဟာ မဆုံးနိုင်အောင်ပြုလုပ်နိုင်တဲ့ အရာမျိုးမို့ ပထမဆုံးသူတို့ကို ကိုယ်စားပြုဖို့ အကန့်အသတ် ရှိတဲ့ ကိုယ်စားပြု သင်္ကေတတွေ လိုပါတယ်။ ဥပမာ decimal စနစ် ဆိုပါတော့ ဒါဟာ အဆုံးမရှိတဲ့ အရာတွေကို ရေတွက်ဖို့အတွက် အဆုံးရှိတဲ့ တနည်း အကန့်အသတ်ရှိတဲ့ ဆယ်ခုထဲသာရှိသော သင်္ကေတ ၁၀ ခု(ဒီမှာ 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9) နဲ့ကိုယ်စားပြု ရေတွက်တာပါ။ ဘေဘီလိုနီယမ်တွေရဲ့60 စနစ်မှာတော့ အခု ခြောက်ဆယ်ရှိတာပေါ့။ ဒီမှာသင်္ကေတက ကြိုက်တာ သုံးကြတာပါ။ ဒါကြောင့် hexadecimal စနစ် 16 စနစ်မှာ 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F ဆိုပြီး ရေးတာပါ။ ပြန်စရရင် သင်္ချာရဲ့ ပထမခြေလှမ်းက တစ်ခု နှစ်ခုစသဖြင့် ရေတွက်တာပါ။ ဒုတိယ ခြေလှမ်းကတော့ positional notation ကိုတွေ့တာပါ။ pre historic age သမိုင်းမတင်မီခေတ်မှာ လူတွေဟာ ရေတွက်မှုကို စတင်တော့ သုည ဆိုတဲ့သဘော တရား မရှိသေးပါဘူး။ သူတို့ အများဆုံးသုံးတဲ့ numeral systemက sign value notation ပါ။ အလွယ်ဆုံး ဥပမာ တစ်ခု Roman numeral system ရောမ ကိန်းတွေပါ။ ဥပမာ I II III IV စသဖြင့်ပါ။ ရောမ တွေက တစ်ငါး တစ်ဆယ် ငါးဆယ်စသည်အတွက် ကိုယ်စားပြုမဲ့ အက္ခရာကို ထွင်ပါတယ်။ ဒါကို sign အမှတ်အသား အက္ခရာ နဲ့ ကိုယ်စားပြုပါတယ်။

1 = I

5 =V

10= X

50= L

100= C

500=D

1000= M လို့ ရေးပါတယ်။

ဒီမှာပါတဲ့ကိုယ်စားပြု အက္ခရာတွေဟာ သုံးကြိမ်ထက်ပို မသုံးပါဘူး။ ဒီတော့ IIII XXXX စသဖြင့် မရှိပါဘူး။ ပြီးတော့လိုချင်တဲ့ ဂဏန်းတန်ဖိုးကို ဘေးချင်းကပ်ရက် ဂဏန်းတွေကို ပေါင်းခြင်း၊ နှုတ်ခြင်း ဖြင့် ပြုလုပ်ပါတယ်။ ကိန်းရဲ့ညာခြမ်းမှာရှိရင်ပေါင်းပြီး ဘယ်မှာရှိရင် နှုတ်ပါတယ်။ အထက်ကပြောသလို ညာဘက်မှာရှိရင် ၄ ကြိမ်တော့ မပေါင်းပါ။ ဒီအစား ဘယ်ဘက်မှာ တကြိမ်နှုတ်ပါတယ်။

ဥပမာ တစ် ကို I နှစ် ကို II သုံးကို III လေးကိုတော့IIII လို့ရေးမဲ့အစား IV လို့ရေးပါတယ် V ထဲက I ကိုနှုတ်လိုက်ပါတယ် ကိုးဆိုရင်IX ပေါ့ဥပမာ 50 ကို L ဆိုရင် 40 ကို XL 60 ကို LX စသဖြင့် ၂၉၀၆ ကို MMCMVI စသဖြင့်ပေါ့။ ကျန်တာကို ကိုယ့်ဘာသာ စမ်းကြည့်နိုင်ပါတယ်။ ဒီsign value notation တွေရဲ့ အဓိက ပြသနာက ပေါင်းနှုတ်မြှောက်စား စသဖြင့် operationတွေလုပ်ရတာခက်တာပါ။ ဒီတော့ သင်္ချာပညာ ကိုတိုးတက်စေတဲ့ ဒုတိယ အဆင့်ကတော့ positional notation တနည်း place value notation ပေါ်လာတာပါ။ Place value notation က သင်္ကေတရဲ့ တန်ဖိုးသာမကဘဲ အဲဒီသင်္ကေတ ရှိတဲ့နေရာရဲ့ တန်ဖိုးကိုပါ ပေါင်းထည့်တာပါ။ ဥပမာ

$1234= 1\times 1000 + 2\times 100+ 3\times 10+ 4\times1$

$= 1\times10^3+2\times10^2+3\times10^1+4\times10^0$ ပါ

1ဟာ သူ့ရဲ့တန်ဖိုး 1 အပြင် နေရာလိုက်တန်ဖိုး 1000 2 ဟာ 2 အပြင် နေရာလိုက်တန်ဖိုး 100 စသဖြင့်ရှိတဲ့ စနစ်ကို positional notation လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ဒီမှာခုပြတာက decimal စနစ် 10 စနစ်ပါ 10 က base ပါ။ ဒီမှာ base က 2 ဖြစ်မယ်ဆို binary စနစ်ပါ ဥပမာ base 2 မှာ

$10111_2= 1\times2^4+0\times2^3+1\times2^2+1\times2^1+1\times2^0$

$=16+0+4+2+1=23$(base 10)

ဆိုလိုတာက base 2 မှာ 10111 ဟာ base 10 မှာ23 ပါ။ ဒီတော့ positional notation ဟာ ကြိုက်တဲ့ base မှာထား တစ်ခုကိုတစ်ခု ပြောင်းလို့ရပြီး တန်ဖိုးဟာ relative သဘောဆောင်ပါတယ်။ ခုခေတ်မှာ base10 ကို အဓိက သုံးရတာက လူတွေမှာ လက်ဆယ်ချောင်းပါလို့ပါ။ နောက် computer တွေမှာ base 2သုံးရတာက electric current ရှိတာနဲ့မရှိတာကြောင့်ပါ။ နောက် တခုက positional notation ရဲ့အားသာချက်က ပေါင်းနှုတ်မြှောက်စား လုပ်ရလွယ်လို့ပါ။ တတိယမြောက်ခြေ လှမ်းကတော့ သုည zero ဆိုတဲ့ အရာကို ရေတွက်မှုမှာ စသုံးတာပါ။ ဒါကို အိန္ဒိယက စခဲ့ပြီး အာရပ်တွေဆီကိုကုန်သွယ်မှုကတစ်ဆင့် ရောက်သွားပါတယ်။ ဒီကတစ်ဆင့် အနောက်တိုင်းကိုရောက်ခဲ့လို့ ဒါကိုဟိန္ဒူ အာရေဗစ် စနစ်လို့ လဲခေါ်ပါတယ်။ ဒီလိုနဲ့ပေါ်လာတဲ့ စနစ်ကို Natural number လို့ခေါ်ပါတယ်။ နောက်စနစ်ကတော့ integer ပါ။ ဒါကတော့ equation တွေကိုတွက်ရင်း အဖြေ -3 စသဖြင့်ပေါ်လာတဲ့အခါ integer -3 -2 -1 0 1 2 3 ပေါ်လာပါတယ်။ ဥပမာ 3- 5= -2 လို ညီမျှခြင်းပါ။ နောက်တစ်ခုကတော့ ဂရိခေတ်ထဲကတွေ့ရှိခဲ့တဲ့ rational number တွေပါ။ ဂရိတွေသိခဲ့တာက integer တိုင်းကို အပိုင်းကိန်းနဲ့ ရေးနိုင်ပြီး အချို့အပိုင်းကိန်းတွေကတော့ integer မဟုတ်တာပါ။

ဥပမာ 2=2/1 , 4= 8/2   but 2/3 , 5/8

စသဖြင့်ပါ။ ဒါတွေပါတဲ့စနစ်ကို rational number Q လို့ခေါ်ပါတယ်နောက်ပိုင်းပိုင်သာဂိုရပ်စ် သီအိုရမ် ပေါ်လာပြီးနောက် အပိုင်းကိန်းနဲ့ ရေးမရတဲ့ဂဏန်းတွေရှိလာပါတယ်။

ဥပမာ $a^2+ b^2= c^2$ $1^2+1^2=c^2$ $c= \sqrt{2}$

ဒီမှာ c ရဲ့တန်ဖိုးဟာ Root 2 ဖြစ်ပြီး ဒါကို အပိုင်းကိန်းနဲ့ဖော်ပြလို့မရပါ။ ဒီကနေ ဆက်ရှာတော့ pi လို e လို trancedental တွေကို ရှာတွေ့ခဲ့ပါတယ်။ ဒါတွေအားလုံးကို Real number system လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒီကမှ $\sqrt{(-2)}$ လိုကိန်းမျိုး ရဲ့အဖြေကိုရှာရင်း complex number များကိုတွေ့ခဲ့ပါကြောင်း

Python

သင်္ချာရဲ့ အစ ၂

0 1 2 3…… စသဖြင့် ကို Natural number ခေါ်ပါတယ် 3 + x= 2 လို ညီမျှ ခြင်းကို ရှင်းတဲ့ အခါ

$3+x-3 = 2-3$

x= -1 ကနေ အနှုတ် ကိန်းတွေ ပေါ်လာတဲ့ အခါnumber system က -3 , -2 , -1 , 0 , 1 , 2 , 3စသဖြင့် integer စနစ်ဖြစ်ပေါ်လာပါတယ်။ ဒီစနစ်က ဂရိတွေလက်ထက်ထဲကသိလာတာပါ။ ဂရိတွေရဲ့ အယူအဆ အရ တိုင်းတာလို့ ရတဲ့ကိန်းတိုင်းကို integer ၂ ခုရဲ့ အပိုင်းကိန်းနဲ့ ရေးလို့ရတာပါပဲ။ ဥပမာ

1/1 ,1/2 , 2/2 , 2/3 , 3/3 , 3/4

စသဖြင့်ပါ။

ဒါကို rational number Q လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဂရိခေတ်က အပိုင်းကိန်းနဲ့ရေးပေမဲ့ နောက်ပိုင်းမှာ radix point ဆိုတဲ့ အယူအဆပေါ်လာပါတယ်။ အင်္ဂလိပ်တွေက radix point ကို . နဲ့ ကိုယ်စားပြုပေမဲ့ ပြင်သစ်တွေက , သုံးကြတယ်လို့ ပြောပါတယ်။ဒါက ကျွန်တော်တို့ ဒသမ လို့ သိနေတဲ့ အရာပါ ဒါပေမဲ့ ဒသမ decimal point လို့ ဆိုရခြင်းကကျွန်တော်တို့ သုံးတဲ့ number system က base 10 ကို အခြေခံတဲ့ decimal စနစ်မို့ပါ။ တကယ်လို့ ကွန်ပြူတာလိုbase 2 မှာ ဆို ဒါ ကိုbinary point လို့ ခေါ်ပါတယ်။ စားလို့ မပြတ်တဲ့ rational ကိန်းတွေဟာ radix point ရဲ့ ညာဘက်ခြမ်းမှာ ပြတ်တဲ့ထိ ဆက်သွားပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ တချို့rational ကိန်းတွေကတော့ အဆုံးမရှိ ဆက်သွားပါတယ်။ ဥပမာ 0.3333333……… လိုပါ။ သူတို့က အဆုံးမရှိပေမဲ့ pattern တော့ရှိပါတယ်။ မှန်းလို့ရတယ်ပေါ့။ ခုမှာဆို နောက်လာမှာက 3 တွေချည်းပဲပေါ့ ။ ဗဟုသုတအနေနဲ့ ကြားဖြတ်ပြီး P- adic numberတွေ အကြောင်းပြောပြဦးမယ်။ သူတို့က ကျတော့ radix point ဒသမရဲ့ ဘယ်ဘက်ခြမ်းကို အဆုံးမရှိရေးရတာပါ။ ဂရိတွေရဲ့ ဂုဏ်ယူစရာတွေမှာ Pythagoras theoram ဟာ အရေးပါဆုံးပါ။

$a^2 + b^2 = c^2$

စတုရန်း တစ်ခုကို ပိုင်ယ်တဲ့ စတုရန်း ၂ ခု ခွဲလို့ရတယ်လို့ ဒီညီမျှခြင်းက ဆိုပါတယ်။ ဒီမှာ ဂရိတွေ စိတ်ဝင်စားတာက 1 ယူနစ်ရှိတဲ့ စတုရန်းနှစ်ခု ကို ပေါင်းရင်ရလာတဲ့ စတုရန်း ရဲ့ အနားဟာ ဘယ်လောက်လဲ ညီမျှခြင်းနဲ့ဆို

$x^2= 1^2 + 1^2$ ဆိုရင် x =?

ဒီမှာ root 2 ကို ဂရိတွေ စတွေ့ခဲ့ကြပါတယ်။

$x = \sqrt{2}$

√2 ဟာ integer ၂ ခု ရဲ့ အပိုင်းကိန်းနဲ့ ဖော်ပြလို့မရတဲ့ ဂရိတွေမြင်ဖူးသော ပထမဆုံးကိန်းပါပဲ။ သူက rational မဟုတ်လို့ irrational လို့ နာမည်ပေးလိုက်တယ်။ တကယ်တော့ rational number Q တွေကို အစီစဉ်လိုက် စီစဉ်ရင် လမ်းတခုနဲ့တူမှာပါ။ ဒီလမ်းမှာတချို့နေရာတွေက ချောင်းတွေကိုဖြတ်ရတဲ့အတွက် အဲ့နေရာတွေမှာ လမ်းက ပြတ်တောက်နေပါတယ်။ ဆိုချင်တာကတော့ Q ဟာ မျဉ်းဖြောင့် တစ်ကြောင်းဆိုရင် တစ်ဆက်တည်းရှိမနေပဲ တချို့နေရာ မှာအပေါက်တွေဖြစ်နေတယ်။ အဲဒီနေရာက √2 လို π လိုနေရာမျိုးတွေ ဒီလမ်း ကခရီးသွားလို့ရဖို့ဆိုရင် တံတားထိုးဖို့ လိုပါတယ်။ ဒီတံတားတွေကတော့စောစောကပြောတဲ့ √2 တို့ π တို့ပါပဲ။ တံတားထိုးပြီးတဲ့နောက်မှာတော့ လမ်းဟာ တဆက်တည်း ဖြစ်သွားပြီး ဒီလမ်းကို Real number လို့ခေါ်ပါတယ်။ Real number R ဟာ မျဉ်း ကြောင်းတစ်ခုပေါ်က အဆုံးမရှိတဲ့ အမှတ်စက်များရဲ့ အစုပါ။ R ပေါ်မှာ +-×÷ စတဲ့ binary operation တွေကို လုပ်လို့ရပါတယ်။ binary operation ဆိုတာကတော့ input အနေနဲ့ ၂ ခု သွင်းလိုက်တိုင်း output တစ်ခု ထုတ်ပေးတဲ့ ဆောင်ရွက်ချက်ပါ။ real number R ကို သုံးပြီး တွက်တဲ့အခါမှာ ညီမျှခြင်းအများစုက အဖြေရှိပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ အဖြေမရှိတဲ့ ညီမျှခြင်း တစ်ချို့ကို တွေ့လာရပါတယ်။ အဲဒါကတော့ $x^2 = -1$ ပါ ။

ဒါကိုရှင်းရင် $x = \sqrt{-1}$ ရပါတယ်square နှစ်ထပ်ကိန်းရဲ့သဘောက အနှုတ်မရှိပါဘူး။ အပေါင်းပဲ ရှိပါတယ်။ ဥပမာ 4 ရဖို့ဆို 2×2 သို့မဟုတ် -2×-2 ပါ။ ရလာတာကတော့ +4 ပါ။ ဘယ်တော့ မှ -4 မရပါဘူး။ တစ်နည်းအားဖြင့် real number line ပေါ်မှာ √- something ဆို တာမရှိပါဘူး။ ဒီမှာ R ကို ချဲ့ဖို့ လိုပါပြီ။ ဒါရဲ့ ပထမဆုံး ကတော့ 1 ကို စထွင် သလိုပါပဲ။ $\sqrt{-1} = i$ ကို သတ်မှတ်ပေးလိုက်တာပါ။ $i \times i = -1$ ပေါ့။ i ကို imaginary number ကိန်းယောင်လို့ခေါ်ပါတယ်။ ကျန်တဲ့ imaginary တွေကို i ကနေ တည်ဆောက်လို့ရပါတယ်။ -4i , -3i ,-2i , -i , 0 , i ,2i ,3i ,4i စသဖြင့် မဆုံးတဲ့မျဉ်းတစ်ကြောင်းကို R ကိန်းစစ်တွေရဲ့ မျဉ်းနဲ့ ထောင့်မှန်ကျ 0 မှတ်ကို ဖြတ်ပြီးထားလိုက်ယုံပါ။ ဒီအခါမျက်နှာပြင်တခုဖြစ်သွားပြီး။ ဒီပေါ်က အမှတ်စက်တွေကို ကိန်းထွေ complex number လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ကိန်းထွေကို C လို့ ခေါ်ရင် $C= a+ bi$ ဆိုပြီးရေးနိုင်ပါတယ်။ a နဲ့ b က ကိန်းစစ်တွေပေါ့။ ဥပမာ $C = 3+ 4i = 3+ 4\sqrt{-1}$ ပေါ့။သင်္ချာဟာ complex number ပေါ်လာပြီးနောက်ပိုင်း ပြီးပြည့်စုံတဲ့ number system တစ်ခုကို ရခဲ့ပါတယ်။ သူ့မှာ ညီမျှခြင်းတွေဟာ အဖြေရှိလာပါပြီ။

ကျွန်တော် ဒီပို့စ်ကို ရေးလာတာ အတော်ကြာပါပြီဗျာ။ ရည်ရွယ်ချက်က ကျွန်တော့် ငယ်ဘဝမှာ သိချင်တာ တွေကို ရှင်းပြမဲ့သူမရှိခဲ့သလို သင်ပေးမဲ့သူလဲမကြုံခဲ့ရပါဘူး။ ဖတ်ရမဲ့ လေ့လာနိုင်တဲ့စာအုပ် လည်း ရှားခဲ့ပါတယ်။ ခု ဒါတွေဟာ နိုင်ငံရဲ့ဆင်းရဲမှု အစိုးရရဲ့ ပညာတတ်တွေများလာရင် အုပ်ချုပ်လို့မရဘူးလို့ ယူဆမှုတွေကြောင့် ပညာရေးကို အားမပေးခဲ့မှုတွေကြောင့်ပါ။ ဒါဖြင့် ခင်များကော ဒါတွေဘယ်လို နည်းနဲ့ သိနေတာတုန်းဗျာလို့မေးရင် ဟုတ်ကဲ့ ကျွန်တော်ခုပို့စ်တွေမှာ ရေးခဲ့သမျှ သိပ္ပံနည်းကျတွေကို internet တွင်ကျယ်လာတော့မှ လေ့လာခွင့်ရခဲ့တာပါ။ ဒီမတိုင်ခင်က quantum mechanic ဆိုတဲ့ အစောပိုင်း ကာလက date အောက်နေတဲ့ စာအုပ်တောင် ရန်ကုန် အဟောင်းဆိုင်တန်းမှာတစ်နေကုန်အောင် ရှာတော့မှ တစ်အုပ်တွေ့ပြီး ၁၉၉၇ အချိန်မှာ ၂၀၀၀ ကျော်ပေး ဝယ်ခဲ့ရတာပါ။ မြန်မာတွေ နောက်ကျလွန်းပါပြီ။

ကျွန်တော် like လိုချင်လို့ ဒီစာတွေမရေးပါဘူးဗျာ။ ဒီစာတွေကို ဖတ်ပြီးနားမလည်တဲ့ ခေါင်းစားလွန်းတယ်လို့ထင်မဲ့ လူတွေများမှန်းသိပါတယ်။ဒါပေမဲ့ကျွန်တော်လိုချင်တာတခုတော့ရှိတယ်။ ကျွန်တော့်လို ငယ်စဉ်ဘဝမှာ ငယ်တုန်းရွယ်တုန်းမှာ သိပ္ပံကိုရူးသွပ်တဲ့ လူငယ်တွေဆီ ဒီစာတချို့ ကို motivation တစ်ခုအနေနဲ့ ရောက်စေချင်ပါတယ်။ကျွန်တော် အတွက် ငါးဒေါ်လာဟာ မခက်ခဲပါဘူး။ ဒီပို့စ်တွေကို boost လုပ်ရင် ၅ ဒေါ်လာနဲ့ လူ22000 ကို ဖေ့ဘုတ်က ဖြန့်ပေးပါတယ်။ ဒါပေမဲ့မြန်မာဟာ bank acc စနစ်တကျ မရှိသလို လက်တလောမှာ ကျွန်တော်လည်း ဒါလုပ်နိုင်တဲ့အနေအထား/နေရာမှာမရှိပါဘူး။ ကျွန်တော်ဖြစ်ချင်တဲ့ဆန္ဒ ကို ပြောရရင်ဒီပို့စ် ကို ဖတ်မိသူတွေအနေနဲ့ like ပေးစရာ မလိုပါ။ ဖတ်မိသူတွေရဲ့ friend တွေထဲက သိပ္ပံ၊ သင်္ချာ၊ ရူပဗေဒ စသဖြင့် စိတ်ဝင်စားသူတစ်ချို့တစ်လေထံ ရောက်ခဲ့ရင် ဝမ်းသာမိမှာပါ။

ကျွန်တော်ပေ့ဂျ် မှာ ရေးသမျှတွေထဲမှာ ပေ့ဂျ် လူဦးရေ ၆၀၀၀ ကျော် ရှိပေမဲ့ အများဆုံးဖတ်တာဆိုလို့ human evolution အကြောင်း ပို့စ် တစ်ခုပဲ ၁၀၀၀၀ ကျော်ရှိဖူးပါတယ်။ like က ဒီထဲမှာမှ ၁၀၀ ကျော်ပေါ့ဗျာ။ share တော့မပြောတော့ပါဘူး။ ဒီပေ့ဂျ် ဟာ စီပွားရေးအတွက်မရည်ရွယ်ပါဘူး။ only for education and critical thinking အတွက်ပါ။ အပမ်းမကြီးဘူးဆိုရင် ရှဲပေးကြပါလို့။ ဒီပေ့ဂျ်မှာ ရေးသမျှဟာ ပညာရပ်ဆန်လို့ နားမလည်နိုင်ပါဘူး။ ဒါက အရေးမကြီးပါ။ အရေးကြီးတာက သိပ္ပံနည်း မကျတာတွေ နားယောင်နေမဲ့အစား သိပ္ပံပညာဟာ တစ်နည်း ပညာရေးဟာ ကျွန်တော်တို့ရဲ့တွေးပုံ ခေါ်ပုံ လုပ် ပုံ ကိုင်ပုံ ခံယူပုံ ကိုပြောင်းလဲနိုင်ကြောင်းပြောလိုရင်းပါ

ကျေးဇူးတင်ပါတယ်ဗျာ။

သင့်သယ်ရင်း တစ်ယောက်တစ်လေ စိတ်ဝင်စားသူထံရောက်ရှိဖို့ ရှဲပေးပါ။

အင်စပတ်တာမြဝေ နှင့် သုဒ္ဓကိန်းများ

အိုင်ဆေး ကိုပိုင်သွန် ဟိုတစ်နေ့ကပြောတဲ့ RSA cryptosystem အကြောင်းလေး ဆက်စမ်းပါဦး။ ကောင်းပါပြီ ကိုမြဝေ။ ဒီစနစ်က ခုခေတ် အင်တာနက်တွေမှာ အဓိက အသုံးပြုတဲ့စနစ်ပေါ့။ Rivest , Shamir နဲ့ Adleman တို့ကိုဂုဏ်ပြု မှည့်ခေါ်ထားတာပေါ့။ သူက အလွန်ကြီးတဲ့ကိန်းတွေကို ဆခွဲကိန်းခွဲရတာခက်တဲ့ အချက်ပေါ်မူတည်ပြီး ပြုလုပ်ထားတဲ့ စနစ်ပေါ့ဒီမှာ ပထမအိုင်ပီ သိဖို့လိုတာက primes number သုဒ္ဓကိန်းတွေ အကြောင်းပါပဲ။ prime ဆိုတာ 1 နဲ့ သူကိုယ်တိုင်ကလွဲရင် စားလို့မပြတ်တဲ့ကိန်းမဟုတ်လား ကိုပိုသွန်။ ဟုတ်တယ် ကိုမြဝေ။ ဥပမာတွေက 3, 5, 7, 11,…… စသဖြင့်ပေါ့ဗျာ။ 3 ကို 1 နဲ့ 3 ကလွဲရင်စားမရဘူး။ တခြားဟာတွေလည်း ထိုနည်းငင်းပေါ့။ prime တွေဟာ ဘာလို့ အရေးကြီးလည်းဆိုတော့ ဘယ်ကိန်းကိုမဆို prime တွေ မြှောက်ခြင်းနဲ့ ပြုလုပ်ယူနိုင်တယ်။ တနည်းအားဖြင့် ကိန်းတိုင်းကို ဆခွဲကိန်းပြန်ခွဲရင် prime တွေပဲပြန်ရတယ်။ ကိုမြဝေ ဥပမာ 10= 3 × 5 , 8= 2×2×2

9=3×3 , 24= 2×2×2×3 စသဖြင့်ပေါ့။

ဒီတော့ သုဒ္ဓကိန်းတွေဟာ မူလဘူတကိန်းတွေ atom of numbers လို့ပြောလို့ရတယ်။ ကိုမြဝေ ဥပမာ ရေ H_2O ဆိုတဲ့ဒြပ်ပေါင်းကို H နှစ်လုံး O တစ်လုံးဆိုတဲ့ atom ၃ လုံးနဲ့ တည်ဆောက်ထားသလိုပေါ့။ သူတို့ကိုကြတော့ ထပ်ခွဲလို့မရတော့ဘူးပေါ့ဗျာ။ ဒါကြောင့် စင်ကြယ်တယ်ဆိုပြီး သုဒ္ဓလို့ ခေါ်ဟန်တူပါတယ်။ prime ကတော့ မူလအစ အဦးဆိုတဲ့ အဓိပ္ပါယ်မျိုးပေါ့။ ဒီတော့ ကိန်းတွေက အနန္တရှိပေမဲ့ သူတို့ကို ခွဲခြမ်းလိုက်ရင်တော့ပရိုင်းတွေပဲကျန်ခဲ့မှာပေါ့။ ဒါပေမဲ့လည်း ယူကလစ်က ပရိုင်းတွေဟာ အနန္တရှိတယ်လို့ သူရဲ့ယူကလစ်ကျမ်းမှာ သက်သေပြခဲ့တယ်ဗျ။ အင်း စိတ်ဝင်စားဖို့ကောင်းသဗျာ။ ဆက်ပါဦး p နှင့် q က prime ဆိုရင် pq = N ဆိုပြီး ဆခွဲကိန်းခွဲလို့ရတဲ့ composite number N ကိုလွယ်လွယ်ရှာလို့ရတယ်ဗျ။ ကွန်ပြူတာမှာပေါ့။ ဒါပေမဲ့ ကိုမြဝေ N ကို ပေးထားပြီး p နဲ့ q ကို ပြန်ရှာခိုင်းရင် အရမ်းခက်တယ်ဗျ။ အရမ်းကြီးတဲ့ N ဆိုရင်ဒါကိုအရမ်းကောင်းတဲ့ စူပါကွန်ပြူတာနဲ့တောင်အကြာကြီးရှာရတယ်။ သူတို့ကို polynomialtime မှာရှာရလို့ P ပြဿနာလို့ ခေါ်တယ်ဗျ။P ပြဿနာတွေက အရမ်းခက်ပေမဲ့ အဖြေရှိသေးတယ်ပေါ့ဗျာ။ နောက်ပြဿနာမျိုးကတော့ exponential time မှာ အဖြေရှာရလို့ ဒီပြဿနာမျိုးကတော့ သူတို့ကိုဖြေရှင်းဖို့ကြာချိန်ဟာ စကြာဝဠာ သက်တမ်းထက်ကြာ လို့ တနည်း လူ မပြောနဲ့ ကွန်ပြူတာတောင် ရှင်းမရတဲ့ပြဿနာမျိုးတွေပေါ့ဗျာ။ ခင်ဗျားတကယ်လို့ သင်္ချာနဲ့ ပိုက်ဆံရှာချင်ရင် ဒီပြဿနာကို ရှင်းဗျ။ အမေရိကန်နိုင်ငံ Clay university မှာ ဒါကိုရှင်းနိုင်ရင် ဒေါ်လာတစ်သန်းပေးမယ်လို့ ဆိုထားတယ်ဗျ။ အဲဒါကတော့ P vs NP ပြဿနာပါ။ ဆိုလိုတာက NP ပြဿနာဟာ P ပြဿနာလိုပဲ ဖြေရှင်းရနိုင်လား၊ မရနိုင်ဘူးလား၊ တူမလား၊ မတူဘူးလား။ သက်သေပြဖို့ပါ။ ဪ ဒါကခုထိ မသိသေးဘူးပေါ့။ ကိုပိုင်သွန်ဟုတ်တယ် ဒါပေမဲ့ ပညာရှင်အများစုကတော့မတူဘူးလို့ ယူဆကြတယ်။ တစ်ချို့ကပြောတာတော့ P နဲ့ NP ဟာ မတူမှုဖြစ်မယ်ပေါ့။ ဘာလို့ဆို သီချင်းတစ်ပုဒ် ကောင်းမကောင်းကို နားထောင်တာနဲ့ လူအများစုကသိတယ်လေ။ ဒါပေမဲ့ လူအများစုကို သီချင်းကောင်းကောင်း ရေးခိုင်ရင်တော့ မရေးတတ်

ကြဘူးလေ။ ပါရမီရှင်ဆိုတာ one way function သို့ one way computation တွင် ရှိနေလို့သာ ရှိနိုင်တာမျိုးကိုး။ ခုပြောမဲ့ RSA ကလည်း prime တွေပေးထားရင် N ရလွယ်ပေမဲ့ N ပေးထားရင် primes တွေပြန်ရဖို့ ခက်တဲ့အနေအထား one way process ပေါ်မှီတည်နေရတာပေါ့ကိုမြဝေ။ အင်း ဒါတော့ စဉ်းစားဖို့ကောင်းတဲ့ပြဿနာပေပဲ။ အင်း နောက်တစ်ခု သိရမှာက Euler phi function Φ (N) ပေါ့။ ဒီ ဖန်ရှင်က N ကို ပေးထားရင် သူ့အောက်မှာ relatively prime ဖြစ်တဲ့ကိန်းအရေအတွက်ကို ရှာပေးတယ် ပေါ့ဗျာ။ ကိန်း ၂ ခု က relatively prime ဖြစ်တယ်ဆိုတာက သူတို့နှစ်ဦးလုံးကို စားလို့ပြတ်တဲ့ အကြီးဆုံး ဂဏန်း gcd(greatest common devisor) က 1 ဖြစ်တာကိုပြောတာဗျ။ ဥပမာ 4 နဲ့ 5 ဆို သူတို့ နှစ်ဦးလုံးကို ပြတ်တာ 1 ပဲ ရှိတယ်။ ဒါကြောင့် gcd(4,5)=1 ဒီလိုရေးပါတယ်။ 4 နဲ့ 6 ဆိုရင် စားလို့ပြတ်တဲ့ အကြီးဆုံးဂဏန်းက 2ပေါ့။ ဒီတော့ gcd(4,6) =2 ဒီလိုရေးပါတယ်။ gcd 1 ရတဲ့ ကိန်း ၂ လုံး ကို relatively prime လို့ခေါ်တယ်။ 4 နှင့် 5 ဆို relatively prime ပေါ့ဗျာ။ ဒီတော့ ဒါတွေပြောပြရတဲ့ အဓိက အကြောင်းအရင်းက ဟိုတစ်ခါပြောတဲ့ modular သင်္ချာမှာ ခုလို

$$ed=1 \pmod{\Phi(N)}$$

ဆိုတဲ equation မှာ အဖြေရှိ ဖို့ ဆိုရင်

$$\gcd(e,\Phi(N))=1$$

ဖြစ်ဖို့လိုပါတယ် ဆိုလိုတာက e နဲ့ Φ(N) သာ relatively prime ဖြစ်ခဲ့ရင် e နဲ့ d မြှောက်ခြင်းဟာ1 ရမှာ တစ်နည်း e ဟာ d ရဲ့ inverse ပါဒီတော့ ကိုမြဝေ ဒါလောက်နားလည်ပြီဆိုရင် RSA အကြောင်း ပြောလို့ရပါပြီ။ ဟုတ်ပြီကိုပိုင်သွန်။ ဆက်ပါဦး။ တကယ်လို့ ကိုမြဝေက အင်တာနက်ပေါ်က ကုန်ပစ္စည်း တစ်ခုခု ရောင်းမဲ့စီးပွားရေးသမားဆိုပါစို့။ ဝယ်သူတွေကအများကြီး။ သူတို့က ဝယ်ချင်ရင် သူတို့ရဲ့ ဘဏ် အကောင့်ကိုပေးရမယ်။ ဒါကိုကြားက ဖြတ်ဖမ်းမိရင် အန္တရာယ်ရှိတယ်။ ဒီတော့ ဒါကို ဝှက်ဖို့ encrypt လုပ်ဖို့ လိုတယ်။ အရေးကြီးတာကကိုမြဝေ က encryption key ကို လူတွေအများကြီးသိအောင် ကြေငြာ မယ်။ ဒါဆို ဝယ်တဲ့သူက အဲ့ key ကို သုံးပြီးဝှက်မယ်။ ပြီးရင် ကိုမြဝေဆီပို့မယ်။ ကြားကလူက ဖြတ်ဖမ်းရင် ဒါကို encryption key ကြည့်ယုံနဲ့ မဖော်နိုင်ဘူး။ ဘာလို့ဆို ကိုမြဝေဆီမှာပဲ decryption key ဖော်တဲ့သော့က ရှိတာပေါ့။

၁: ကိုမြဝေက အတော်ကြီးတဲ့ prime number နှစ်ခု p နဲ့ q ကို ရွေးလိုက်ပါ။

၂: p နဲ့ q ကို မြှောက်ပြီး pq=N ကိုရှာပါ။

၃: Φ(N) =Φ(pq)= (p-1)(q-1) ကိုရှာပါ ဒီ functionက N ပေးထားရင်ရှာဖို့ခက်ပါတယ် ဒါပေမဲ့ N ကprime ဖြစ်ရင်တော့ ခု formula နဲ့ရှာလို့လွယ်ပါတယ်။

၄: ပြီးရင် 1< e <Φ(N) နဲ့ gcd(e,Φ(N))=1 ဖြစ်တဲ့ e ကို ရွေးပါ။

၅: (e, N) ဒီကိန်း ၂ ခု က public key ပါ တနည်း ကိုမြဝေဆီက ဝယ်မဲ့သူဘယ်သူမဆို ဒီနှစ်ခုသုံးပြီး သူတို့ bank account နံပါတ် ကို ဝှက်ရမှာပါ။ ဝှက်နည်းက ဥပမာ အကောင့်က m ဆိုရင်

c = m^e (mod N) ပါ။

e နဲ့ N ကိုသုံးပြီး m ကို c ပြောင်းပါ။ ပြီးရင်ကိုမြဝေဆီပို့ပေါ့။ ဒါဆိုကြားကဖြတ်ဖမ်းသူက m ကိုမသိနိုင်

တော့ဘူး c ကိုပဲရမယ်။

၆: ကိုမြဝေက ed=1(mod Φ(N)) ကနေ d ကိုရှာပါ။ d ဟာ e ရဲ့ multiplicative inverse ပါ။ တစ်နည်း decryption key သော့ပေါ့။ ဒါကို ကိုမြဝေက သိမ်းထားရမှာပါ။

၇: ဝယ်သူ ဆီ က c ရောက်လာတဲ့အခါ

c^d=(m^e)^d = m^de=m^1=m

m ကို ရပါပြီ။ ဒီနည်းနဲ့ကြားက လူက မသိနိုင်ပဲဝှက်စာပို့နိုင်ပါပြီကိုမြဝေ။ အာားးး တော်တော်တော့ ရှုပ်လဲရှုပ်တယ်၊ စိတ်ဝင်စားဖို့လဲကောင်းတယ် ကိုပိုင်သွန်။ ဒါနဲ့ကြားက လူက N နဲ့ e ကနေ d ကိုမရှာနိုင်ဘူးလား ကိုပိုင်သွန်။ ရှာဖို့ခက်တယ် ကိုမြဝေ။ အဓိကကတော့ အထက်ကပြောခဲ့သလိုပဲ N ကနေ p နဲ့ q ကို ခွဲဖို့က N သာအတော်ကြီးမယ်ဆို အရမ်းကြာမှာပါ။ p နဲ့ q ရမှ Φ(N)=(p-1)(q-1) ကနေ Φ(N) ရမယ်။ အဲ့ကနေ e နဲ့ d ကိုရှာနိုင်မှာပါ။ ဒီတော့ RSA ရဲ့ လုံခြုံရေးဟာ N ကို p နဲ့ q အဖြစ် uniquely ဆခွဲနိုင်တဲ့အပေါ်မူတည်တယ် ကိုမြဝေ။ ဒါက လက်ရှိတော့အဲ့ program(algorithm) ကို ရေးနိုင်တဲ့သူ မရှိသေးဘူးပေါ့။ ကိုမြဝေ ရေးနိုင်ခဲ့ရင် ဘဏ်တွေဖောက်ပြီး ချမ်းသာပြီပေါ့ဗျာ။ ဟားဟားဟားဟား ဒါဆိုဒီပြသနာက အတော်ကြီးတာပဲ ကိုပိုင်သွန်။ ဟုတ်တာပေါ့ ကိုမြဝေ။ ဒါပေမဲ့ ဒါကိုလုပ်နိုင်ဖို့က လဲ number theory မှာ တဖက်ကမ်းခတ်မှပါ။ ကိုမြဝေအင်း ဗဟုသုတ ရပါပေတယ်ဗျာ။ သိပ်နားမလည်ပေမဲ့ အရေးကြီးပုံ၊ number theory ရဲ့ အသုံးဝင်ပုံကိုတော့ မှန်းမိပါတယ်ဗျာ။ တစ်ခုပဲ ကျုပ်တို့နိုင်ငံ သိပ်မတိုးတက်သေးတော့ e commerce တွေဘာတွေ မရှိသေးတော့ တစ်ယောက်ယောက်က ဒီလုံခြုံရေးကို ဖောက်နိုင်ခဲ့ရင်လည်း စိုးရိမ်စရာတော့မရှိသေးပါဘူးဗျာ။ ဒီလိုကြတော့လဲ ကျုပ်တို့ ခေါင်းဆောင်တွေရဲ့ အမြော်အမြင်ကြီးမှု ကို ဝမ့်ဆွေ့ ဝမ့်ဆွေ့

ဝမ့်ဝမ့်ဆွေ့ပါ ဗျားးး ……………………………..။

အင်စပတ်တာမြဝေ နှင့် သော့ပေးပို့ခြင်းပြဿနာ

အချိန်က မှောင်ရီပျိုးစ ညီအစ်ကို မမှူးတမှူး အချိန်တည်း။ လေပွေတချက်ဝှေ့ဝိုက်၍ ဘုံကျောင်းတဝိုက် တိုက်ခတ်သွားသည်။ နီယွန်မီးရောင် တချို့အောက်မှာ ဆွဲထားသော တရုတ်မီးပုံးတချို့ လှုပ်ယိမ်းသွား၏။ ဘုံကျောင်းရှေ့ဝယ် သူတောင်စားအိုကြီးတစ်ယောက် ခေါင်းပေါင်းဖြင့်ငိုက်နေလေသည်။ ထိုအခိုက်ဝယ် ခန္ဓာကိုယ် ခပ်တောင့်တောင့် ရုပ်ခပ်မာမာ စပို့ရှပ်လက်တိုကို ဝတ်ထားသော သက်လက်ပိုင်းတစ်ယောက် အတက်ချီ ကေ့စ် တစ်ခုကို ဆွဲ၍ လျှောက်လာလေသည်။ ၎င်း က သူတောင်းစားအိုကြီးရှေ့ရောက်လျှင် ခဏမျှ ရပ်လိုက်ပြီး အိတ်ထဲမှ ပိုက်ဆံ တစ်ရွက်ကို ပစ်ချ ပေးလိုက်သည်။ ထို့နောက် ဘေးဘီ သို့ ခဏမျှ ကြည့်ပြီးနောက် ဆက်ထွက်လာခဲ့ပြီး လမ်းထောင့်ခါတ်တိုင်အောက်ဝယ် အိတ်တွင်းမှ စီးကရက် တလိပ်ထုတ်ပြီး မီးညှိဖွာရှိုက်လိုက်လေသည်။ ထိုစဉ် တဖက်လမ်းမှ သူ့ကဲ့သို့ ဝတ်ဆင်ထားသော မျက်မှန်နက်နှင့် တစ်ယောက် လမ်းတစ်ဖက်မှ ကူးလာပြီးနောက် ဘေး မှဖြတ်သွားလေရာ စီးကရက်သောက်နေသူက သူ့လက်ထဲမှ အတက်ချီကေ့စ်ကို လှမ်းပေးလိုက်လေသည်။ မျက်မှန်နှင့်လူလည်း ကေ့စ်ကိုယူရင်း ဆက်လျှောက်သွားလေရာ လမ်းထောင့်ချိုးသို့ ရောက်သောအခါ မှောင်နေသော လမ်းထဲသို့ ကွေ့ဝင်ခဲ့လေသည်။ ထိုအခိုက် ညဥ့်ငှက်တကောင်က ခပ်စူးစူးအော်ရင်း တိုက်များပေါ်က ဖြတ်ပျံသွားသည်။ ညလေးအေးက စိမ့်ခနဲတချက်မျှ သုတ်သွားလေ၏။ မျက်မှန်နက်သည် ရှောက်လက်စ ခြေလမ်းများကို တိခနဲရပ်လိုက်ရင်း နားတချက်စွင့်လိုက်သည်။ သူသည် ဝင့်ချမ် သိုင်းပညာကို တတ်မြောက်သော တိုက်ခိုက်ရေးသမားတစ်ဦးပင်တည်း။ ခေါင်းကို ဆတ်ခနဲယိမ်း၍ ကိုယ်သိမ်းအလှည့်ဝယ် ရိပ်ခနဲ ခေါင်းပေါ်မှကျော်သွားသောလက်တစ်ဖက်က ရန်သူကို ပြန်လည်တိုက်ခိုက်ရန် principle of centerline အရ လက်နှစ်ဖတ်နှင့်ညာခြေကို ပြင်ဆင်လိုက်စဉ်မှာပင် အရိပ်ပမာတိုက်ခိုက်လာသော လက်များအောက်တွင် ဝင်းခနဲပွင့်သွားပြီး လမ်းမပေါ်သို့ ပစ်ကျသွားလေသည်။ သူနောက်ဆုံး သတိမလစ်ခင်မြင်လိုက်ရသည်မှာ မြေပေါ်ကျနေသော အတက်ချီကေ့စ်ကို ကောက်ကိုင်လိုက်သော ခေါင်းပေါင်းနှင့် သူတောင်းစာအို၏ မသဲကွဲသော မျက်နှာပင်တည်း။

....

"အိုင်ဆေး ကိုမြဝေ ခင်ဗျား ကြည့်ရတာ စိတ်အိုက်နေသလိုပဲဗျာ။ အလို ဘေးမှာလည်း အဝတ်စားစုတ်တွေ ခေါင်းပေါင်းတွေနဲ့ပါလားဗျ။ ဘာတွေဖြစ်သတုန်း။ ကျွန်ုပ်သည် စားပွဲပေါ်မှ အတက်ချီကေ့စ် ကို စိတ်ပျက်လက်ပျက် ထိုင်ကြည့်ရင်း အတွေးခေါင်နေဟန်တူသော အင်စပတ်တာ မြဝေအား နှုတ်ဆက်ရင်း ထိုင်ခုံ၌ဝင်ထိုင်လိုက်၏။ ကိုမြဝေလည်း ပခုံးတွန့်လိုက်ရင်း အနားမှ ပရုတ်ဆီဘူးကို ဖွင့်ကာ ညာလက်ဖမိုးကို လူးလိုက်လေ၏။ ကိုမြဝေက မချိပြုံးပြုံးရင်း " ဂလို အိုင်ဆေး ကိုပိုင်သွန် ဒီနေ့သတင်းရလို့ သံသယရှိသူ တစ်ယောက်နောက်ကို ရုပ်ဖျက်ရင်းလိုက်ခဲ့တယ်ဗျာ။ ဒီအတက်ချီကေ့စ်ကို ရတယ်ဗျ။ သတင်းအရတော့ ဒါကို ဖွင့်လို့မဖြစ်ဘူး။ သူတို့ကဒီထဲမှာ အရေးကြီးသတင်းကို ထည့်ထားပေ မဲ့ ၃ ကြိမ်လဲဖို့ အစီအစဉ်ရှိတယ်လို့ သိရသဗျာ။

ဒီကြားထဲလွဲခဲ့ရင် အစီအစဉ်ပြောင်းဖို့လဲ အစီအစဉ်ရှိတယ်လို့ သိရတယ်။ နို့ပေမဲ့ တခုခုတော့ သတင်းရလို့ရငြား ကျုပ်လဲဖြတ်သုတ်ခဲ့တယ် ကိုပိုင်သွန်။ သူတို့ဘာတွေစီစဉ်နေလဲဆိုတာ စဉ်းစားမရလို့ စိတ်အိုက်နေတာပဲဗျ။ သူတို့ဆိုတာ တရစ်သိုးခုတ်တို့ အဖွဲ့လားဗျ။ ဟုတ်ပ ကိုပိုင်သွန်။ ကြံစမ်းပါဦးဗျ။ နို့နေပါဦး။ သူတို့ကနောက် ၂ ကြိမ် ဒီဟာကိုပဲ လဲ မှာတဲ့လားဗျာ။ ဟုတ်ပ ဗျာ။ ကေ့စ်ကို ဖွင့်ဖို့ကလည်း အစီအစဉ်ပြောင်းသွားမှာ ကြောက်ရသေးတယ်။ သော့ခလောက်ခတ်ဖို့ သော့မောင်း ၂ ခု နဲ့ဗျ။ သော့ ခလောက်ကတော့ တစ်ခုပဲခတ်ထားတယ်။ နေပါဦး။ ကျုပ်ကြံပါဦးမယ်ဗျ ကိုမြဝေ။ ဟုတ်ပြီဗျာ။ ထင်တာ မလွဲလို့ တည့်ရိုးဆို ဒါဟာ ကျုပ်ပြောတဲ့ key distribution ပဲဗျ။ ဟာလုပ်စမ်းပါဦး အိုင်ဆေး ကိုပိုင်သွန်။ လင်းစမ်းပါဦး အချိန်ရှိတုန်းလေး။ ဒီလိုဗျ ကိုမြဝေ။ ကိုမြဝေကို ပြောခဲ့သလိုပဲ ဝှက်စာဖော်ရာမှာ အဓိက ကတော့ သော့ပို့တဲ့ပြဿနာပဲ။ ရှေးအခါက စစ်တိုက်တဲ့အခါ ဝှက်စာ ပို့ရာမှာ စာပို့ခို၊ ဆက်သား၊ သူလျှို စသဖြင့် သုံးခဲ့ပေမဲ့ ပြဿနာက ကြားကဖြတ်ယူသွားနိုင်တာပဲ။ ခု အိုင်ပီ လုပ်ခဲ့သလိုပေါ့ဗျာ။ ဝှက်စာ တစ်စောင်ကို ဝှက်ပြီဆို တူညီတဲ့သော့နဲ့ ဒီဘက်က ဝှက်သလို ဟိုဘက်ကလည်း ဒီသော့နဲ့ပဲ ပြန်ဖော် တယ်။ ဒီတော့ သော့မပို့ ပဲဖွင့်လို့မရဘူးလား။ ဒါကိုရှာခဲ့တာဗျ ၁၉၇၀ ကျော်မှ ဒီပြဿနာ ကိုဒဲလ်ဖီ နဲ့ ဟေးမင်း တို့ အဖြေရှာနိုင်ခဲ့တယ်။ ဒီနောက်တော့ အင်တာနက်မှာ လူတိုင်း amazon လိုနေရာမျိုးမှာ ကိုယ်ကြိုက်တဲ့ပစ္စည်း ကိုယ့် ဘဏ် အကောင့်ခရက်ဒစ်ကတ်ပြပြီး online shopping ထွက်လို့ရတယ် ပေါ့ဗျာ။ ဒါက e commerce ခေါ်တဲ့ အီလက်ထရွန်းနစ်စီးပွားရေးရဲ့အစ၊ အခြေခံနှင့် လုံခြုံမှုလည်း ဖြစ်တယ်ပေါ့ဗျာ။ ကျုပ်တို့နိုင်ငံတော့ မပါသေးဘူးပေါ့ဗျာ။

" ဒီမိုကရေစီခိုင်မာလာရင်တော့ ဒါတွေ ဖြစ်လာမှာပေါ့ အိုင်ဆေး ကိုပိုင်သွန်။ မှန်တာပေါ့ ကိုမြဝေ။ မှန်တာပေါ့ ဒီသော့ပို့တဲ့နည်းကို ကိုမြဝေ နားလည်အောင်ပြောပြရရင် ရန်ကုန်ကမန္တလေး ကို သော့မပို့ ပဲ သေတ္တာပို့ချင်တယ်ဆိုပါစို့။ ရန်ကုန်က မောင်ကောင်းက သေတ္တာ ထဲ စာထည့်သော့ခတ်လိုက်ပြီး မန္တလာက ကိုချစ်စီ သေတ္တာ ပို့လိုက်တယ်။ သူ့သော့ကို သူသိမ်းထားတယ်မန္တလာ က ကိုချစ်က သူ့ဆီ ရောက်တဲ့ သေတ္တာ ကိုဖွင့်ဖို့သော့ မရှိဘူး။ ဒီတော့ သော့ရှိတဲ့ နောက်သော့ခလောက်ကို သေတ္တာမှာ ထပ်ခတ်လိုက်တယ် သော့ခလောက်၂ လုံးနဲ့ သေတ္တာကို ရန်ကုန်ပြန်ပို့လိုက်တယ်။ ကိုချစ်က သူ့သော့ကို တော့ သူသိမ်းထားတယ်။ ရန်ကုန်က မောင်ကောင်းက သူ့ဆီရောက်တဲ့ သော့ခလောက် ၂ လုံးနဲ့ သေတ္တာ ကို လက်ခံရရှိတဲ့ အခါသူ့သော့နဲ့ သော့ခလောက် တခုကိုဖြုတ်လိုက်တယ်။ ပြီးတော့မှ သော့ခလောက် တစ်ခုနဲ့ သေတ္တာကိုမန္တလေး ပြန်ပို့လိုက်တယ်။ ဒီတော့မှ မန္တလေးက ကိုချစ်က သူ့သော့နဲ့ ကျန်တဲ့ သော့ခလောက်ကိုဖွင့် အထဲကစာကိုဖတ်တာပေါ့ဗျာ။ ဒီနည်းနဲ့ သော့ပို့စရာမလိုဘဲ ဝှက်စာ ပို့နိုင်ခဲ့တာ ပေါ့ကွာ။ ထပ်သစီး ယူရေးကား။ ဒါ ကျုပ်ရှာနေတဲ့ link ပဲအိုင်ဆေး ကိုပိုင်သွန်။ ဂလိုဆို ဒီဘက်က လက်ဝေခံ မောင်ပြင်းရှောင် ဒီအတက်ချီကေ့စ်ကို မရခင် ကျုပ်ဖြတ်လုတာ မှန်သွားပြီဗျ။ လင်းစမ်းပါဦး ကိုမြဝေ။ ဂလိုလေဗျာ။ ကျုပ်က ခု မောင်ပြင်းရှောင်အစားသော့ခတ်ပြီးပြန်ပို့လိုက်မယ်။ လူကုန်ကူးဟာ ကေန်ပဲ သူ့သော့ဖြုတ်ပြီးကျုပ်ဆီပြန်ပို့မှာပဲ။ ဒါဆို သူတို့လဲမရိပ်မိလို့ အစီစဉ် မပြောင်းတော့ဘူး။ ကျုပ်လည်း ဝှက်စာဖော်နိုင် သူတို့ရဲဆတ်သားလဲကျုပ်မိထားတယ်ဗျ။ သူ့ကို ကေ့စ်ချိန်းတဲ့နေရာမှာ

ပြန်သုံးရမယ်။ ဟုတ်ပြီဗျို့။ သန့်ခ်ကျူး ကိုပိုင်သွန်။ ကောင်းလိုက်လေ ကိုမြဝေ။ ခင်ဗျားက ညဏ်နီ ညဏ်နက်တော့ တယ်ထွက်တာပဲကလား။ ဒါပေါ့ဗျာ ကဲအချိန်မရှိဘူး။ ကိုပိုင်သွန် ကျုပ်တို့ လုပ်စရာရှိတာ အမြန်လုပ်ကြစို့ ………………………………..။

အင်စပတ်တာမြဝေ နှင့် အဲနစ်ဂ်မာမရှင်း

အချိန်က ည ၈ နာရီခန့်ဖြစ်သည်။ ရာသီဥတုမှာ အတော်အိုက်စပ်သောကာလဖြစ်၍ အပြင်တွင် လူအများ လမ်းမီးရောင်အောက် ဈေးတန်းများဖြင့်စည်ကားနေချိန်ဖြစ်သည်။ ကြားရက်ဖြစ်၍ ပရီးမီးယား လိဂ် ဘောလုံးပွဲများလည်းမရှိရာ ကျွန်ုပ်နှင့်ကိုမြဝေတို့မှာ ပျင်းရိလျက်ရှိလေသည်။ ကိုမြဝေမှာ လက်ဖက်ရည်ကျကျ ကြိုက်တတ်သူဖြစ်ရာ လက်ဖက်ရည်တငုံ ငုံ လိုက် mild seven တလိပ်ဖွာ လိုက်ဖြင့်ဇိမ်ကျနေရာမှ " အိုင်ဆေး ကိုပိုင်သွန် ဆိုက်ဖာတွေ အကြောင်းဟိုနေ့က စကားပြတ်သွားလို့ ခုလိုအချိန်မှာ ဆက်လင်း ပါဦးဗျ"ကျနုပ်လည်း လက်ထဲမှ ဂျာနယ်ကို စာပွဲပေါ်တင်လိုက်ရင်း" ဒီလိုဗျ ကိုမြဝေရဲ့ ဆီဇာရဲ့ ဆိုက်ဖာက stream cipher ထဲမှာပါတယ်ပေါ့ဗျာ။ ဒီထဲက နောက်တမျိုးက substitution cipher လို့ ခေါ်တယ်။ သူကဥပမာ message က ABCDEFGHIJKLMNOPQRST ဆို key က DHLOMENTIUJSPWYRAFZB စသဖြင့် အပေါ်တစ်လုံးကို အောက်တစ်လုံးနဲ့ အစားထိုးတာပေါ့ဗျာ။ ဆီဇာ ဆိုက်ဖာက key ၂၆ လုံးပဲရှိပေမဲ့ substituition (အစားထိုး) ဆိုက်ဖာကတော့ permutation ဖြစ်တဲ့ အတွက် 26! =4.03.10^ 26=10^ 88 ရှိ တယ်ဗျ။ အိုင်ဆေး ကိုပိုင်သွန် permutation ဆိုတာက အောက်က ဗျည်းတန်းကို မွှေပြီး နေရာဖလှယ်တာကိုပြောတာမဟုတ်လား။ ဟုတ်တယ် ကိုမြဝေ ဖဲရိုက်တဲ့အခါ ဖဲကို ကုလာဖန်ထိုးတယ်ဆိုတာ permute လုပ်တာပါပဲဗျာ။ ဒီလိုလုပ်တဲ့အခါမှာ အရာဝတ္ထု n ရှိရင်ပြောင်းလဲ စီစဉ်နိုင်တဲ့ အရေအတွက် (permutation) က n! (n factorial) ရှိတယ်ဗျ။ n ဖတ်တိုရီရယ် ဆိုတာက n နဲ့ n နောက်ကသူ့ထပ်သေးတဲ့ ကိန်းတွေမြှောက်တာပေါ့။ ဥပမာ 6!= 6×5×4×3×2×1= 720 ပေါ့။ 3!=3×2×1=6 ပေါ့ဒီတော့ နီ ဝါ ပြာ ပစ္စည်း သုံးမျိုးကို စီစဉ်ရင် အစီအစဉ် ပေါင်း 3!= 6 မျိုးရတာပေါ့။ ဒီလိုလေနီဝါပြာ ပြာနီဝါ ဝါပြာနီ ဝါနီပြာ ပြာဝါနီ နီပြာဝါ ပိုကာ ဖဲရိုက်လို့ ကုလားဖန်ထိုးရင် ဖြစ်နိုင်တဲ့ အစီအစဉ်ပေါင်း 108! တောင်ရှိတယ်ဗျ။ " ဝိုး ဒါကြောင့်လဲ ကုလားဖန်နဲ့ အောင်ထိုးဖို့ လိုတာကိုးဗျ။ အိုင်ဆေး ကိုပိုင်သွန်။ နို့ ခင်ဗျား ဒါတွေကျ သိပြီး ဖဲရိုက်ရင်ဘာလို့ ရှုံး တာတုန်း ဗျ။ ကုလားဖန်မနှံ့လို့ နေမှာပေါ့။ ကိုမြဝေ ဖဲသမားများဆိုတာ နဲ့သမားပါးလို ပိန်လိုက်ဖေါင်းလိုက် မဟုတ်လားဗျ။ ဟားဟား"" ခုန စကားထပ်ဆက်ရရင် substitution cipher က ခုခေတ်ကွန်ပြူတာတွေနဲ့တောင် key ဖော်ဖို့ဆိုရင် ဖြစ်နိုင်ခြေများတဲ့အတွက် အတော်အချိန်ယူရတဲ့ ကိစ္စပါ။ ဒါပေမဲ့ ဘာသာစကားတွေက random မဟုတ်ဘူးဗျ။ random ဆိုတာကကျပ်နားလည်တာတော့ ကျပမ်းပဲ။ ကိုပိုင်သွန် အံစာခေါက်တာလို ၂လုံး ထိုးတာလို ကိစ္စမျိုးတွေမှာ ကျပန်းဖြစ်တာဆိုတော့ကာ လူတွေစကားပြောတဲ့အခါ ရည်ရွယ်ချက်ရှိတယ် မဟုတ်လား။ မှန်ပါတယ် ကိုမြဝေ။ သို့သော် ခုဟာက လူတွေရဲ့ခံစားချက်တွေ ရည်ရွယ်ချက်တွေထက် ဒါတွေကိုပုံဖော်ဖို့ တည်ဆောက်ထားတဲ့ စကားလုံးတွေ(words) ကို တည်ဆောက်ပေးတဲ့ alphabet ဗျည်း တွေ အကြောင်းပြောနေတာလေ။ ဒီတော့ ဒါတွေက သာမန်ဆို random ဖြစ်သင့်တာပေါ့။ ဒါပေမဲ့ ဗျည်းဟာ သရ နဲ့တွဲမှ အသံထွက်မှာဖြစ်လေတော့ဆိုပါတော့။ b*t ဆို ရင် b နောက် က * ဟာ သရ a e i o u တလုံးလုံး ဖြစ်ဖို့ chance က များပြီလေ။

" အိုးအိုင်ဆီး အိုင်ဆီး ကိုပိုင်သွန် သတ်စ် ဝမ်းဒါးဖူး"

" ဒါကို conditional probability လို့ခေါ်တယ်။ ကိုမြဝေ ဒီတော့ အင်္ဂလိပ်စာမှာပဲဖြစ်ဖြစ်၊ ဘယ် language မှာဖြစ်ဖြစ်၊ ဗျည်းသရတွေမှာ ဖြစ်နိုင်ခြေ frequency တခုနဲ့တခုမတူဘူးပေါ့ဗျာ။ ဥပမာ E ရဲ့ frequency ဝါ probability က အများဆုံးပဲ။ ဆိုလိုတာက E ဟာ ခဏခဏပါတယ်။ ဒီလိုလေ့လာတာကို frequency analysis လို့ခေါ်တာပေါ့။ အိုင်ဆီး ကိုပိုင်သွန်။ ဂလိုဆို ဒီအချက်ကို သုံးပြီးဝှက်စာ မှာ frequency မြင့်တာတွေကို ရှာရာ ကနေတိုက်ကြည့်ပြီး မှန်းလို့ရတာပေါ့။ ထပ်သရိး!! ကြွေပြီလေ ဒီနည်းကို။ ဟုတ်ပ ကိုမြင့်ဝေ။ ဒါကြောင့်လည်း ဒီနည်းက စိတ်မချရပြန်ဘူးဗျ။ ဒါကြောင့် သူတို့က block method ကို ထွင်ခဲ့တယ်။ အင်းဆိုပါဦး ကိုပိုင်သွန်။ block method ဆိုတာက ဆိုပါတော့ I will come to you ဆိုတာကို ၅လုံးစီ စုရင် Iwill comet oyou ဖြစ်သွားရော။ block တွေပေါ့။ ဒီblock တွေထဲမှာ permute လုပ်ရင် wlili omcte yuoo စသဖြင့် ပြုတာပေါ့ဗျာ။

"1920 နောက်ပိုင်းကျတော့ ဆိုက်ဖာကို လူနဲ့ဝှက်တာထက် ဝှက်တဲ့စက် ထွင်လာကြပြီ သူကပိုမြန်တယ်၊ ပိုခက်တယ်၊ ပိုတွင်ကျယ်တယ်ပေါ့ဗျာ။ ဒုတိယကမ္ဘာစစ်မှာ ဂျာမန်တွေသုံးတဲ့ Enigma အဲနစ်ဂ်မာ machine ဟာ နာမည်ကျော်ပေါ့ဗျာ။ ဒီစက်က shifting တလှည့်၊ substitution တလည့်နဲ့ လုပ်ပြီး sub လုပ်မဲ့ဟာတွေကို rotor အဝိုင်းပြား ၅ ခုမှာ random ၃ ခုပေါ် က sub ၃ မျိုးနဲ့ ဝှက်တာဗျ။ အဘား။ ဒါဆို အိုင်ဆေး ကိုပိုင်သွန်။ ဒါဟာ ခက်လွန်းထင်ရပဗျ။ ဟုတ်ပေတာပေါ ကိုမြဝေ။ ဒါကြောင့်လဲ ပိုလန် နဲ့ အင်္ဂလိပ် ထောက်လှမ်းရေးက ဒီစက်ကို ဖော်နိုင်ဖို့ ဒီစက်ရဲ့ဖွဲ့စည်းပုံကို အသည်းအသန်လိုချင်ခဲ့တာပေါ့ ဗျာ။ နောက်တော့ အောင်မြင်ရောလား။ အင်းပေါ့ဗျာ။ အင်္ဂလိပ်လူမျိုး ကွန်ပြူတာဖခင်လို့ဆိုနိုင်တဲ့ အလန်တူရင်က အဲနစ်ဂ်မာ ကို ဖော်နိုင်တဲ့ ဘွန်ဘီ ဆိုတဲ့စက်ကို ထွင်နိုင်ခဲ့တယ်။ ဒုတိယကမ္ဘာစစ်မှာ မဟာမိတ်တွေ စစ်နိုင်ရခြင်းအဓိက အကြောင်းတွေကတချက်ပေါ့ဗျာ။ အိမ်း ပညာဟာ တယ်စကားပြော ပေတာပဲ ကိုပိုင်သွန်။ ဟုတ်ပ ကိုမြဝေ။ အဓိကကတော့ သိပ္ပံ သင်္ချာနဲ့ ရူပဗေဒပေါ့ဗျာ။ လူတွေသိဖို့ လိုတယ် ကိုမြဝေ။ ဒါမှ နိုင်ငံတိုးတက်မှာလေ။ အင်း ဒါနဲ့ စောစောက တူရင် အကြောင်းလေး ပြောပါဦး။ အင်းသူက တူရင် စက်ဆိုတဲ့ ကွန်ပြူတာရဲ့ prototype ဖြစ်တဲ့ hypothetical machineတခုကို သင်္ချာ နည်းအရ ပြုစုပြီး စာတမ်းရေးခဲ့တယ်ဗျ။ ဒါက ကွန်ပြူတာလောင်းပေါ့ဗျာ။ သြော် ဂလိုကို။ ဒါနဲ့ ချားလ် ဘာဘေ့ချ်တို့ကျတော့ကောဗျ။ သူတို့ထွင်တာတွေက caculator ရဲ့ prototype တွေပေါ့ဗျာ ။ ဒါလောက် ကောင်းတဲ့ Enigma လိုစက်မှာ ချို့ယွင်းချက်ရှိပါ့မလားဗျ။ ရှိတာပေါ့ ကိုမြဝေ။ ဒီစက် ဘယ်လောက် ကောင်းကောင်း ဒါကို ဝှက်ဖို့ ဖော်ဖို့ဆိုတာ ဝှက်သူ နဲ့ ဖော်သူကြားမှာ တူတဲ့ key ရှိ မှရတာလေ။ ဒီတော့ ဒီသော့ကို (ဒီနေရာမှာ သော့ ဆိုတာ number တခုကို ပြောတာနော် သံနဲ့လုပ်ထားတဲ့ သော့ မဟုတ်ဘူး) အဲ့သော့ကို ဝှက်သူက ဖော်သူထံပို့ ပေးဖို့လိုတယ်။ ဒါကလည်းကြားက ဖြတ်လုနိုင်လို့ အရေးကြီးတယ် လေ။ ဂျာမန်တွေဆို ဝှက်စာပါတဲ့ U 571 ပါသွားလို့ ဒုက္ခရောက်ကုန်တာလေဗျာ။ U 571 ဆို တဲ့ ဗွန်ဂျီဘီ ပါတဲ့ရေငုပ်သင်္ဘောကား ကြည့်ဖူးတယ်မလားဗျ။ အား ကြည့်ဖူးတာပေါ့။ ဒီလို ဆက်စပ်နေမှန်းတော့ မထင်ခဲ့မိဘူး။ အင်း ဒီတော့ ဆက်ပြောရင် ဒီစက်တွေရဲ့ အားနဲချက်က သော့ဖြစ်ပြီး သော့ အန္တရာယ် ကင်းကင်းနဲ့ ပို့နိုင်ဖို့ ကြံစည်တဲ့ပြသနာကို key distributionproblem လို့ ခေါ်တာပေါ့ဗျာ။ ဒါက number theory ,modular arithmetic နဲ့ prime number တွေ နဲ့ ဆက်စပ်နေတယ်ဗျ။ ဝိုး‌း‌း ကျယ်ပါပေ့ ကို သစ္စာ။ အဲ့လေ ယောင်လို့ ကိုပိုင်သွန် အားရထှာဗျာ။ အင်းနေဦး ကိုမြဝေ။ ဒီနေ့ အဖို့တော့ ဒါလောက်နဲ့ တော်ဦး။ ခုမှကိစ္စတစ်ခု သတိရလို့ဗျာ။ ရပ်ကွက်ရုံးသွားလိုက်ဦးမယ်။ ဘာကိစ္စတုန်း။ အိုင်ဆေး ကိုပိုင်သွန် ဟုတ်ပါဘူးဗျာ။ မဲစာရင်းထဲကျုပ်မပါဘူး ပြောလို့သွားစစ်လိုက်ဦးမယ်။ ခင်ဗျားလည်းစစ်ဦးဗျ။ မဲစာရင်း ကို ရွေးကော်က အာမမခံနိုင်ဘူး ဆိုလားဘာလားဗျာ။ တိုးတက်ဦးမဲ့တိုင်းပြည်ပါ။ ဒီလူတွေ ဆက် အုပ်ချုပ် လို့ကတော့ ဖင်ပါပေါင်ရမယ်။ ဂယ်ပါပဲ ကိုမြဝေ……………………………………။

အင်စပတ်တာ မြဝေ နှင့် ဆီဇာ ဆိုက်ဖာ

တနေ့သ၌ ကျွန်ုပ်ဒေါက်တာပိုင်သွန်သည် မိတ်ဆွေကြီး အင်စပက်တာ မြဝေ၏အိမ်သို့ မရောက်တာကြာသည်နှင့်အညီ ထွက်လာခဲ့လေ၏။ လမ်းထိပ်သို့ရောက်သောအခါ ဘောလုံးပွဲကြိုက် သော ကျွန်ုပ်လည်း ဘောပွဲဂျာနယ် တစ်စောင် ဝယ်ယူလေ၏။ ထို့နောက် အချပ်ပို တောင်းရာ ဂျာနယ်သည်က မရောက်သေးကြောင်း ပြောသဖြင့် ကျွန်ုပ်လည်းစိတ်ခုခုဖြင့် ဆက်လျှောက်ခဲ့လေသည်။ ထို့နောက် သုံးလွှာ၌ရှိသော ကိုမြဝေ၏ တိုက်ခန်းရှိရာသို့တက်ခဲ့ပြီးလျှင် တံခါးကို ခေါက်လေရာ " ဝင်ခဲ့ပါ ကိုပိုင်သွန် တံခါးကစေ့ရုံ စေ့ထား တာပါ။ ခင်ဗျားအတွက် ဘောလုံးပွဲ အချပ်ပိုလည်းရှိပါတယ်။ဘာမှ စိတ်ခုမနေပါနဲ့" ဟု ဆိုလေ၏။ ကျွန်ုပ်လည်း ကိုမြဝေ စကားကြားလျှင် အံ့သြခြင်းအလျင်းမဖြစ်မိပဲ " အိုင်ဆေး ကိုမြဝေ ခင်ဗျား CCTV တွေ အဝင်ဝမှာ တပ်ထားပြန်ပြီလား။ လမ်းထိပ်က ဂျာနယ်သမားကိုကျုပ်လာရင် အချပ်ပို မရောင်းဖို့ ခင်ဗျား ပြောထားတာကိုး။ စချင်ရင် နောက်တနည်းနဲ့စဗျာ။ ဒါနဲ့ ခင်ဗျားသတင်းစာထဲက ကြော်ငြာကို ဖတ်ပြီး ဒီအမှုကိုလိုက်ဖို့စဉ်းစားနေတာမလား" ဟုဆိုလိုက်လေ၏။ " ဟားဟား ဟုတ်ပ ကိုပိုင်သွန်ရာ။ ခင်ဗျားလည်း အတော်မျက်စိရှင်တဲ့သူပဲဗျ။ မှင်နီနဲ့ ဝိုင်းထားတာကိုလှမ်းမြင်သားပဲ။ ဒီနေ့ ဒီသတင်းဖတ်ပြီးမှ ကျုပ်ဆီလာဖို့သတိရတယ်ဆိုတာ ကျုပ်ရဲရဲကြီးအာမခံရဲတယ်ဗျ "ဟုဆိုလေသည်။ ကျွန်ုပ်လည်းဝတ်လာသော ကုတ်အင်္ကျီကိုချွတ်၍ တိုင်၌ ချိတ်ပြီးလျှင် ဆိုဖာပေါ်၌ထိုင်လေသည်။ စားပွဲပေါ်၌ ဖြန့်ထားသောအင်္ဂလိပ်လိုရေးထားသည့် မြန်မာ့အတင်း သတင်းစာကိုယူ၍ ဟန်ပါပါဖတ်လေလျှင် မှင်နီဝိုင်းထားသောသတင်းပုဒ်ကို အောက်ပါအတိုင်း တွေ့ရလေသည်။ မောင်ပြင်းရှောင်သို့ တရစ်သိုးခုတ်မှ ပေးသော ဉာဏ်စမ်းပဟေဠိ ဝါသနာရှင်များ အဖြေညှိနိုင်သည့် ဖုန်းကွယ်နေသော စကားလုံးများကိုရှာပါ။

zhzloomlyh

brxxqpdqqh

gfdufrqwdl

qlqmzbwdeo

hwvzhoophh

wdwcdbnded

ufrpsrxqgb

rxeulqjedf

nwhdnrquhw

xuq

ဟုဖြစ်လေသည်။ အိုင်ဆေး ကိုမြဝေ ဒီကိစ္စဟာ တောင်ခြသေ့်နဂါးနိုင်ဂိုဏ်း ကြီးနဲ့စပ်ဆက်မယ်လို့ ဘာလို့ထင်ရတာတုန်းဗျ။ ဂလိုရှိတယ် ကိုပိုင်သွန်။ တရစ်သိုးခုတ်ဆိုတာက ဒီဂိုဏ်းရဲ့ ခေါင်းဆောင် လုကုန်ကူးရဲ့ အမှောင်ကမ္ဘာကနာမည်ပေါ့ဗျာ။ တပင်ပေသီးတို့ခေတ်ထဲက မြန်မာပြည်ထဲမှာ ဝါးမျို ထိုးဖောက်ဖို့ ဖွဲ့စည်းထားတဲ့ ဂိုဏ်းကြီးပေါ့ဗျာ။ ခုသူတို့က ဧရာမ အကြံအစည်တခုကိုကြံနေတယ်လို့ သတင်းရထားတယ်ဗျ။ ဒီဟာ ကအပေါ်ယံကြည့်ရင်တော့ hidden word puzzle တခုလို့ ထင်ရတယ်ဗျ အမှန်တော့။ ဒါဟာ မြန်မာပြည်ထဲက ဂိုဏ်းလက်ထောက်တယောက်စီ သူတို့ အစီအစဉ်ကို လှမ်း အကြောင်းကြားတာနေရမယ်ဗျ။ အိုင်ဆေး ကိုမြဝေ ကျုပ်လည်းဂလိုထင်လို့လာခဲ့တာဗျ။ ဒီအချိန်မှာ ခင်ဗျား။ ကျုပ်အကူအညီကိုလိုမှာပဲဆိုပြီး မနက်စာမစားပဲလာခဲ့တာဗျာ ဘီယာလေးများရှိရင် ငါးကင် လေးနဲ့ လုပ်ပါဦး။ "အမ် ဘာမှလဲဆိုင်ဘူး နို့ပေမယ် အိုင်ဆေး ကိုပိုင်သွန်ကြိုက်တတ်မှန်းသိလို့ ကျုပ်မှာ ထားပါတယ်ဗျာ။ လာလာ" ဟုဆိုလေလျှင် ၂ ဦးသား ထမင်းစားခန်းသို့ပြောင်းလေ၏။ ထို့နောက်တွင် စောစောစီးစီး မေးနင်းပတ်ရင်း အိုင်ဆေး ကိုပိုင်သွန်။ ဒါ က cipher ဆိုရင် အဓိပ္ပါယ်ဖော်ဖို့ လိုပြီ ဆိုတော့ ကာ cipher တွေရဲ့ သမိုင်းကြောင်း လေးလုပ်ပါဦးဗျ။ အချိန်ရပါသေးတယ်ဒီလိုကိုမြဝေ စပါတာ ခေတ်ထဲက လူတွေကစစ်ရေး နိုင်ငံရေးတွေမှာ စကားဝှက် တွေသုံးခဲ့ကြတယ်။ ကိုယ့်အကြံစည် လူမသိ အောင်ပေါ့ဗျာ။ ဂျူးလီယက်ဆီဇာ လက်ထက်ကြတော့ သူ့တပ်မတော်ကြီး ဆက်သွယ်ရာမှာ ဆီဇာ ဆိုက်ဖာကို သုံးခဲ့တယ်ဗျ။ ဆီဇာဆိုက်ဖာက shifted cipherပေါ့ဗျာ။ စကားလုံးတွေကို နေရာရွှေ့တာပေါ့။ သူကသုံးနေရာရွှေ့ခဲ့တာပေါ့။ အင်းစိတ်ဝင်စားဖို့ကောင်းသဗျ။ ဆက်ပြောပါဦး။ ဒါကိုသိဖို့ ဆိုရင် modular arithmetic ဆိုတဲ့သင်္ချာကို သိဖို့လိုတယ် ကိုမြဝေ။ အဲဒါဘာတုန်းဗျ။ နာရီတွေမှာ ၁၂ နာရီ ရှိတာလည်း မော်ဒြူလာ သင်္ချာပဲပေါ့ဗျာ။ ကျွန်တော်တို့ ၁၅ နာရီ ဖြစ်သွားရင် ၃ နာရီလို့ ပြောတာဟာ မော်ဒြူလာပဲပေါ့ ၁၅ ကို ၁၂ နဲ့စားပြီး အကြွင်းယူတာပေါ့ဗျာ။ ဒီတော့ ၃ ပေါ့။ မော်ဒြူလာ သင်္ချာမှာ modulus ခေါ်တဲ့ limit။ ဒီမှာဆိုရင်တော့ ၁၂ ပေါ့ဗျာ။ အဲဒါကိုကျော်ရင် ၀ ကနေတခါပြန်စတယ်။ ဒီတော့ ၀ က ၁၂ နဲ့ တူပြီး ၃ က ၁၅နဲ့တူတယ်။ သင်္ချာနည်းနဲ့တော့ ဒီလိုရေးတယ်ဗျ။

0 = 12(mod 12)

3 = 15(mod12)

ဥပမာ ဗေဒင်တွေမှာသုံးတာဆိုရင် mod 7 ပေါ့ဗျာ။ ၇ ရက်သားသမီး ရှိတော့ ရှိသမျှလူတွေ အားလုံးကို ၇ အုပ်စုခွဲပြီး ဟောစတမ်း ၇ မျိုးပေး တာပေါ့။ coc လို game မျိုးမှာ barbarian တွေရဲ့ animation ကိုကြည့်လိုက်။ တကယ်တော့ ကျုပ်တို့ငယ်ငယ်က စာအုပ်ရဲ့ ထောင့်တိုင်းမှာ ပုံဆွဲပြီးအမြန် လှန်လိုက်ရင် အသက်ဝင်သလို့ပေါ့ဗျာ။ ဒီ barbarian လေးတွေက လည်း animationတခုဆုံးတိုင်းအစ ကပြန်စတယ်ဗျ။ သူတို့အတွက်ဆွဲထားတဲ့ image ဖိုင်တွေကို modular နည်းနဲ့ computer က run ပေးနေတာပေါ့ဟာ။ တယ်ဟုတ်ပါလားဗျ။ ကျုပ်က coc ဆိုသိပ်ကြိုက်တာ အမှုမလိုက်ရရင် goblin တွေ

ထုတ်ပြီး ပတ်ခိုးနေတာဗျ။ ဟားဟား ယုံပါတယ်ဗျာ။ ခင်ဗျား တစ်နေ့ ရာထူးတတ်မယ့်လူပဲဗျ။ လူကြီး ဖြစ်ဦးမှာ အဲ့နဲ့ ဘယ်ရောက်သွားပြီလဲ။ဟို မော်ဇီလာဆိုလား ဘာလား။ မော်ဒြူလာပါဗျ။ shifted cipher မှာ modular ဘာလို့ ပါရလဲဆိုရင် language တွေကို ဆိုပါတော့ဗျာ။ English ပေါ့ သူ့မှာ ၂၆ လုံးရှိတယ်။ ဒါကို A ကို0 ပေး B ကို 1 ပေး   C ကို 3 ပေး……… Z ကို 25ပေး ရင် modulus 26 ဆိုရင် ၂၆ လုံးမြောက်ဟာ၀ နဲ့တူတော့ A ပြန်ဖြစ်တာပေါ့ဗျာ။ ဒီတော့ shiftedcipher အရ ဂျူးလီယက်ဆီဇာက A ဆို DB ဆို E   Z ဆို C ပြောင်းတာကိုး။ Z ကျော်ရင် Aကပြန်စ ရမှာ။ ဒါကို လုပ်နိုင်တဲ့သင်္ချာက modulararithmetic ပါပဲဗျာ။ သင်္ချာနည်းအရတော့ ဆီဇာဆိုက်ဖာဟာ 3 ပေါင်းတာပေါ့။ ဆိုပါတော့ P ဆိုတာက plaintext ကိုယ်ပို့လိုတဲ့ message C ဆိုတာက ciphertext စကားဝှက်ပြောင်းတာ langue က ၂၆ လုံးပါတဲ့ အင်္ဂလိပ် language သုံးမယ် ဆိုရင် ဒါကို C = P + 3(mod 26) ဆိုတာ encryption စကားဝှက် လုပ်တာပေါ့ဗျာ။ ဥပမာ P က A =0 ဆိုတဲ့စကားလုံးဆိုရင် C က C= 0+ 3(mod26) =0+ 3= 3 = D ပေါ့ဗျာ။ D က ၄ နေရာမြောက် မှာ သုညကစရေတော့ ၃ နေရာမြောက်မှာရှိလို့ပေါ့။ ဒါကို decryption ပြန်ဖော်မယ်ဆိုရင်

P= C - 3(mod 26)

ပေါ့။ ဥပမာ C က ခုနက D= 3 ဆိုရင် P = 3- 3(mod 26).= 0 = A ပေါ့ဗျာ။ ဒီတော့ ဒီဆိုက်ဖာမှာ သော့ချက် key က 3 ပါပဲ။ ဒီ key သိရင် ဒီဟာကို ဖော်လို့ရပြီ။ ခင်ဗျားက key ကို 5 သို့ 7 သို့ ကြိုက်တာကို 26 အောက်က ကြိုက်တဲ့ဂဏန်းကိုထားလို့ရတယ်ဗျ။ ဟားးးး အတော်စိတ်ဝင်စားဖို့ကောင်းတာပဲ ကိုပိုင်သွန်။ ဘီယာတိုက်ရကျိုးတော့ နပ်တယ်ဗျာ။ ဒါနဲ့ ဆီဇာဆိုက်ဖာ တစ်မျိုးထဲရှိတာလားဗျ။ ဘယ်ဟုတ်ကမှာ တုန်း cryptography ဆိုတာအများကြီးပါပဲ။ ဆီဇာ ဆိုက်ဖာ ကအစောဆုံးတွေထဲက တခုပေါ့ဗျာ။ သူ့မှာ key သိသွားရင်မလုံခြုံတော့ဘူး။ ခုခေတ်က ဒါတွေကိုကျော်လွှားနိုင်ပါပြီ ခင်ဗျား။ message တစ်ခုကို ဖုန်းနဲ့ပို့တိုင်း ဖုန်းက security system က cipher text အနေနဲ့ပို့တာပေါ့ ၂ ဖက်လုံးကkey လိုတယ် ပို့သူကော လက်ခံသူကော samekey ရှိမှ ဒီတော့ Key ကိုပို့တဲ့ ပြဿနာပေါ်လာကောဗျ။ ဒါကို key distribution problem လို့ခေါ်တယ်။ အား စိတ်ဝင်စားဖို့ကောင်းပါ့ဗျာ။ ဒါပေါ့ ကိုမြဝေ ဒီနောက်က သင်္ချာတွေနဲ့ လက်ရှိ အင်တာနက်မှာသုံးတဲ့ နောက်က RSA လိုpublic key cryptosystem တွေအကြောင်း နောက်မှပဲ ကြုံရင်ပြောတော့မယ်ဗျာ။ ခုတော့ဒါကို စကားဝှက်ဖော်ကြဦးဆို့။ ထို့နောက် ၂ ဦးသား မည်သို့မည်ပုံ ပြုလုပ်လိုက်သည်မသိ cipher ပေါ်သွားလေရာ ၎င်း မှာ

"we will give you unmanned car containing

wy tablets. we'll meet at zaykabar compound. you bring back teak on return."

အင် အိုင်ဆေး ကို ပိုင်သွန် ဒါကို မြန်မာလိုပြန်တော့" မင်းဆီကို wy တွေပါတဲ့ မောင်းသူမဲ့ ကားပို့လိုက်တယ်။ ဇေကမ္ဘာဝင်းမှာဆုံမယ်။ အပြန်မှာ ကျွန်းသစ်တွေ တင်ပေးလိုက်ပါ။ ဟာ မဖြစ်ချေဘူး အိုင်ဆေး ကိုပိုင်သွန် ကျုပ်တို့အချိန်မှီလက်ရ ဖမ်းမှရမယ်။ သွားဆို့ဟုဆိုကာ အင်စပတ်တာ မြဝေသည် M1911 A1

ပစ္စတိုကို ခါးတွင်ထည့်ကာ ကျွန်ုပ်လည်း ကုတ်အင်္ကျီယူ၍ ၂ ယောက်သား ကသုတ်ကယက် ထွက်လာခဲ့ကြလေသည်………………………..။

Python

မြေကမ႓ာ့ သမိုင်း

အစရဲ့နိဒါန်း

========

ခု ရေးမှာ ကမြေ ကမ႓ာ ရဲ့ ဖြစ် စဉ် အကျဉ်းပါ၊ အင်္ဂလိပ်လို name တွေကို စာရှည်မှာဆိုးလို့ မပြန်တော့ ပါ သူတို့ကို keyword အနေနဲ့ အင်တာနက်မှာ ရှာဖို့ သုံးနိုင်ပါတယ် န က္ခတ ဗေဒ နဲ့ဘူမိဗေဒ အထောက်အထားများအရ စကြာဝဠာသက်တမ်းဟာ အကြမ်းဖျဉ်း 13,820 million years ရှိ ပါတယ် ကျွန်တော်တို့ နေ အဖွဲ့အစည်းသက်တမ်းက 4,567 million years ရှိပါတယ်။လ က လွန်ခဲ့သောနှစ်ပေါင်း 4,450 ကဖြစ်ပေါ်လာပါတယ် ကမ႓ာ ဖြစ်ပြီး နှစ် 50 million မှာပါ Apollo အာကာသ ယာဉ်က ရရှိတဲ့ကျောက် နမူနာ နဲ့ ကမ႓ာ့ကျောက်တွေက ဖွဲ့စည်းပုံတူပါတယ် အဓိပ္ပါယ်ကလဟာ ကမ႓ာ နဲ့ သီယာ ဂြိုဟ်သိမ်တို့တိုက်မိပြီးနောက် ပဲ့ထွက်လာတဲ့အရာပါကမ႓ာနဲ့ လပေါ်ကိုဥက္ကာခဲ များ အဆက်မပြတ်ကျရောက်ခြင်းဟာ (the Late Heavy Bombardment)လွန်ခဲ့သောနှစ်ပေါင်း 3,900 million ကဖြစ်ပေါ်ခဲ့ပါတယ် ဒီက နေ ရေ ပါလာ တယ်လို့လဲယူဆကြပါတယ် 4,000 million years ago(Mya=million years ago)ကမ႓ာ မြေသားဟာ ကျောက်ရည်တွေဘဝက အေးခဲပြီး ပထမဆုံး စူပါတိုက်ကြီး(တိုက်တခုထဲ) Rodinia ကိုဖြစ်ပေါ်စေပါတယ်

1100 Mya

စူပါတိုက်ကြီးကနေ တိုက်ငယ်တွေကွဲထွက်သွားပါတယ်

600 Mya

တိုက်ငယ်များပြန်စုပြီး စူပါတိုက်ကြီး (supercontinent) Pannotia ကိုဖြစ်စေပါတယ်

550Mya

Pannotia က Laurasia နဲ့ Gondwana အဖြစ် ကွဲထွက်တယ်. Laurasia မှာNorth America, Europe, Siberia, and Greenland တို့ပါဝင်ပါတယ် Gondwanaမှာ India, Africa, South America, and Antarctica တို့ပါပါတယ်.

275 Mya မှာ ဒီ၂ခု ပြန်ပေါင်းပြီး Pangea ဖြစ်လာပါတယ် ဒါ က ခုသိတဲ့ တိုက်ကြီး ၇ တိုက်ရဲ့ မိခင် စူပါတိုက်ကြီးပါ အရင်ကကုန်းမြေ တဆက်တည်းပေါ့ အာဖရိက ခြမ်းနဲ့ အမေရိက တို့ကွဲ ထွက်ရာမှာ ကြားထဲကနေ Atlantic Oceanဖြစ်ပေါ်စေပါတယ် ဒီ dynamic အောက်က အကြောင်းအရင်း က မာရီရားနား ချောက်ထဲက hydrothermal vent တွေကြောင့်ပါ သူတို့ကထွက်လာတဲ့ ချော်တွေကမာပြီး မြေသားဖြစ်တဲ့အခါ တွန်းလို့ရွေ့တာပါ

…………………………………………………………………

ရာဇဝင်ထဲက ကမ္ဘာ

=============

Precambrian Time (4567 to 542 mya)

Hadean Eon (4567 to 4000 mya)

4650 mya

chondrite ခေါ် ဂြိုဟ်များမပေါ်ခင်ကပင်ရှိနေသော အာကာသထဲမှာကျောက်များ Solar Nebula မှာဖြစ်ပေါ်လာပါပြီ

4567 mya

နေပေါ်လာပါပြီ အမှန်တော့ ပိုကြီးတဲ့ နေသေဆုံးရာက ဖြစ်လာတာပါ နေက ခုလက်ရှိရဲ့ 70% % ပဲလင်းပါတယ်

4500 mya

ကမ္ဘာဖြစ်လာပြီ

4450 mya

လ ဟာ ကမ္ဘာနဲ့ သီယာ တို့ တိုက်ရာကဖြစ်ပေါ်လာပါတယ် လ က ကမ္ဘာ ကနေ 64,000 km ဝေးပါတယ် ခုထက်နီးတာပေါ့ ကမ္ဘာ့ ရဲ့ တနေ့ ဟာ အဲ့တုန်းက ၇ နာရီပဲရှိပါတယ်

ကမ္ဘာ့ ပထမဆုံးလေထုက hydrogen နဲ့ helium ပါဝင် ပြီးပေါ့လွန်းတော့ လွတ်ပြီး လေထုမရှိတော့ပါ

4280 mya

ရေက အရည်အနေနဲ့စတင်ဖြစ်ပေါ်ပါတယ်

3900 mya

ဥက္ကာခဲ အဆက်မပြတ်ကျရောက်မှု late heavy

bombardment ဖြစ်ပေါ်ပါတယ် လ က ကမ္ဘာ ကနေ 282,000 km ကွာလာပါတယ် တနေ့မှာ 14.4 နာရီရှိပါတယ် ကမ္ဘာ့လေထုမှာcarbon dioxide, water vapor methane, and ammonia တို့ပါရှိလာပါပြီလေထုက ကာဗွန်ကိုယူပြီး ကာဗွန်သတ္တု တွေလုပ်ခြင်းဖြင့် လေထုကို ဓါတ်လျော့ပါတယ်

……………………………………………………………………

Archean Eon (4000 to 2500 mya)

Archean Eon Eoarchean Era (4000 to 3600 mya)

ကမ႓ာကြီးအရမ်းပူပါတယ်

4000 mya

ကမ႓ာ့ကျောက်လွှာတွေ အရည်ဘဝက ခဲလာပါပြီ ကုန်းမြေ စပေါ်တာပေါ့ လေထုဖိအား က

100 to 10 bar ရှိပါတယ် တနေ့မှာ

15 hours ရှိပါတယ်

……………………………………………………………………

Paleoarchean Era (3600 to 3200 mya)

3600 mya

စူပါတိုက်ကြီး Vaalbara ဖြစ်လာတယ်

3500 mya

ဆဲတခုပါ သတ္တဝါ (Prokaryotes) ဖြစ်လာပါပြီ

အောက်ဆီဂျင်ထုတ်ပေးတဲ့ ရေနေ

Cyanobacteria တွေက အလင်းနဲ့ အစာချက်ပါတယ် သူတို့ က stromatolites

ကျောက်တွေဖြစ်စေပါတယ်

သက်တမ်းအရင့်ဆုံး မိုက်ခရိုကျောက်ဖြစ်ရုပ်ကြွင်း

ဟာဒီကာလမှာတွေ့ရတာပါ

……………………………………………………………………

Mesoarchean Era (3200 to 2800 mya)

3000 mya

လေထုက 75% nitrogen,

15% carbon dioxide ပါရှိပါတယ်

နေက ခုရဲ့ ၈၀ % လင်းလာပါပြီ

2900 mya

Pongola ရေခဲခေတ်စပါတယ်

……………………………………………………………………

Neoarchean Era (2800 to 2500 mya)

2800 mya

Vaalbara

တိုက်ကွဲထွက်ပါတယ် ကမ္ဘာ့ အစောဆုံး ကမ္ဘာ့သံလိုက်စက်ကွင်းရဲ့ အထောက်အထားတွေကျောက်လွှာ

မှာတွေ့ပါတယ်.

2700 mya

စူပါတိုက်ကြီး Kenorland ဖြစ်ပေါ်လာပါသည်

အလင်းဖြင့် အစာချက်သော organism များပေါ်များလာသည်

……………………………………………………………………

Proterozoic Eon (2500 to 542 mya)

Siderian Period (2500 to 2300 mya)

ပထမဆုံး တည်ငြိမ်တဲ့ တိုက်များဖြစ်ပေါ်လာပါတယ်

2500 mya

သမုဒ္ဒရာနှင့်လေထုတွင် ပထမဆုံး အောက်ဆီဂျင်

၏ ခြေရာကို သံကျောက်လွှာများတွင် သံအောက်ဆိုက်အဖြစ်တွေ့ရသည်

2400 mya

Great Oxidation Event ဖြစ်ပေါ်

လာပါတယ် အောက်ဆီဂျင်တွေပေါ်များလို့ anaerobe အောက်ဆီဂျင်မရှိပဲနေနိုင်တဲ့

သတ္တဝါတွေ မျိုးသုဉ်းကုန်ပါတယ်

……………………………………………………………………

2400 mya

Huronian ice age စတင်ပါတယ်

2200 mya

သက်ရှိတွေမှာ mitochondria စတင်ဖြစ်ပေါ်လာပါပြီ ဒါက စွမ်းအင်ထုတ်ယူတဲ့

အရာပါ

2100 mya

Intensive orogeny တောင်တန်း   တွေဖြစ်ပေါ်လာပါပြီ

2023 mya

ဥက္ကာခဲနဲ့ ထိတိုက်မှု ကြောင့် 300 km ကျယ်သော

ချိုင့်ဝှမ်း Vredefort, South Africa မှာဖြစ်ပေါ်ပါတယ်

2000 mya

နေရဲ့တောက်ပမှုဟာ ခုရဲ့ 85% ရှိပါတယ်

Oxygen တွေ လေထုမှာများလာပါပြီ

1850 mya

ဥက္ကာခဲ ကျရောက်မှုကြောင့် 250 km ရှိတဲ့ချိုင့်ဝှမ်း ဟာ Sudbury, Ontario, Canada မှာဖြစ်ပေါ်တယ်

Statherian Period (1800 to 1600 mya)

ဆဲလ်တခုပါ သက်ရှိတွေဟာ ပိုရှုပ်ထွေးလာပါပြီ

bacteria နဲ့ archaeans တွေများလာပြီ

……………………………………………………………………

Mesoproterozoic Era (1600 to 1000 mya)

Calymmian Period (1600 to 1400 mya)

အလင်းနဲ့အစာချက်တဲ့ သက်ရှိတွေများ

လာတယ် အောက်ဆီဂျင်လေထုထဲမှာ 10% ရှိ

လာပါပြီ

ozone လွှာ ဖြစ်ပေါ်လာပြီး UV ရောင်ခြည်ကို

တားဆီးပေးတယ်

1600 mya

Eukaryotic (nucleated) ယူကဲရော့တစ်ခေါ်တဲ့ မျိုးဗီဇကို အခွံ နဲ့အုပ်တဲ့ ဆဲလ်တခုပါ သက်ရှိဖြစ်ပေါ်လာပါပြီ သူက သတ္တဝါ အပင် နဲ့ မှို

တို့ရဲ့ ဘိုးဘေးပေါ့

Ectasian Period (1400 to 1200 mya)

Green (Chlorobionta) နဲ့ red (Rhodophyta) အယ်လ်ဂျေး (ရေမှော်) တွေများ

လာပြီ

Stenian Period (1200 to 1000 mya)

1200 mya

ယခင်က လိင်မဲ့ မျိုးပွားရာကနေ Spore/gamete လို အရာမျိုးကိုတွေ့လာရပြီး ဒါဟာ လိင်

(ဖို/ မကွဲပြားလာတာ) ပေါ်လာတာကို ပြသနေပါတယ်

1100 mya

စူပါတိုက်ကြီး Rodinia ဖြစ်ပေါ်လာတယ်

…………………………………………………………………

Neoproterozoic Era (1000 to 542 mya)

Tonian Period (1000 to 850 mya)

1000 mya

ဆဲလ် အများပါ သက်ရှိဖြစ်လာပါပြီ

950 mya

Stuartian-Varangian ရေခဲခေတ်

900 mya

တနေ့မှာ 18 နာရီရှိလာပါပြီ

လ က ကမ႓ာကနေ 350,000 km ကွာလာပါပြီ

Cryogenian Period (850 to 630 mya)

Pannotia စူပါတိုက်ကြီး ဖြစ်တဲ့ခေတ်ပါ

750 mya: Breakup of Rodinia ကွဲထွက်ပြီး Pannotia ပြပြန်ဖြစ်လာတယ်

750 mya

magnetic reversal ခေါ်တဲ့ ကမ႓ာ့သံလိုက်ဝန်

ရိုးစွန်းပြောင်းပြန်ဖြစ်မှု အဆုံးသတ်သွားပါပြီ

650 mya

ရေနေအပင် 70% အစုလိုက်အပြုန်လိုက် မျိုးသုဉ်းတဲ့ကာလပါ ဘာကြောင့်လဲဆိုတော့ တကမ႓ာလုံး ရေခဲသွား လို့ပါ snowball ယူဆချက် ခေါ်ပါတယ်

လ က ကမ႓ာ ကနေ 357,000 km ဝေးပါတယ်

Ediacaran (Vendian) Period (630 to 542 mya)

600 mya

တနေ့မှာ 20.7 နာရီကြာပါတယ်

590 mya

ဥက္ကာခဲကျမှုကြောင့် 90 km ကျယ်တဲ့ ချိုင့်ဝှမ်း Acraman, South Australia မှာဖြစ်ပေါ်ပါတယ်

580 mya

ခန္ဓာပျော့တဲ့ သက်ရှိတွေ ဥပမာ Jellyfish, Tribrachidium, စသဖြင့်ပေါ်ပေါက်လာတယ်

570 mya

Stuartian-Varangian ရေခဲခေတ်ကုန်ပြီ

အခွံပါကျောရိုးမဲ့သက်ရှိ ဥပမာ ခရု ပေါ်လာပါပြီ

550 mya: Pannotia တိုက်ကြီး Laurasia နဲ့ Gondwana အဖြစ်ကွဲသွားပါတယ်

……………………………………………………………………

Phanerozoic Eon (542 mya to present)

Paleozoic Era (542 to 251 mya)

Cambrian Period (542 to 488.3 mya)

သတ္တဝါ တွေ အများစု ဖြစ်ပေါ်တဲ့ကာလပါ

Tommotian Stage (534 to 530 mya)

510 mya

သမုဒ္ဒရာ ထဲမှာ ကျောရိုးရှိ သက်ရှိဖြစ်လာပါပြီ

နေရဲ့ တောက်ပမှုက ခုထက် 6% ပဲလျော့ပါတယ်

Ordovician Period (488.3 to 443.7 mya)

Trilobites တွေပေါ်လာပြီ

အစိမ်းရောင်ရှိ အပင်နဲ့ မှိုတွေကုန်း ပေါ်မှာ ရှိနေပြီ

လေထုမှာ ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုက် ပမာဏ ကျလာပြီ

450 mya

Andean-Saharan ရေခဲခေတ် စတင်တယ်

443 mya: Glaciation of Gondwana မှာ ရေတွေခဲကုန်တယ် ကျောရိုး မဲ့ ရေနေသက်ရှိတွေ အများကြီး မျိုးသုဉ်း ကုန်တယ် ဒုတိယအကြီးဆုံး mass extinction event ပါ

49% လောက်ပျောက်သွားတယ်

Silurian Period (443.7 to 416 mya)

Dartmuthia ဟာ ရှေ့ဦး မေးရိုးမပါ ငါးပါ Silurian Period မှာနေခဲ့ပါတယ်

420 mya

Andean-Saharan ရေခဲခေတ်ကုန်ဆုံးပြီ

ကမ္ဘာ့ ရာသီဥတု က တည်ငြိမ်လာတယ်

ကုန်းအပင်နဲ့ ရေထဲမှာ သန္တာတွေ ပါလာပါပြီ

သန္တာ ဟာ တကယ်တော့ အကောင်ပါ မေးရိုးပါ ပထမဆုံးငါးတွေဖြစ်လာပြီ ငါးမန်းပေါ့ ကုန်းပေါ်မှာ အင်းဆက်တွေ ဥပမာ ပင့်ကူ ကင်းခြေများ တွေ

ဖြစ်လာပြီ

Devonian Period (416 to 359.2 mya)

Ferns ကျောက်ခတ်ပန်းတွေပေါ်လာပြီ အစေ့ပါတဲ့ အပင်တွေလဲရှိလာပြီ သစ်တောတွေရှိလာပြီ တနေ့မှာ 21.8 နာရီကြာပါတယ်

400 mya

အတောင်မပါတဲ့ အင်းဆက်တွေ ရှိပြီ

375 mya

ကျောရိုးပါ ခြေလက်ရှိ တဲ့ Tiktaalik တွေပေါ်လာပြီ

Hynerpeton ကအသားစား ခြေ ၄ ချောင်းပါ

သတ္တဝါပါ လေထုမှာ အောက်ဆီဂျင် က 16% ရှိနေပြီ

374 mya

ရေနေ သက်ရှိ 70% မျိုးသုဉ်းသွားတယ်ဒီကာလမှာ မျိုးသုဉ်းတဲ့ ကာလက နှစ်သန်းပေါင်း ၂၀ လောက်ကြာတယ် ကမ္ဘာ ကအေးလာ တယ် မျက်နှာပြင် အပူချိန်က 34°C ကနေ 26° C ထိ ကျလာတယ်of marine species.

370 mya

ပထမဆုံး trees တွေပေါ်လာတယ်

359 mya

ဥက္ကာခဲကျလို့ 40 km ကျယ်တဲ့ ချိုင့်ဝှမ်းcrater ဟာ

Woodleigh, Australia မှာဖြစ်တယ်

………………………………………………………………

Carboniferous Period (359.2 to 299 mya)

Mississippian Epoch (359.2 to 318.1 mya)

(Lower Carboniferous)

350 mya

Karoo ရေခဲခေတ် စပြီ

Meganeura ဟာ ဒီခေတ်ရဲ့ အလွန်ကြီးတဲ့ အင်း

ဆက်ပါ သူက ဒီခေတ်က ပုစဉ်း နဲ့တူပါတယ် အကောင်ကတော့ ငှက်တကောင် လောက်ကြီးပါ

တယ် ပထမဆုံး လေထဲပျံ သက်ရှိပေါ့

324 mya

နို့တိုက်သတ္တဝါတို့ရဲ့ဘိုးဘေး Synapsid တွေဖြစ်လာပြီ ရေမြေ့ခြား နဲ့ဥဥတဲ့ သက်ရှိဖြစ်လာပြီ

Pennsylvanian Epoch (318.1 to 299 mya)

(Upper Carboniferous)

300 mya

ပထမဆုံး တွားသွားသတ္တဝါ reptiles ပေါ်လာပြီ(diapsids) သူတို့က crocodiles, dinosaurs and pterosaurs တွေရဲ့ဘိုး ဘေးပါ

လေထုအောက်ဆီဂျင်က 30% ရောက်ပြီ

တနေ့မှာ 22.4 နာရီရှိပါတယ်လ က ကမ္ဘာ ကနေ 375,000 km ဝေးပါတယ် Upper carboniferous ကာလ မှာ ကင်းခြေများနဲ့ ရထား တွေရဲ့ အနွယ် အလွန်ကြီးတဲ့ Arthropleura တွေနေခဲ့တယ်

ပင်လယ်တွေက ရေခဲမှုကြောင့် ကျယ်လိုက်ကျဉ်းလိုက် ဖြစ်နေတယ် Europe, Asia,

နဲ့ မြောက် America မှာ ကျောက်မီးသွေး အနယ်ကျမှုတွေဖြစ်ပြီ

Permian Period (299 to 251 mya)

Pangea ဖြစ်လာတဲ့ကာလ

275 mya

ကုန်းမြေတခုထဲရှိတဲ့ စူပါတိုက်ကြီး Pangea ဖြစ်လာပြီ Conifers and cycads လို အပင်တွေပေါ်လာပြီ ကမ႓ာက ခြောက်သွေ့အေးခဲ လာတယ် Edaphosaurus လို အပင်စား ကျောရိုးရှိ သက်ရှိတွေ ကုန်းပေါ်မှာရှိနေပြီ ဆူးတောင်ပါ synapsids တွေ ဥပမာ Edaphosaurus နဲ့ Dimetrodon ရှိလာပြီ

260 mya

Karoo ရေခဲခေတ်ကုန်ပြီ

251 mya

ဒီခေတ်မှာ ဆိုက်ဘေးရီးယားက မီးတောင်ပေါက်ကွဲမှုကြောင့် ရေနေ ၉၀% နဲ့ ကုန်းနေ ၇၀ % မျိုးသုဉ်းသွားတယ် လေထုမှာ မီးတောင်ကထွက်တဲ့ မီသိန်း ဟိုက်ဒရိုဂျင် ဆာလဖိုက်နဲ့ ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ် တွေကလေထုထဲများနေပြီ အောက်ဆီဂျင် က30% ကနေ 12% ကိုကျသွားတယ် ကုန်းပေါ်မှာ အပူချိန် 60°C ရှိတယ်

....

Mesozoic Era (251 to 65.5 mya)

Triassic Period (251 to 199.6 mya)

Pangea က ကွဲထွက်လာပြီ မျိုးသုဉ်းမှုက လွတ်မြောက်တဲ့ သက်ရှိတွေ ပြန်ပွားလာတယ်

240 mya

Sea urchins (Arkarua) ပေါ်လာပြီ

235 mya

dinosaurs နဲ့ lizards ကွဲပြီ

Giant marine ichthyosaurs နဲ့ plesiosaurs

ပင်လယ်မှာစိုးမိုးချိန်ပေါ့ ပထမဆုံး ဒိုင်နိုဆော အသေး မျိုးဖြစ်တဲ့ coelophysis တွေရှိပြီ

214 mya

ဥက္ကာ ခဲ ကျရောက်100 km crater ကို

Manicouagan, Quebec, Canada မှာဖြစ်စေခဲ့

205 mya

ပထမဆုံးနို့တိုက်သတ္တဝါ

- 201 mya

Central Atlantic

မှာ ရေအောက် မီးတောင်ပေါက်ကွဲမှုကြောင့် 20% ရေနေ သက်ရှိမျိုးသုဉ်း

Jurassic Period (199.6 to 145.5 mya)

ကမ႓ာကပူနွေးလာပြီ ဝန်ရိုးစွန်းမှာရေခဲမရှိဘူး-

Cycads, conifers and ginkgoes တွေက အဓိကလသစ်ပင် ဒိုင်နိုဆောတွေရဲ့ခေတ်ပေါ့

ပျံသန်းနိုင်တဲ့ reptiles (Pterosaurs) တွေပေါ်လာပြီ

180 mya

North America က Africa ကနေ စကွဲထွက်ပြီ

167 mya

ဥက္ကာခဲကျ 80 km crater ဖြစ်တယ်

Puchezh-Katunki, Russia မှာ

166 mya

Archaeopteryx က အစောဆုံး ငှက်ပါ

148 mya

marsupial နဲ့ eutherian mammals တွေကြား ကွဲထွက်ပြီ

145 mya

Morokweng, South Africa မှာ ဥက္ကာခဲကျ

70 km ချိုင့်ဖြစ်

Cretaceous Period (145.5 to 65.5 mya)

ဒီကာလ မှာ တိုက်ကြီးများကွဲ ရွေ့မှုဖြစ်တယ်

133 mya

Tookoonooka, Australia မှာဥက္ကာခဲကျ 55

km ကျယ်

125 mya

Africa နဲ့ India က Antarctica

ကခွဲထွက် Archaeanthus က အစောဆုံး ပန်းပွင့်တဲ့အပင်ပါ North Americaမှာ ပွင့်တယ် တံတိုင်းမွှေးပွင့်နဲ့တူပါတယ်တဲ့

120 mya

Global warming စတင်တယ် Carbon dioxide levels ဟာ550 to 590 ppm ရှိပါတယ်

116 mya

ပထမဆုံး သွားမပါပဲနှုတ်သီးရှိတဲ့ငှက် ပေါ်လာပြီ

110 mya

မိချောင်းပေါ်လာပြီ မြွေလည်း တွားသွားကနေဖြစ်လာပြီ

105 mya

South America က Africa ကနေကွဲထွက်ပြီ

- Formation of the Atlantic Oceanဖြစ်ပေါ်လာပြီ ဝန်ရိုးစွန်း ရေခဲ မရှိဘူး အချင်းပါ တဲ့ နို့တိုက်သတ္တဝါဖြစ်လာပြီ

100 mya

Earth's magnetic field ဟာ ခုထက် ၃ ဆ ပိုပြင်း

တယ် ပထမဆုံးပုရွက်ဆိတ် ဖြစ်ပြီ

90 mya

Global warming ဆုံးသွားပြီevent ends

- Western Interior Seaway က North America ကို Laramidia (west) နဲ့ Appalachia (east) အဖြစ် ပိုင်းလိုက်တယ်

85 mya

Australia နဲ့ Antarctica ကွဲသွားပြီ

70 mya

ဥက္ကာခဲကျ 65 km crater ဖြစ်မ

Kara, Russia မှာ

Tyrannosaurus rex ဖြစ်လာပြီ အသားစား Cretaceous Period က ဒိုင်နိုဆော

68 mya

Tyrannosaurus rex တွေများလာ

67.5 mya

Deccan Traps volcanic eruptions start in India မှာမီးတောင်ပေါက် ချော်ရည်နဲ့ ဓါတ်ငွေ့များ

အများကြီးထွက် ဥက္ကာခဲကျ

65.5 mya

ဥက္ကာခဲကျ170 km crater ဖြစ်တယ် Chicxulub, Yucatan, Mexico မှာရေနေ 80-90% ဒိုင်နိုဆောအပါအဝင် ကုန်းနေ 85% မျိုးသုဉ်း သွားတယ်

……………………………………………………………………

Cenozoic Era (65.5 mya to today)

Paleogene Period (65.5 to 23.03 mya)

Paleocene Epoch (65.5 to 55.8 mya)

63 mya

India မှာ မီးတောင်ပေါက်မှုရပ်ပြီ ပန်းပွင့် ပွင့်တဲ့

အပင်တွေပေါ်လာပြီ နှစ် ငါးသန်းအတွင်း ၄က်မျိုးစိတ်သစ် ၇၀ % လောက် အသစ်ဖြစ်လာ

တယ် Social insects တွေ များလာတယ်

60 mya

တောင်တန်းတွေဖြစ်ပေါ်လာပြီ အစောဆုံးခွာပါတဲ့

နို့တိုက်သတ္တဝါတွေရှိပြီ

55.8 mya

Major global warming ကာလ ပါ

North Pole မှာ အပူချိန် 23°C (73.4°F) ထိရှိတယ် CO2 concentration က 2000 ppm

Eocene Epoch (55.8 to 33.9 mya)

50 mya

India က Asia နဲ့ ပေါင်းပြီး တိုက်မိရာက

Himalayas ဟိမဝန္တာ တောင်တန်းကိုဖြစ်စေ

တယ်

45 mya

Earth day က တနေ့မှာ 24 နာရီရှိတယ်

လ က ကမ္ဘာက နေ378,000 km ကွာတယ်

Modern mammals ခုခေတ် နို့တိုက်သတ္တဝါ ဖြစ်လာပြီ လူက နို့တိုက်သတ္တဝါပါ

35.6 mya

ဥက္ကာခဲကျလို့ Chesapeake Bay, Virginia, USA နဲ့ Popigai, Russia မှာ 90 နဲ့100 km ရှိ ချိုင့်

တွေဖြစ် Eocene ကာလ မှာ အပူချိန်က 10°C

ထိကျတယ်

34 mya

Global cooling ကြောင့် Antarctic ice sheet ရေခဲလွှာတွေဖြစ်ပေါ်လာ ပါတယ်

Oligocene Epoch (33.9 to 23.03 mya)

30 mya

Australia နဲ့ South America က Antarctica

ကနေကွဲထွက်တယ် မြက်တွေပေါ်လာပြီ ပထမဆုံး အစွယ်နဲ့ဆင် ပေါ်လာပြီ

27.8 mya

La Garita, Colorado မှာမီးတောင်ပေါက်

Neogene Period (23.03 mya to today)

Miocene Epoch (23.03 to 5.3 mya)

- African-Arabian ပြတ်ရွေ့ပြား က Asia နဲ့ပေါင်းပါတယ်

21 to 14 mya

Miocene ပူနွေးသောကာလ

14 mya

Circum-polar ocean circulation က Antarctic ice cap ကိုဖြစ်စေတယ်

14 to 6 mya

ကမ္ဘာ့ အပူချိန် 4°C သို့ကျသွားပြီ raccoons တွေပေါ်လာပြီ တိုက်ကြီးများ အလယ်ကခြောက်သွေ့လာပါတယ် မြတ်ခင်းလွင်ပြင်တွေဖြစ်လာပြီ

6 mya

မတ်တပ်ရပ် လမ်းလျှောက်တဲ့ hominins တွေပေါ်လာပြီ

Pliocene Epoch (5.3 to 2.58 mya)

4.4 mya

ပထမဆုံး hominin ဖြစ်တဲ့ Ardipithecus ပေါ်လာပြီ

4 mya

North နဲ့ South America က Isthmus of Panama မှာပေါင်းတယ်Australopithecus afarensis ဟာ လမ်းလျှောက်တဲ့ bipedal hominid ပါ

3.7 mya: Australopithecus hominids တွေ Eastern နဲ့ Northern Africaမှာ နေကြ

ပြီ

3 mya

Arctic ရေခဲပြင်ပေါ်လာပြီ ဝန်ရိုးစွန်းမှာရေ ခဲတွေစုမိလာတယ် Climate က အေးပြီးခြောက်သွေ့လာတယ် Spread of grasslands နဲ့ savannas တွေ ကျယ်ပြန့်လာတယ်

ခြေတံရှည် မြတ်စားကောင်တွေပေါ်လာတယ်

Quaternary Period (2.58 mya to today)

Pleistocene Epoch (2.58 mya to 11,400 yrs ago)

Homo Habilis ဟာ homo genus ရဲ့ ပထမဆုံး ပါ သူတို့ပေါ်လာပြီ

2.1 mya

Yellowstoneမီးတောင်ပေါက်ကွဲမှု

2 mya

လက်နက်လုပ်တဲ့ humanoids တွေဖြစ်လာပြီ

ကျောက်ခေတ်အစ ပါ

1.7 mya

Homo erectusတွေ အာဖရိက ကနေ ထွက်ပြီ

1.3 mya to 820,000 yrs ago

Sherwin ရေခဲခြင်းကာလ

ငှက်နဲ့ ကုန်းနေ နို့တိုက်သတ္တဝါတွေပေါမျာ်းလာပြီ

790,000 yrs ago

hominids တွေ မီး သုံးတတ်ပြီ

700,000 yrs ago

Human နဲ့ Neanderthal မျိုးဗီဇ စကွဲပြီ

680,000 to 620,000 yrs ago

Günz/Nebraskan glacial period

640,000 yrs ago

Yellowstone supervolcanic eruption

530,000 yrs ago

Development of speech in Homo Heidelbergensis မှာ စကားစပြောတတ်ပြီ

455,000 to 300,000 yrs ago

Mindel/Kansan glacial period

400,000 yrs ago

Hominidsတွေ သစ်သားလှံ ကျောက်သွား တွေ

နဲ့ အမဲလိုက်တတ်ပြီ

370,000 yrs ago

လူ့ဘိုးဘေးနဲ့ Neanderthals ကလှံးဝကွဲပြားပြီ

မီးကိုခေတ်လူမပေါ်မီ နှစ်တသိန်းကျော်ထဲက စသုံးနေ ပြီ

300,000 yrs ago

Hominids တွေမီးကို ပုံမှန်အသုံးပြုတယ်

230,000 yrs ago: Neanderthal တွေ ဥရောပ မှာပြန့်နေပြီ

200,000 to 130,000 yrs ago

Riss/Illinoian glacial period

160,000 yrs ago

Homo sapiens ပေါ်လာပါပြီ ဟိုမို ဆေပီယံ ဟာ

ခန္ဓာဗေဒအရ ခုခေတ်လူပါပဲ ကျန်တာက ဥပမာ

နိယန်ဒါသဲလို ဟာမျိုးက လူ့ရဲ့ မျိုးကွဲတွေပါ ပြီး

တော့ သူတို့က မျိုးသုဉ်းခဲ့ပါပြီ ဟိုမို ဆေပီယန်တွေ

သာဆက်ရှင်တာပါ

ဒီအချိန်မှာပဲ mitochondrial eve ခေါ်တဲ့ မိုက်တို

ခွန်ဒရိယ ဧဝ ဟာ အာဖရိက အရှေ့ဘက်မှာပေါ်ခဲ့

တယ်လို့ယူဆပါတယ် လူ့ဆဲလ်မှာပါတဲ့ မိုက်တိုခွန်ဒရိယ ဟာ စွမ်းအင်ထုတ်ပေးတဲ့ ဇီဇပါ

သူ့ကို အမေဆီကတိုက်ရိုက်ရပါတယ် ဒါကြောင့်

ခုခေါတ်လူအား လုံးဟာ အမျိုးစပ်မယ်ဆိုရင် ဒီ

မိုက်တိုခွန်ဒရိယ တူတဲ့ ဧဝ လို့ မှန်းဆနာမည်ပေး

ထားတဲ့ အမ ဆီက ဆင်းသက်လာတာပါ

125,000 yrs ago

Riss/Würm interglacial period

110,000 yrs ago

Würm/Wisconsin glacial period

105,000 yrs ago

ကျောက်ခေတ်လူက ပြောင်းမျိုးနှံစားပင်တွေကို မြင်းစာနွားစာ ရှာဖွေတတ်လာပြီ

80,000 yrs ago

Non-African humans တွေ ဟာ Neanderthals နဲ့မျိုးစပ်ကြတယ်

74,000 yrs ago

Toba volcanic eruption

71,000 yrs ago

လေးနဲ့မြှားကို တီထွင်ပြီ

70,000 yrs ago

Canada နဲ့ northern US

ကို ရေခဲဖုန်းတယ်

55,000 yrs ago

Humans တွေ Australia ကိုရောက်ရှိ

46,000 yrs ago

Australiaဟာခြောက်သွေ့လာပါတယ်တော

မီးကြောင့် megafauna တွေသေဆုံးကုန်ပါတယ် megafauna ဆိုတာကလူထက်ကြီးတဲ့ တောရိုင်းကောင်တွေကိုပြောတာပါ

ဥပမာ ဆင်လိုဟာမျိုးပါ Cro-Magnon ဟာ European Upper Paleolithic ကာလ မှာ

ပေါ်တဲ့ Homo sapiens ပါ

40,000 yrs ago

Cro-Magnon man တွေ Europe မှာပေါ်လာပါ

ပြီ

28,000 yrs ago

Neanderthals တွေ ပျောက်ကွယ်သွားပြီ fossil record တွေ မတွေ့ရတော့ပါ

26,500 yrs ago

New Zealand မှာ မီးတောင်ပေါက်ကွဲ

22,000 yrs ago

Tioga ရေခဲခြင်းကြောင့် ပင်လယ်ရေမျက်နှာပြင်ဟာ ယနေ့ထက်130 meters ပိုနိမ့်ပါတယ်

20,000 yrs ago

ကြွေအိုးကြွေထည်တွေပြုလုပ်

19,000 yrs ago

Antarcticရေခဲများအရည်ပျော်

15,000 yrs ago

Alaska နဲ့ Siberia ကြားက ကုန်းမြှောင်ကြောင့် လူတွေ America ကို ရောက်ရှိ

12,900 yrs ago

Comet impact by Great Lakes မှာ ကြယ်တခွန်

တိုက်မိ ၍ American မှာ megafauna ဥပမာ mammoth(အမွေးရှည်ဆင်) တွေ sabretooth cat (အစွယ်ရှည်ကျား)တွေ မျိုးသုဉ်း Clovis culture အဆုံးသတ်

11,400 yrs ago

Würm/Wisconsin glacial period ရေခဲကာလ အဆုံးသတ်ပင်လယ်ရေမျက်နှာပြင် 91 meters (300 ft)ထိမြင့်တက်

Holocene Epoch (11,400 years ago to today)

စိုက်ပျိုးရေးပေါ်ထွန်း မွေးမြူရေးပေါ်ထွန်း

9,000 yrs ago

သတ္တု အရေကြို တတ်လာ

5,500 yrs ago

ဘီး စထွင်

5,300 yrs ago

ကြေးခေတ်

5,000 yrs ago

စာ အရေးအသားပေါ်လာ ဂီဇာ ပိရမစ်ကို ဘီစီ

2560 မှာတည်ဆောက်

3,300 yrs ago

သံခေတ်

2,240 yrs ago

အာခီးမီးဒီးစ် က စက်လုံးရဲ့ ဖော်မြူလာကို ဖော်ထုတ်

2015 yrs ago

Common Era (CE) ၏ အစ

1760 CE

စက်မှုတော်လှန်းရေး

1945 CE

အဏုမြူခေတ် ပထမဆုံးနျူကလီယား ဗုံး

1957 CE

အာကာသခေတ် စပွတ်နစ်ဂြိုဟ်တုလွှတ်

1969 CE

လပေါ်မှာလူလမ်းလျှောက်

ကမ္ဘာကြီးရဲ့ နေ့သစ်များ

===============

ခုရေးမှာက နောက်ဖြစ်လာမဲ့ အရာပါ climatology

cosmology astrophysics စတဲ့ ပညာရပ်တွေသုံးတာပေါ့

+200 years

လူလုပ်ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ်ကြောင့် ကမ္ဘာကြီးပူ

နွေးလာ

+1500 my (my = million years)

နေ ဟာ 6000 million years လောက်သက်တမ်းရှိပြီဖြစ်ပြီး ယနေ့ထက် 15% ပို တောက်ပမည်

+2000 my

ကျွန်တော်တို့ နေအဖွဲ့အစည်းရှိရာ မစ်ကီးဝေး ဂလက်

ဆီဟာ အန်ဒရိုမီးဒါး ဂလက်ဆီနဲ့စတင်တိုက်မိပါမယ်

+3000 my

တိုက်မိမှုကြောင့်ဂလက်ဆီ အသစ်ပေါ်လာပြီး ဒါကို

မစ်ကိုမီးဒါးလို အမည်ပေးပါတယ် နေအဖွဲ့အစည်းဟာ

မစ်ကိုမီးဒါးထဲမှာပါဝင်ပါတော့မယ်

+4000 my

နေဟာခုထက် နှစ်ဆ ပိုတောက်ပပြီးသူ့အချင်းဝက် က 40% ပိုကြီးပါမယ် နေဟာ

သူ့ရဲ့လောင်စာ ဟိုက်ဒရိုဂျင် ကုန် တော့ပါမည်

+5000 my

နေဟာ ကြယ်နီဘီလူး red giant star ဖြစ်သွား

ပြီး ခုလက်ရှိထက် ၃ ဆဖြစ်ခါ ကမ္ဘာကို ဝါးမြိုပါမယ် ဒီအချိန်ကမ္ဘာဟာ မီးရှို့ခံရတဲ့ ပန်းသီးလိုလောက်ကျွမ်းပြီး ပျောက်သွားမှာပါ

+10000 my

ကြယ်နီဘီလူးက ပြန်ကြုံ့ပြီး ကြယ်ဖြူပု white

dwarf ဖြစ်မှာပါ

+20000 my

ကြယ်ဖြူပုကနေ တွင်းနက် black hole ဖြစ်သွားပါမယ်

Dynamic of Civilization

Age of Emperor game ကို ဆော့ဖူးသူများအဖို့ civilization ဆိုတဲ့ စကားလုံးက စိမ်းမှာ မဟုတ်ပါဘူး။ ကျောက်ခေတ်ကနေစတဲ့ ဒီဂိမ်းမှာ ရှေးဦးလူသားတွေဟာ hunter-gatherer ဘဝကနေ တဖြည်းဖြည်းချင်းတိုးတက်တဲ့ လူမှုအဖွဲ့စည်း ကိုထူထောင်လာကြပါတယ်။ ဒီလို ထူထောင်ရာမှာ နယ်မြေချဲ့ထွင်မှုတွေ စစ်ပွဲတွေ လူဦးရေပွားစည်းမှုတွေ စိုက်ပျိုးရေး၊ ဘာသာရေး၊ ကုန်သွယ်ရေး၊ နောက်ဆုံးနိုင်ငံရေးနဲ့ သိပ္ပံပညာတောင် ပါပါတယ်။ သိပ္ပံဆိုတာကတော့ ဒီမှာ research တွေနဲ့ upgrade လုပ်တာက ကိုယ်စားပြုတာပေါ့ ထားပါပြောချင်တာက game အကြောင်းထက် civilization ဆိုတာမှာ ဒီလိုများပြားတဲ့ အစိတ်အပိုင်းတွေပါဝင်တဲ့ အကြောင်းပါ။ ဒီတော့ civilization ဆိုတာဘာလဲ? civilizationမှာ လူတန်းစားအလွှာ stratification ပေါ်ပေါက်လာတာ၊ မြို့ပြ အဖွဲ့အစည်းတွေ ဖြစ်လာတာ လူတွေတိုးပွား စုစည်းလာတာ၊ လူတွေကြားမှာဆက်သွယ်ဖို့ စကားနဲ့စာပေတွေပေါ်လာတာ သဘာဝ ပါတ်ဝန်းကျင်ကို လွှမ်းမိုးပြုပြင်နိုင်လာတာ၊ ဘာသာတရားတွေစတင်ဖြစ်ပေါ်လာတာစသဖြင့် အများကြီး ပါပါတယ်။ Maya civilization လို Babylonian civilization လို ရှေး မြို့ပြယဥ်ကျေးမှုတွေဟာ သမိုင်းမှာ တော့ အံ့သြစရာတွေပါ။ mesoamerica မှာပေါ်ပေါက်ခဲ့တဲ့မာယာတွေဟာ သူတို့နဲ့အတူ စိုက်ပျိုးရေး ဆည်မြောင်းစနစ်၊ နေနက္ခတ်တာရာကြည့်အတတ်ပညာတွေ၊ အဆောက်အအုံတွေ၊ ဘာသာတရားတွေ ယဥ်ကျေးမှုနဲ့ ဘာသာစကားတွေကို ဖန်တီးခဲ့ကြပါတယ် ဒါပေမဲ့သူတို့ ကမ္ဘာပေါ်က ပျောက်ကွယ်ခဲ့ရ တယ်။ Fall ofCivilization ပေါ့။ ဒီလိုကျဆုံးစေတဲ့ အကြောင်းအရာဟာ ဘာကြောင့်လဲ။ natural resource တွေမလုံလောက်လို့လား။ နိုင်ငံရေး သဘောတရားမှားလို့လား။ သိပ္ပံမှာနောက်ကျလို့လား စသဖြင့် လားပေါင်းများစွာပါ။ ဒါကို archeologist တွေ သမိုင်းပညာရှင်တွေနဲ့ သိပ္ပံပညာရှင်တွေက ခုထိလေ့လာ အဖြေထုတ်နေဆဲပါ။ အရေးကြီးလို့လား၊ ကြီးပါတယ်။ လူ့အဖွဲ့အစည်းတစ်ခု ပြိုကွဲခြင်းဟာ လူတိုင်းပေါ်ရိုက်ခတ်ပါတယ်။ ကျွန်ုပ်တို့ရှင်သန်ဖို့ လူ့အဖွဲ့အစည်းcivilization ကလည်းတည်မြဲရမှာပါ။ ဒီတော့ civilization ရဲ့ dynamic ဟာ အရေးကြီးလာပါပြီ။ ဒါကို သင်္ချာနည်းနဲ့ လေ့လာလို့ရလား။ ရပါတယ်။ ဒါကို လေ့လာတဲ့ပညာကို sociology လို့ခေါ်ပြီး သူ့ရဲ့ first law ကတော့ Malthus growthlaw မားသုစ် ကြီးထွားမှုနိယာမ ခေါ်ပါတယ်။ ခုပြောမယ့် model က ရှုပ်ထွေးလှတဲ့လူ့အဖွဲ့အစည်းကို အရိုးရှင်းဆုံးပုံစံ နဲ့ simplified လုပ်ထားတာပါပြောရင် frame ယူထားတာပေါ့။ Malthus က 1700 ကျော်မှာ ဒါကိုတွေ့တာပါ။ သူစဉ်းစားတာက လူ့အဖွဲ့အစည်းမှာ အထက်ကပြောသလို parameter တွေ များပေမဲ့လည်း အဓိကကတော့ လူဦးရေပါ civilization တစ်ခုရှိဖို့ လူ့အဖွဲ့အစည်းတခုရှိဖို့ လူဦးရေ ရှိရမယ်လေ။ ဒါကြီးပြိုကွဲတယ်ဆိုတာ လူဦးရေ သုည ဖြစ်သွားတာပါ။ ဒါ ပွားစည်းဖွင့်ဖြိုးတယ်ဆိုတာ population တိုးလာတာပေါ့။ ဒါပေမဲ့ population က အဆုံးမဲ့တော့မတိုးနိုင်ဘူးလေ။ ဒီတော့ သူ့ကိုကန့်သတ်ထားတဲ့ limiting factor တွေရှိရမှာပါ စားရေရိက္ခာစစ်ပွဲ ရောဂါဘယ သဘာဝအန္တရာယ်စသဖြင့်ေပေါ့မားသုစ် က population growth rate လူဦးရေတိုးနှုန်းကိုတွက် ကြည့်တဲ့အခါ ဒါဟာ လက်ရှိ လူဦးရေနဲ့ တိုက်ရိုက်အချိုးကျကြောင်းတွေ့ရတယ် ကဲ let's take a little mathspopulation က p ဆိုရင် population တိုးနှုန်းဝါ လျော့နှုန်း က dp/dt ပေါ့သူက p နဲ့ တိုက်ရိုက်အချိုးကျမယ်ပေါ့ ဒါဆိုdp/dt varies with p ဒီမှာ varies with ကို ညီမျှခြင်းနဲ့ အစားထိုးရင် p ကို constant of proportionality တခုနဲ့မြှောက်ရပါတယ် k ဆိုပါစို့ ဒါပေမဲ့လူဦးရေဟာ factor ၄ ခုပေါ်မှာ တည်ပါတယ် အဲဒါတွေက မွေးနှုန်း သေနှုန်းimmigration နယ်မြေက ထွက်သွားနှုန်း နဲ့ emigration ဝင်လာနှုန်းပါ ရိုးရှင်းအောင်မွေးနှုန်း s နဲ့ သေနှုန်း u ကိုပဲစဉ်းစားမယ်ဆိုရင်

$k = s - u$ ပါ

ဒီတော့ equation က

$dp/dt = (s-u)p$

ဒီလိုညီမျှခြင်းကိုရှင်းရင် အဖြေဟာ exponentialfunction ရပါတယ်

$p = p^{\circ} e^{(s-u)t}$

p°က စဦး Population ပါ e က euler numberပေါ့။

ဒီ function ကို graph ဆွဲရင် အချိန်ကြာလာတာနဲ့အမျှ လူဦးရေဟာ အဆုံးမဲ့ပါ ဒီတော့ ဒါကလက်တွေ့မှာ မဟုတ်ပါဘူး။ ဘာတွေကကန့်သတ်ထားလဲပထမဦးဆုံးက စားရေရိက္ခာပါ။ ခြုံပြောရင်တော့ natural resource ပေါ့။ ဒီမှာ စိုက်ပျိုးရေး သစ်၊ ရေနံ စသဖြင့် အားလုံးပါပါတယ်။ ဒါကို တိုင်းနိုင်မဲ့ parameter က အကျယ်အဝန်းပါ။ A ပေါ့။ Aများရင် resource ပေါမယ်။ Aနဲရင် သယံဇာတ ရှားမယ်။ ဒါနဲ့တော့ မလုံလောက်သေးပါဘူး။ A ချင်း အတူတူ တချို့က သယံဇာတပေါပြီး တချို့က ရှားတယ်။ ဒီတော့ သယံဇာတ resource ကို ကိုယ်စားပြုတဲ့ မြှောက်ဖော်ကိန်း r ကို A ရှေ့ မှာကပ်ပေးဖို့ လိုပါတယ်။ ဒီတော့ rA ပေါ့။ rA များရင် မွေးနှုန်းများမှာပါ။ လူတွေအဆင်ပြေတယ်လေ။ များများမွေးမှာပေါ့ ဒီတော့

$s = rA$

ဒါပေမဲ့ သယံဇာတကို လူတွေက အမြဲတမ်းအသက်ရှင်ဖို့ပဲမသုံးဘူး။ ဇိမ်ခံဖို့ တခြားဟာတွေလုပ်ဖို့ သုံးတယ်။ ဒီသုံးနှုန်းက လူဦးရေ p နဲ့ အချိုးကျတယ်။ ဆိုလိုတာက လူများလေ ဇိမ်ခံတာများလေပေါ့။ လူ့အဖွဲ့အစည်းပေါ်တော့မူတည်တယ်။ ဥပမာ စည်းကမ်းရှိတဲ့လူမျိုး ဉာဏ်ရည်မြင့်တဲ့ လူမျိုးက စနစ်တကျသုံးမယ်၊ ဇိမ်ခံတာနည်းမယ်။ စည်းကမ်းမရှိတဲ့လူမျိုး ဉာဏ်ရည်နိမ့်တဲ့ လူမျိုးက လက်လွတ်စံပယ် ဖြုန်းမယ်။ ဒါက c ဆိုရင် cp ပေါ့။ cp များရင် မွေးနှုန်းကျမယ်။

ဒီတော့ $s = -cp$ ပေါင်းတော့

$s = (rA - cp)$

မူလညီမျှခြင်းမှာ သွင်းတော့

$dp/dt = (rA - cp)\,p - up$

ဒီတော့ ဒါကို ဖြည့်တွက်ပြီး graph ဆွဲရင် သယံဇာတ အကန့်အသတ် တစ်ခုထိ လူဦးရေဟာ တိုးမယ်။ civilization ဟာ ဖွံ့ဖြိုးမယ်။ ဒီအကန့်အသတ်ကို Ps saturation of population ပေါ့။ သူ့ကို

$Ps = rA - u / c$ နဲ့တွက်နိုင်ပါတယ်

population ဟာ Ps ကို ကျော်ရင် လူဦးရေပြန်ကျသွားမယ်။ ကျော်တာမြန်လေ ကျနှုန်းမြန်လေ civilization ပျက်နှုန်းမြန်လေပေါ့။ နောက်တစ်ခုကတော့ လူတွေဟာ civilization ဖွံ့ဖြိုးလာတာနဲ့အမျှ လူဦးရေပွားမယ်၊ အစားအစာရှားမယ်။ ဘယ်အချိန်ထိလဲ သူတို့နေတဲ့ နယ်မြေ A က population p ကို လက်ခံနိုင်တဲ့ပမာဏ p/A ကိုမကျော်ခင်ထိတော့ အေးဆေးပါ။ ကျော်လာရင်တော့နယ်မြေချဲ့ရတော့မယ်။ ရှေးဦးကာလ ကမ္ဘာမှာနယ်မြေများပြီး civilization နည်းချိန်မှာတော့ ရိုးရိုးချဲ့ယုံပေါ့။ civilization တခုမကရှိတဲ့ကာလ (ဥပမာ အင်္ဂလိပ်နဲ့စပိန်စကာသဖြင့်)မှာတော့ စစ်ပွဲတွေပါလာပြီပေါ့။ ဒါကို colonization ခေါ်ပါတယ်။ ဒီတော့ $A^\circ = dA/dt$ နယ်မြေဧရိယာ ပြောင်းလဲ နှုန်းဆိုရင်

$A^\circ = 2k\,(p/A - m)\,\sqrt{A}$

m က migration threshold ပါ။ ဒီပမာဏ လွန်ရင်လူတွေ ပြည်တွင်းမှာနေလို့ အဆင်မပြေတော့ဘူး။ ပြည်ပ ထွက်ရတော့မယ် နောက်တစ်ခုက နယ်နိမိတ် $\sqrt{A}$ ကျယ်လေ နယ်မြေချဲ့နှုန်းမြန်လေပေါ့။ နယ်မြေချဲ့မှုဟာ ဟိုတုန်းကတော့ နယ်မြေသစ်ရှာဖွေမှု နောက်တော့ စစ်ပွဲပုံစံတွေနဲ့ ခုခေတ်မှာတော့ emigration အနေနဲ့တွေ့ရပါတယ်။ ဒါကြောင့် စစ်ပွဲတွေဟာ မကြာခဏတွေ့ရပြီးသူတို့ ကိုညီမျှခြင်းချနိုင်ပေမဲ့ ရှုပ်ထွေးတဲ့အတွက် မဖော်ပြတော့ပါဘူး။ war ရဲ့ အဓိ က အခြေခံ က resource တိုးဖို့ နယ်မြေချဲ့ခြင်း A° ကို တိုးခြင်းပါ။ ဒါကို နယ်မြေမချဲ့ပဲ နောက်တနည်းလုပ်နိုင်တာက trading ကုန်သွယ်မှုပါ။ trading ဟာ colonization လုပ်စရာမလိုပဲနဲ့ ကိုယ်လိုတဲ့ သယံဇာတကို ရစေပါတယ်။ ဒါဟာ colonialism ကျဆုံးရခြင်းနောက်က သချ်ာပါ။ အိန္ဒိယရဲ့ခေါင်း ဆောင် ဂန္ဒီ ဟာ ဒီအချက်ကိုသိခဲ့လို့ အင်္ဂလိပ်ကို စစ်ရေးအရ မတော်လှန်ဘဲ trading ကို ဆန့်ကျင်ပြီး သူ့ရဲ့အကြမ်းမဖက်နည်းကို ဖော်ထုတ်ခဲ့တာပါ။ ဒါဟာ ပညာရဲ့ ကြီးကျယ်မှုပါစစ်ပွဲဟာ အစပိုင်း မှာ rA သယံဇာတ ကို တိုးနိုင်စေပေမဲ့ နောက်ပိုင်းမှာ နည်းပညာမြင့်မှုနဲ့အတူ ၂ ဦး ၂ ဖက်လုံးကို ဆုံးရှုံးမှုများစေပါတယ်။ တနည်းအားဖြင့် ဒီ equation မှာ war အတွက် limiting factor ရှိပြီး technology နဲ့ တိုက်ရိုက်အချိုးကျပါတယ်။ ဒီ limit အလွန်မှာ war ကိုအတွေ့ရနည်းပြီး technological ပြိုင်ဆိုင်မှုတွေမြင်ရမှာပါ။ ဥပမာအားဖြင့် coldwar စစ်အေးဟာ ဒီပုံစံပါ။ နောက်တခုက rA ကို ချဲ့ထွင်ရာမှာ A ကိုမချဲ့ဘဲ r သို့မဟုတ် resource ထုတ်ယူနိုင်စွမ်းကိုမြင့်တင်တာပါ။ ဒါက သိပ္ပံနဲ့နည်းပညာ ကိုတိုးတက်အောင်လုပ်ဆောင်မှုဖြစ်ပြီး လူတွေ မျိုးဆက် တစ်ခုထက်တစ်ခုအသိဉာဏ်တိုးတက်လာမှုနောက်က driving force ပါ။ ပညာဟာ ဒါကြောင့်အရေးပါတာပါ။ ပညာကိုဖွံ့ဖြိုးစေတဲ့ နိုင်ငံရေးစနစ်တွေ ဥပမာdemocracy လို politic အယူအဆတွေ ကမ္ဘာမှာပြန့်ပွားလာရခြင်းရဲ့နောက် က drive ပါ။ နောက်တခုကတော့ culture strategy

တွေပါယဉ်ကျေးမှုဆိုတာ civilization တခုရှင်သန်ကြီးထွားမှုနောက်က နည်းနာပုံစံပါ ထမင်းစားတဲ့အခါ လက်နဲ့စားသူ၊ ဇွန်းနဲ့စားသူ၊ တူနဲ့စားသူ စသဖြင့်ကိုယ့် နည်းလမ်း ကိုယ့် strategy နဲ့ ကိုယ်ရှိပေမဲ့ တချို့ နည်းလမ်း တွေကတချို့ ထက်ပိုကောင်းပါတယ်။ နည်းလမ်းတစ်ခုကိုတီထွင်တာထက် ပိုကောင်းတဲ့ နည်းလမ်းကို ကူးယူတာက ပိုလွယ်ပါတယ်။ ဒီတော့ spread of culture ယဉ်ကျေးမှုပြန့်ပွားခြင်းဟာ မလွဲမရှောင်သာ ဖြစ်မဲ့အရာပါ။ globalization နောက် က Driving force ဟာ ဒါပါပဲ။ ဒီမှာ culture changing rate ယဉ်ကျေးမှု ပြောင်းနှုန်းက cultural distance ယဉ်ကျေးမှု အကွာအဝေးနဲ့ ပြောင်းပြန်အချိုးကျပါတယ်။ နောက်တခုက cultural resistance ယဉ်ကျေးမှုခုခံအားနဲ့လည်း အချိုးကျပါတယ်။ cultural resistance ကိုတော့ ဒီ society မှာရှိပြီးသား religion language culture နဲ့education က ပြဋ္ဌာန်းပါတယ်။ ဒီတော့ ဘာသာရေးအစွန်းမရောက်ဖို့၊ ပညာတတ်ပေါဖို့၊ flexible ဖြစ်ဖို့ဟာ တိုးတက်မှုအတွက်လိုပါတယ်။ ခုပြောခဲ့တာတွေရဲ့နောက်မှာ ညီမျှခြင်းတွေရှိပေမဲ့ ရှုပ်ထွေးလို့မဖော်ပြတော့ပါ။ သို့သော်အခြေခံကတော့ အထက်ကပြောတဲ့ မားသုစ် ကြီးထွားနှုန်းညီမျှခြင်းကို generalised လုပ်ထားတာပါ။ အရေးကြီးတဲ့ အချက်တခုက civilization ဟာ ဖြစ်လာလိုက်ပျက်သွားလိုက်နဲ့ cycle လည်နေလားဆိုတဲ့မေးခွန်းပါ။ မာယာ ယဉ်ကျေးမှု ပြိုပျက်ခြင်းလိုဖြစ်စဉ်ဟာ ပညာရှင်တွေကို ဒီအဖြေရှာစေပါတယ်။ အာနိုးတွိုင်းဘီလို သမိုင်းပညာရှင်တွေကတော့ cycle တွေကိုမျှော်လင့်ခဲ့ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ လက်ရှိညီမျှခြင်းရဲ့ ပုံစံ အရတော့ rA ကို ချဲ့နိုင်သမျှ (u သေနှုန်းချတာလည်းပါတာပေါ့။ ဆေးပညာတိုးတက်လာတာနဲ့အမျှ u လည်းကျလာပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ zero တော့မဖြစ်နိုင်လို့ ဒီညီမျှခြင်းမှာ s မွေးနှုန်းကပိုအရေးပါပါတယ်) cycle တွေဖြစ်ဖို့ ကအခွင့်အလမ်းနည်းပါတယ်။ ဥပမာ ခုခေတ်မှာ နည်းပညာ trading နဲ့ နယ်မြေများဆက်စပ်နေမှုကြောင့် နိုင်ငံတစ်နိုင်ငံဟာ ဘယ်လောက်ဆင်းရဲဆင်းရဲ ကမ္ဘာ့မြေပုံပေါ်က ပျောက်လောက်အောင် ဖြစ်ဖို့တော့ခက်ခဲပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ ပညာရေးကိုအားမပေးပဲ luxury ဖိမ်ခံမှုများနေသော၊ စီမံခန့်ခွဲမှုလွဲနေသော၊ တနည်းအားဖြင့် c များနေသော နိုင်ငံများမှာတော့ (ဥပမာကျွန်တော်တို့နိုင်ငံပေါ့ဗျာ) တခြားကအကူအညီကြောင့် ရှင်သန်နေလဲ Ps အရမ်းနိမ့်တဲ့အတွက် မပျက်စီးယုံတမယ် ဆင်းရဲဒုက္ခများနေမည်ဖြစ်ပါကြောင်း တင်ပြလိုက်ရပါတယ်။

Python

ပညာ

ပညာဆိုတာဘာလဲ? ကျွန်တော်တို့ အူဝဲ ဆိုပြီး မွေးလာတဲ့အခါ ဘာမှသိမလာပါဘူး။ သိလာရင်လည်း ပညာဆိုတာလိုတော့မှာမဟုတ်ဘူးလေ။ ကျွန်တော်တို့က ဘာကိုမသိတာလဲ? အားလုံးပါပဲ။ ကျွန်တော်တို့ ပါတ်ဝန်းကျင် သဘာဝလောကမှာဘာတွေဖြစ်နေလဲ။ ကျွန်တော်တို့မသိဘူး။ ကျွန်တော်တို့ ကိုယ်ထဲမှာဘာဖြစ်နေလဲ ကျွန်တော်တို့မသိဘူး။ သိလာအောင် ဘယ်လိုလုပ်ရမလဲ ကျွန်တော်တို့မသိဘူး။ ကိုယ့်ပါတ်ဝန်းကျင်လောကသဘာဝမှာ ဖြစ်ပျက်နေတာကို အရှိကို အရှိအတိုင်း၊ အမှန်ကို အမှန်တိုင်း သိတဲ့ အခြေအနေ state ကို ပညာလို့ခေါ်တာပါ။ သဘာဝမှာ အမှန်တရားဆိုတာရှိပြီး ဒီအမှန်တရားဆီ ကိုယ်ကရောက်တာကို ပညာလို့ ခေါ်တာပါ။ ရောက်ဖို့သွားတာ၊ အားထုတ်တာကို သင်ယူမှု ဝါ လေ့လာမှု ပေါ့။ ဒီမှာ ဥပမာနဲ့တင်စားတာဖြစ်ပြီးလူက သွားတာထက် ဉာဏ်က အမှန်တရား ဆီရွက်လွှင့်တာလို့ ပြောရင် ပိုနီးစပ်မယ်ထင်ပါတယ်။ အမှန်တရားဆိုတဲ့ဆိပ်ကမ်းကို ကပ်တဲ့နေ့က ပညာရှိတဲ့နေ့ပေါ့။ ဒီတော့ မွေးကတည်းက ဘာမနားမလည်တဲ့ လူဟာ နားလည်ဖို့ဆိုရင် အသိဉာဏ်ကိုရွက်လွှင့်ရမှာပါ။ ထိုင်နေလို့တော့ သင့်ဆီကိုအမှန်တရားဆိုတဲ့ ဆိပ်ကမ်းကြီး အတောင်ပေါက်ပြီး ရောက်မလာပါဘူး။ သင်ကအားထုတ် ရွက်လွှင့်မှသာ သဘာဝမှာ ဘာတွေဖြစ်နေတယ်ဆိုတာ သိလာမှာပါ။ သင့်ရဲ့ mindset ကို ပြင်မှ open minded ဖြစ်မှ သိလာမှာပါ။ " အများနားလည်မဲ့" ဆိုတဲ့ နမ်စားဟာ မမှန်ပါဘူး။ ကိုယ်နားလည်ဖို့ကိုယ့်ဘာသာ တစ်ဦးချင်း ကြိုးစားမှပဲရပါတယ်။ ကျွန်တော်စာတွေရေးတယ်ဆိုတာ အမှန်တရားဆိုတဲ့ ဆိပ်ကမ်းကိုသွားဖို့ သင်တို့ကို လှေတစီးငှားတာပါ။ အလကားငှားတာပါ။ ဒါပေမဲ့ လှေကလှေပဲဖြစ်ပြီး တက်စီးဖို့တာဝန်က ပညာလိုချင်သူရဲ့ကိစ္စပါ။ လှေဖြစ်တဲ့အတွက် ကုန်းပေါ်ကို တက်ပြီး မြင်းလိုခေါ်လို့မရပါ။ ပြောချင်တာက ပညာရပ်တခုခုအကြောင်းပြောတဲ့အခါ limit တခုထက် လျော့ပြီး ရေးလို့မရပါ အများနားလည်အောင်ရေးလေအများနားမလည်တော့လေပါပဲ ဒါကို သိစေချင်ပါတယ်။ နောက်တစ်ခုက သဘာဝကအပြောကျယ်ပါတယ်။ ဆိပ်ကမ်းတွေအများကြီးပါ။ ပညာရွက်လွှင့်တဲ့ ဂျစ်ပစီတွေကလွဲရင် သင်က ဆိပ်ကမ်းတိုင်းကို ကပ်ချင်မှာမဟုတ်ပါ။ သင်သွားချင်တဲ့ဆိပ်ကမ်းကို သွားမဲ့လှေကို စောင့်ပါ။ ပညာရှာရာမှာ စိတ်ရှည်ဖို့လိုပါတယ်။ သည်းခံတတ်ဖို့ လိုပါတယ်။ ပလေတိုကို တခါက သူကျောင်းသားတပည့်တစ်ယောက်ကမေးတယ်။ ဆရာဒါကိုသိရင် ဘာရလဲလို့ မေးပါတယ်။ ဒီတော့ ပလေတိုက သူ့ရဲ့အစေခံကိုခေါ်ပြီးပြောပါတယ် မင်းဒီသူငယ်ကို အကြွေစေ့တချို့ပေးပြီး ပြန်လွှတ်လိုက်ပါတဲ့။ သူလိုချင်တာကအကျိုးအမြတ်ကိုး အကျိုးအမြတ်လိုချင်လို့ ပညာကိုလေ့လာတယ်ဆိုရင် ဒါဟာ နေရာမှားနေပါပြီ။ ပညာဟာသိလိုသူတွေအတွက်နေရာပါ။ စာတတ်ပုဒ်ဖတ်တဲ့အခါ ဘယ်မှာသုံးလဲလို့မမေးပါနဲ့။ မိုက်ကယ် ဖာရာဒေးကို အစိုးရအမှုထမ်း လူကြီးလူကောင်းက မေးဖူးတယ်။ ခင်ဗျားပစ္စည်းကဘယ်နေရာမှာ သုံးလို့ရသလဲပေါ့။ ဖာရာဒေးက ပြန်ပြောတယ်။ ဘာမှာသုံးလို့ရမလဲတော့ မသိဘူး။တစ်ချိန်မှာ လူကြီးမင်းတို့က ပြည်သူတွေဆီက ဒါကိုအကြောင်းပြုပြီး အခွန်ကောက်လိမ့်မယ်တဲ့။ ပညာဟာ သုံးစရာနေရာ တစ်နေရာ သူ့အလိုလိုပေါ်လာလိမ့်မယ် ပေါ်ချိန်မှာ ကိုယ့်လက်ထဲရှိထားဖို့ပါပဲ။ နောက်ဆုံး ဒါမျိုးစာတွေကို ကြိုက်တတ်ရင် သင်ဟာပညာလိုလားသူပါ။ ဖတ်စမှာနားလည်မှာ

မဟုတ်ပါဘူး။ ဖတ်တာနဲ့တစ်ခါထဲနားလည်ပြီဆိုရင်တော့ တခုခုမှားနေလို့ပါ။ နားမလည်မှုဆိုတာ က mindset ကိုပြင်ဖို့ကိုယ့်ရဲ့တွေးပုံ ကိုပြင်ဖို့ စိတ်ကို ရှက်လွှင့်ဖို့ အချက်ပေးနေတာပါ ဒီလိုစာမျိုးက တစ်ခါထဲ ဖတ်လို့မရပါ။ တစ်ခုထဲဖတ်လို့မရပါ။ သိချင်စိတ် လေ့လာချင်စိတ်ကိုမွေးထားပြီး ဆက်လေ့လာဖို့ပါ။ အများနားလည်မဲ့စာကို တောင့်တနေမှာထက် ဒီစာကို ငါနားလည်အောင်ဆိုတဲ့စိတ်က ပိုအရေးပါပါတယ်။ပညာဆိုတဲ့ဆိပ်ကမ်းကို အရောက်လှမ်းနိုင်ကြပါစေလို့။ တွေးမိတွေးရာလေးတွေပါ။

‘

Integration and measure

Integral နဲ့ differential ဆိုတာ two pillars of calculus ပါ ကဲကုလပ်သင်္ချာရဲ့ ဒေါက်တိုင်ကြီး ၂ ခုပေါ့။ သိပ္ပံ ပညာဆိုတာ စမ်းသပ်စစ်ဆေးခံနိုင်ဖို့လိုပါတယ်။ တိုက်ဆိုင်စစ်ဆေးဖို့ဆိုတာ တိတိကျကျ တိုင်းတာမှုလိုပါတယ်။ လောကမှာ အရာရာကပြောင်းလဲနေတဲ့အတွက် ပြောင်းလဲနှုန်းကို တိုင်းဖို့ လိုပါတယ်။ ဒါကို differential ကပြုလုပ်ပေးပါတယ်။ အရာရာမှာ ပမာဏ အတိုင်းအတာ ရှိတယ်။ မြင်သာတာတွေကတော့ length လို area ဧရိယာလို volume ထုထည်လိုပေါ့။ ဒါတွေကို တိုင်းတာဖို့ integral ကပေးပါတယ်။ ဆိုပါစို့ စတုရန်း တစ်ခုရဲ့area ရှာမယ်ပေါ့။ x က အလျား y က အနံဆိုရင် xy ရတယ်ပေါ့။ ဒါပေမဲ့ ပုံသဏ္ဍာန်မမှန်တဲ့ ကွေးကောက်နေတဲ့ အဝန်းအဝိုင်း တစ်ခုရဲ့ area ဆိုရင်ရော။ BC 370 လောက်က Exodus ကတော့ method of exhaustion ဆိုတဲ့နည်းနဲ့ မေ့ပန်းလောက်အောင် တွက်ခဲ့ရပါတယ်။ အိုင်ဒီယာက တိုင်းချင်တဲ့ area ကို လေးထောင့်အပိုင်းလေးတွေ အများကြီးစိတ်ပိုင်းပြီး ပေါင်းယူတာပါပဲ။ rectangle တွေက xy ဆိုပြီး area ကိုတိတိကျကျရတာကိုး။ ဒါတွေအကုန်ပေါင်းရင် ရလာဒ်က အနီးစပ်ဆုံးပေးတာပေါ့။ ဒီနည်း ကို limit ဆိုတဲ့အယူအဆ infinitesimal ဆိုတဲ့အယူအဆတွေနဲ့ ပေါင်းလိုက်တော့ နယူတန်နဲ့ လိုက်ဗနစ်က integral ကိုသီးခြားစီ တီထွင်နိုင်ခဲ့ကြပါတယ်။ ပထမဆုံး သိဖို့လိုတာက function ပါ။ အကြမ်းဖျဉ်းပြောရင် input အနေနဲ့ real number တစ်ခုကို ထည့်ပေးတိုင်းမှာ function က output အဖြစ် real number တစ်ခုကိုထုတ်ပေးတယ်။ input ကို x လို့ပေးရင် output က f(x) ပေါ့။ f ကတော့ function ပေါ့။ f(x) ဟာ x^2 ဖြစ်နိုင်သလို 2x သို့ sin(x) လည်းဖြစ်နိုင်တယ်။ ဒါတွေကပြသနာပေါ်မူတည်တာပေါ့။ အရေးပါတာက f(x) ကို graph ဆွဲလို့ ရတာပါပဲ။ graph ဆိုတာကတော့ xy plane ပေါ်မှာကွေ့ကောက်နေတဲ့ (တချို့လည်းဖြောင့်ပါတယ်) မျဉ်းတကြောင်းပါပဲ။ x က မြေပြင်ညီမျဉ်းပေါ့။ y က ဒေါင်လိုက်မျဉ်းဆိုရင် x ကိုပေးတိုင်းမှာ y=f(x) အနေနဲ့ y အမှတ်ကိုရတယ်။ ဒီ၂ခု ဆုံရာမှာ အမှတ်စက်ချအမှတ်တွေအားလုံးပေါင်းတော့ curve တစ်ခုရတာပေါ့။ integral က ဒီမျဉ်းကွေးအောက်က ဧရိယာကို တွက်ပေးပါတယ်။ သူကမျဉ်းကွေအောက်မှာ ဒေါင်လိုက် rectangle လေးတွေအဖြစ်စိတ်ပိုင်းလိုက်ပါတယ်။ rectangle ရဲ့ အခြေက dx ပေါ့။ သူ့ရဲ့ အမြင့်ကို f(x) ကပေးတယ်လေ။ f(x) dx ဆိုတော့ rectangle တခုရဲ့ ဧရိယာ ရတာပေါ့။ rectangle တွေအားလုံးပေါင်းတော့ မျဉ်းကွေးအောက်က ဧရိယာကိုရပါပြီ။ ဒီဧရိယာကအခြေ dx ကတိုလာလေ ပိုမှန်လေပေါ့။ ဒါ က dx tend to zero ဆိုတဲ့ limit သဘောတရားပါ။

$$\int f(x)\, dx$$

လို့ရေးပါတယ်။ တစ်စုံတရာရဲ့ ဖန်ရှင်ကို ပေးတိုင်းမှာသူ့အောက်က ဧရိယာတိုင်းလို့ရတယ်။ ဒီတော့ ခုပြောတာတွေကို rigorously defined လုပ်ခဲ့တာက Riemann ပါ။ ဒါကြောင့် Riemann integral လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒီintegral ရဲ့ လိုအပ်ချက်က function ဟာ continuous ဖြစ်ရပါတယ်။ continuous မဖြစ်တဲ့ function တွေဟာ ပြတ်တောင်းတဲ့ ရုတ်တရက်ချိုးကွေ့တဲ့ မချောမွေ့တဲ့ မျဉ်းကွေးတွေကို ပေးပါတယ်။ နောက်တစ်ချက်ကတော့ တိုင်းတာခြင်းဆိုတဲ့ အယူအဆပါ။ measure ပေါ့။ ခုလို integral

တစ်ခုအတွက် အရေးပါတာက dx ပါ။ တစ်နည်း x ဝင်ရိုးပေါ်က length ဆိုတဲ့အယူအဆပါ။ သာမန်အားဖြင့် ကျွန်တော်တို့ဟာ တိုင်းတာမှုတွေနေ့စဉ်ဘဝမှာ အမြဲတမ်းလုပ်လေ့ရှိတော့ အရာရာဟာ တိုင်းလို့ရမယ်ထင်တတ်ကြပါတယ်။ ငါက ဘယ်နှစ်ပေမြင့်ပြီး ဒီတစ်ယောက်ရဲ့ အချစ်က ဟိုတစ်ယောက်ထက်ပိုတယ်ဆိုတာမျိုးပေါ့။ ခုကိစ္စကို စဉ်းစားကြည့်ပါ။ တစ်လက်မရှည်တဲ့ မျဉ်းတစ်ကြောင်းဆိုပါတော့။ သူ့ကို ၃ ပိုင်းအညီမျှပိုင်း၊ အလယ်ပိုင်းကိုဖယ်လိုက်၊ အစွန် ၂ ပိုင်း ကျန်မှာပေါ့။ အစွန်တစ်ပိုင်းစီကိုလည်း အထက်ကနည်းအတိုင်း အလယ်ပိုင်းကိုဖြုတ်လိုက်။ ဒါဆို ၄ ပိုင်းကျန်ခဲ့မယ်။ ဒီနည်းနဲ့ဆက်ခါဆက်ခါ လုပ် infinitely အကြိမ်အနန္တလုပ်ရင် ဘာကျန်ခဲ့မလဲ။ အလွန်သေးငယ်တဲ့အမှတ်စက် point လေးတွေပေါ့ ဒါကို Cantor setလို့ခေါ်ပါတယ်။ တွက်ကြည့်ရအောင်။ ပထမ ဖယ်လိုက်တာက 1/3 ဆိုတော့ ကျန်ခဲ့တာက 2/3 ပေါ့။ နောက်တစ်ခါဖယ်တော့ နောက်ထပ် 2/3 စုစုပေါင်းက $2/3 \times 2/3 = (2/3)^2 = 4/9$ ပေါ့။ နောက်ထပ်ဖယ်တော့ $(2/3)^3 = 8/27$ ပေါ့။ ဒီလိုအကြိမ်အများကြီးလုပ်ရင် ကိန်းဟာသေးသေးလာပြီး နောက်ဆုံးမှာသုညဖြစ်မှာပါ။ သင်္ချာမှာ သုညလို့ပြောနေပေမဲ့ ပုံမှာတော့ အစက်ကလေးပေါင်း အနန္တနဲ့ ပြည့်နေတယ်။ တခုခုတော့လွဲပြီ။ ကျွန်တော်တို့ဖယ်ခဲ့တဲ့ အပိုင်းတွေကတော့ အားလုံးပေါင်းရင် တစ်လက်မ ပြန်ရနေတယ်။ ဘာဖြစ်တာလဲ တစ်လက်မမျဉ်းကနေ တစ်လက်မကိုဖယ်လိုက်တာ အစက်တွေ အများကြီးကျန်ခဲ့တယ်။ အမှန်တော့ ဒီပြသနာမှာ အဓိကဝိရောဓိက point ပါ။ point ဆိုတာတကယ်တော့ no length ပါ။ point တွေဆက်လို့ length တစ်ခုရတယ် ဆိုတာက approximate ယူဆထားတာပါ။ ဒီတော့ အဓိကပြောချင်တာက canter set လို function မျိုးက continuous မဖြစ်ပဲ တိုင်းတာရခက်တာပါ။ zerတွေ ကို အနန္တပေါင်းလည်း zero ပါပဲ။ ဒီတော့ဒီကိစ္စမှာ တိုင်းတာမှုကို ချဲ့ထွင်ဖို့လိုလာပါတယ်။ ၂၀ ရာစုဆန်းမှာ ဘိုရယ် နဲ့ လက်ဘက်Lebesgue တို့က measure theory ကိုစတင်ခဲ့ပါတယ်။ ဒီတော့တိုင်းတာမှုဆိုတာဘာလဲ။ ဘာက ဘာထက်ပိုကြီးတယ်ဆိုတာသိဖို့ သူတို့ရဲ့ အရွယ်အစားကို နှိုင်းယှဉ်ကြတာပါ။ ဒီမှာ သေချာတာကတော့ ဒါဟာ

1.real number တစ်ခုဖြစ်မှာပါ။

2.နောက်တစ်ချက်က empty set ဟာ zero size ဖြစ်မှာပါ။

3.တတိယတချက်ကတော့ သင်္ချာမှာမရှိမဖြစ်တဲ့ set theory နဲ့ပြောရမှာပါ။ တကယ်လို့ set A နဲ့ set B ရှိပြီးဒီ ၂ ခု မှာ ဘုံတူတဲ့ အဖွဲ့ဝင်မရှိဘူးဆိုပါစို့။ ဒါဆိုရင် measure of (A U B) ဟာ measure of A နဲ့ measure of B ပေါင်းတာနဲ့တူမှာပါ။ ဒီမှာ သင်္ချာ notation နဲ့ ကျစ်လစ်အောင်ရေးမယ်ဆိုရင် measure of(တခုခု) ကို μ (တခုခု) ပေါ့။ ဒါဆိုရင် အထက်က ၃ ခုကို

1. for any set A , $\mu(A)$ belong to real number

2. $\mu(\Phi) = 0$, Φ က empty set ပါ။

3. $\mu(A \cup B) = \mu(A) + \mu(B)$ ပေါ့။

ခုလိုလုပ်လိုက်တော့ဘာထူးသွားလဲ ထူးပါတယ်။ အထက်ကပြောခဲ့တဲ့အတိုင်း Riemann integral ဟာ continuous မဖြစ်တဲ့ function တွေမှာပြဿနာရှိပါတယ်။ Cantor set ဟာ အဲလို ဖန်ရှင်မျိုးပါ။ ဒီဖန်ရှင်တွေရဲ့ ပြတ်တောင်းသွားတဲ့ ပွိုင့်တွေဟာ measure theory ရှုထောင့်က ကြည့်တော့ empty set တွေဖြစ်တဲ့အတွက် zero measure ပါ ကျော်သွားနိုင်ပါတယ်။ သူက x axis ကို length တစ်ခုလို့မယူဆပဲ set တစ်ခုလို့ ယူဆပါတယ်။ Cantor set က ကျန်ခဲ့တဲ့ အမှတ်တွေဟာ zero ဖြစ်တဲ့အတွက် တစ်လက်မထဲက တစ်လက်မနှုတ်လိုက်တာ empty set တွေကျန်ခဲ့တယ်ပေါ့။ ဒီမှာ measure theory ရဲ့အစွမ်း က awkward function တွေရဲ့အောက်က ဧရိယာကိုပါရှာနိုင်တာပါ။ ဒါကို Lebesgue integral လို့ခေါ်ပါတယ်။ အကြမ်းဖျဉ်းပြောရင် Riemann integral က ဒေါင်လိုက် စိပ်တဲ့အချိန်မှာ Lebesgue integral က area under curve ကို အလျားလိုက်စိပ်ပါတယ်။ အရာရာက ခုထိတော့ အဆင်ပြေသလိုပါပဲ။ measure theory မှာလည်းသူ့အခက်အခဲရှိပါတယ်။ အဲဒါကတော့ unmeasurable set တွေတွေ့လာရတာပါ။ ဒါရဲ့ရလာဒ်ကတော့ Banach Tarski paradox ပါ။ အကြမ်းဖျဉ်းကတော့ သင့်မှာ 2 cm cube ရှိတဲ့ စက်လုံးတလုံးရှိတယ်ဆိုပါတော့ ဒါကိုခွဲခြမ်းလိုက်ပါ။ ပြီးရင် ဟိုပြောင်းဒီလှည့်နဲ့ rearrange လုပ်ပြီးပြန်ဆက်လိုက်ရင် 2 cm cube ရှိတဲ့ စက်လုံး၂လုံးရနိုင်တယ်လို့ ဒီဝိရောဓိကဆိုပါတယ်။ ဒါဟာလက်တွေ့ဘဝ မှာမဖြစ်နိုင်မှန်းလူတိုင်းသိပါတယ်။ ဘာကြောင့်လဲဆိုရင် ကျွန်တော့်မှာ ရွှေလုံးတစ်လုံးရှိတာနဲ့ ဒီနည်းနဲ့ ၂ဆ ပွားပြီး ထိုင်စားတော့မှာပေါ့။ ဒါဆို paradox ကမှားလို့လား။ သူကလည်း measure theory ရှုထောင့်က မမှားပါဘူး။ ဒါပေမဲ့လက်တွေ့ဘဝမှာ ဒီလိုလုပ်မရတဲ့ အကြောင်းအရင်းက သင်ဟာ non measurable တိုင်းတာမရတဲ့ ၃ ဘက်တိုင်း ပုံသဏ္ဍာန်ကို ဖန်တီးမရလို့ပါ။ အထက်ကပြောတဲ့ paradox ကိုအလွယ်ဆုံးရှင်းပြရရင် အစုတစုဆိုပါဆို့။ သူ့မှာ အဖွဲ့ဝင် ၄ ခုပါတယ်။ a ရယ် b ရယ် a° b° ရယ်ပေါ့။ အမှန်တော့ ဒါက group တခုပါ။ identity element တော့မပါပါဘူး။ a° က a ရဲ့ inverse ပေါ့။ b က b° ရဲ့ inverse ပေါ့။ ဒီ ၄ ခုက နေကြိုက်တဲ့ စကားလုံးကို ဖန်တီးနိုင်ပါတယ်။ ဥပမာ aabaa° bab°a°baa bba စသဖြင့်ပေါ့။ မရတာက a နဲ့ a° ကပ်လို့မရဘူး။ bနဲ့ b° ကပ်မရဘူး။ ကပ်ရင်ပျောက်သွားမယ်ပေါ့။ ab°ba ဆိုရင် aa လို့ပဲရေးမယ်။ ကဲ ဒါဆိုရင် G ဟာ ဒီ ၄ ခုက တည်ဆောက်လို့ရနိုင်သမျှ စကားစုတွေရဲ့အစုပေါ့။ ဒီအစုက အထက်ကပြောတဲ့ စက်လုံးနဲ့တူပါတယ်။ ဒီစက်လုံးကို ၄ ပိုင်းခွဲလိုက်မယ်။

G_1={ a နဲ့စတဲ့ စကားစု အားလုံးပါတဲ့အစု}

G_2={ a° နဲ့စတဲ့ စကားစု အားလုံးပါတဲ့အစု}

G_3={ b နဲ့စတဲ့ စကားစု အားလုံးပါတဲ့အစု}

G_4={ b° နဲ့စတဲ့ စကားစု အားလုံးပါတဲ့အစု}

ခု a° ကို G_1 ရှေ့ မှာကပ်ပေးပါ။ ဒါကအထက်ကဥပမာမှာ အစိတ်အပိုင်းတွေကို rearrange လုပ်တာနဲ့တူပါတယ်။ ဒါဆိုကျန်ခဲ့မှာက a ,b , b° နဲ့စတဲ့ စကားစုတွေအားလုံးပါ။ a° နဲ့တော့ မစနိုင်ဘူး။ ဘာလို့ဆိုစခဲ့ရင် G_1 မှာ နဂို က aa° မို့ ကျေမှာကိုး။ ဒီတော့

$a^{\circ}G_1$={ a , b, b° နဲ့စတဲ့ စကားစု အားလုံးပါတဲ့အစု}

ဒီလိုပဲ

$b^{\circ}G_3$={ b , a , a° နဲ့စတဲ့ စကားစု အားလုံးပါတဲ့အစု}

ခု ပြန်ပြီး ဆက်ကြမယ်ပေါ့။

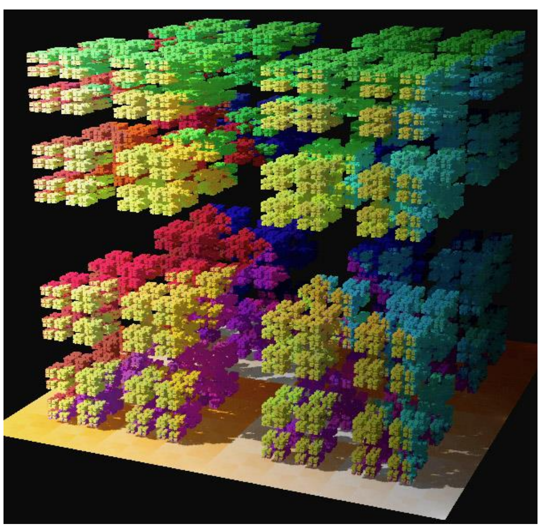
$a^{\circ}G_1 \cup G_2$ = { a , b, b° နဲ့စတဲ့ စကားစု အားလုံးပါတဲ့အစု} U G_2={ a° နဲ့စတဲ့ စကားစု အားလုံးပါတဲ့အစု} = G

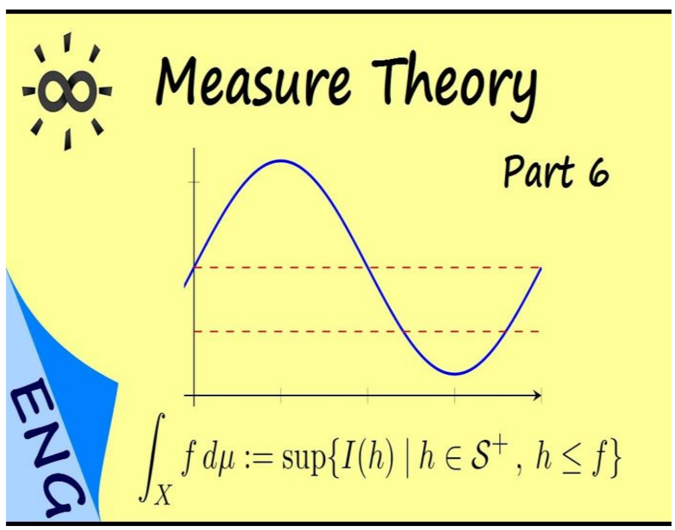
$b^{\circ}G_3 \cup G_4$ ={ b , a , a° နဲ့စတဲ့ စကားစု အားလုံးပါတဲ့အစု} U { b° နဲ့စတဲ့ စကားစု အားလုံးပါတဲ့အစု} = G

ကျွန်တော်တို့ G ကို နှစ်ခုပွားလိုက်နိုင်ပါပြီ။ ဒါက အထက်ကပြောတဲ့ ဝိရောဓိပါ။ unmeasurable set တွေရှိလို့ ဖြစ်ရတဲ့အရာပါ။ အားလုံးချုပ်ရင်တော့ continuous မဖြစ်တဲ့ function တွေနဲ့ တိုင်းတာမှု သဘောတရားတချို့ကြောင့် သင်္ချာဟာ measure theory လိုဟာမျိုးပေါ်လာပြီး ကြွယ်ဝခဲ့ရသလို ဝိရောဓိ အသစ်ကိုပါ သယ်ဆောင်လာပါတော့တယ်။ ဒါပေမဲ့ သင်္ချာနဲ့သိပ္ပံဟာ ဝိရောဓိကိုဖြေရှင်းဖို့ ကြိုးစားရင်း နောက်ထပ် သီဝရီအသစ်များနဲ့ ကြွယ်ဝဦးမှာပါလို့ တင်ပြလိုက်ပါတယ်။ အောက်က ပထမပုံ Cantor set ဒုတိယပုံ က Lebesgue integral ။

Andrew Davies ရဲ့ ဆောင်းပါးကို မှီးပါတယ်

Python





Polynomial and group theory

Poly ဆိုတာက အများ nomial ဆိုတာက ကိန်းတန်းterms တွေကိုပြောတာပါ ကိန်းတန်းအများကိုစုပေါင်းထားတာပေါ့။ ဥပမာ

$ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e$

ဆိုပါတော့။ ဒါက degree 4 ရှိတဲ့ polynomial ရဲ့ general ပုံစံပါ။ degree ဆိုတာက ဒီကိန်းတန်းမှာ အမြင့်ဆုံးပါဝါကို ယူတာပါ။ ဒီမှာ power 4 ကအမြင့်ဆုံးဆိုတော့ ဒီဂရီ 4 ပေါ့။ ယေဘူယျတော့ power တွေကို n နဲ့ကိုယ်စားပြုတယ်။ polynomial တခုမှာ ၃ ပိုင်းပါတယ်။ x က variable ပေါ့။ a b c d စသဖြင့်က မြှောက်ဖော်ကိန်းတွေပါ။ n ကပါဝါပေါ့။ သူတို့ကဘာလို့အရေးပါတာလဲ။ ဥပမာဆိုပါစို့။ သင်ကဈေးသွားဝယ်တယ်။ ဆန် ၃ လုံး၊ ချဉ်ပေါင် ၂ စည်း နဲ့ ငါးတကောင် ကို ၃၈ ကျပ်ကျတယ်။ ဒါကို polynomial နဲ့ဒီလိုရေးလို့ရတယ်။

$3x+2y+z= 38$

ဆိုပြီး x က ဆန် y က ချဉ်ပေါင် z က ငါးဆိုတာပြောဖို့မလိုပါဘူး။ ဘေဘီလုံနီယန်တွေခေတ်က လယ်မြေကိစ္စတွေအတွက် ဒီလိုပြောတယ်ဆိုပါတော့။ "စတုရန်းပုံလယ်ကွက်ကို သူ့အနားရဲ့နှစ်ဆ ပေါင်းထည့်လိုက်တာ 48 ရတယ်။ ကဲအနား ဘယ်လောက်ကျယ်သလဲ" ။ ဒီစကားကို သင်္ချာပြောင်းတော့

$x^2 + 2x = 48$

ပေါ့ဒါက ၄၈ ကိုတဖက်ရွှေ့ရင်

$x^2 + 2x - 48=0$

ညီမျှခြင်း ဘယ်ခြမ်းဟာ ဒီဂရီ 2 ရှိတဲ့ polynomial ပါ။ quadratic လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒီဂရီ 3 ဆို Cubic , 4 ဆို quartic , 5 ဆို quantic စသဖြင့်ပေါ့။ ပိုလီနိုမီရယ်တွေကို အဖြေရှာတာကို root ရှာတယ်လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဘာလို့ဆို နောက်ဆုံးမှာအဖြေက square root ,cube root , 4th root စသဖြင့် root တစ်ခုခုအောက် ရောက်လို့ပါ။ ဥပမာ quadratic equation $ax^2 + bx + c =0$ ရဲ့အဖြေက $x = -b \pm \sqrt{}(b^2 -4ac)/2a$ ဒါကကျောင်းတုန်းကသင်ဖူးတော့သိမှာပါ။ ဒီ result ကို ဘေဘီလုံးနီးယန်ခေတ်ထဲက သိခဲ့ပါတယ်။ ဒီမှာ x ရဲ့တန်ဖိုးကို root သို့မဟုတ် general solution ယေဘူယျအဖြေ လို့ခေါ်ပါတယ်။ n ဒီဂရီ polynomial မှာ n root ရှိပါတယ်။ ဆိုလိုတာက 2 ဒီဂရီ မှာ အဖြေ ၂ ခု၊ ၃ဒီဂရီမှာ အဖြေ ၃ ခု၊ ၄ ဒီဂရီမှာ အဖြေ ၄ ခု စသဖြင့်ပါ။ ဒီအဖြေတွေကိုရှာတဲ့ general solution ကို cubic equation $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$ အတွက် ၁၆ ရာစုမှာတွေ့ပါတယ်။ သူကအရမ်းရှုပ်တယ်။ quartic အတွက် ကပိုတောင်ရှုပ်သေးတယ်။ ဒါပေမဲ့အဖြေတော့ရှိသေးတယ်ပေါ့။ Abel က ဒီဂရီ ၅ အတွက် general solution ကိုမရှိကြောင်း သက်သေပြခဲ့ပါတယ်။ ဒီထက်ပိုတာတွေအတွက်ကော ဒီအချိန်မှာ သင်္ချာလောကကို တခေတ်ဆန်း

စေမယ့် ဂါးလွ ပေါ်ပေါက်လာပါတယ်။ ဂါးလွဟာ ပိုလီနိုမီယယ်တွေကိုလေ့လာတဲ့ လမ်းခရီးမှာထိုးထွင်း သိမြင်မှုအသစ်နဲ့ group theory ကိုစတင်ခဲ့သူပါ။ ဆိုပါတော့ $x^2 - 2 = 0$။ သူရဲ့အဖြေက $x = \sqrt{2}$ နဲ့ $x = -\sqrt{2}$ ပေါ့။ ဒီနှစ်ခု က ရှေ့ က အပေါင်း နဲ့အနှုတ်လက္ခဏာ ကလွဲရင်အတူတူပဲလေ။ ဆင်ဆင် တူနေတယ်။ ဒီတော့ဒီနေရာမှာ group theory အကြောင်းလေးနဲနဲပြောပါမယ်။ group က symmetry တွေကိုလေ့လာတဲ့ပညာပါ။ symmetry ဆိုတာဘက်ညီမှုပေါ့။ ဥပမာလိပ်ပြာလေးတစ်ကောင်ရဲ့ ဘယ်ခြမ်းနဲ့ ညာခြမ်းဟာ တူပါတယ်။ ဒါကြောင့်လှနေတာပေါ့။ စတုရန်းတခုကို 90° ,180° , 270° ,360° လှည့်ကြည့်ပါ။ မပြောင်းလဲတာတွေ့ရမယ်။ ဒီတော့ symmetry ဆိုတာ immune to change ပေါ့။ အပြောင်းအလဲကို ခံနိုင်ရည်ရှိနေတာမျိုးပေါ့။ ဒီမှာ 90° လှည့်တာပြောင်းလဲခြင်းပါ။ ဒါကို operation လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒီoperation ရဲ့အောက်မှာ မပြောင်းလဲတာကတော့ စတုရန်း ပေါ့။ စတုရန်းကို ပုံစံ မပြောင်းစေတဲ့ operation တွေကိုစုပြီး အုပ်စုဖွဲ့လို့ရပါတယ်။ အထက်က rotation ၄ ခု နဲ့ reflection ၄ ခုပေါင်းရင် member ၈ ခု ရှိတဲ့ အုပ်စု group ကိုရပါတယ် ဒါက အကြမ်းဖျဉ်း ပေါ်ပိုလိုနိုမီရယ် ဘက် ပြန်ဆက်ရရင် $x^4= 2$ quartic equation ဆိုပါစို့။ သူ့အဖြေ ၄ ခုရှိပါတယ်။

$\alpha = \sqrt[4]{2}$, $\beta = i\sqrt[4]{2}$, $\gamma = -\sqrt[4]{2}$, $\delta = -i\sqrt[4]{2}$

ဒီ root ၄ ခု က satisfied ဖြစ်တတ်တဲ့ root တွေရဲ့ relation က ဒါပေါ့။

$\alpha + \gamma = 0$, $\alpha\beta\gamma\delta = -2$,

$\alpha\beta - \gamma\delta = 0$

ဒီမှာ တကယ်လို့သာ α နဲ့ γ ကိုနေရာချိန်းလိုက်ရင်လဲ relation တွေက ဒီပုံစံပါပဲ။ $\gamma+\alpha=0$,$\gamma\beta\alpha\delta= -2$, $\gamma\beta - \alpha\delta = 0$ ခုလို

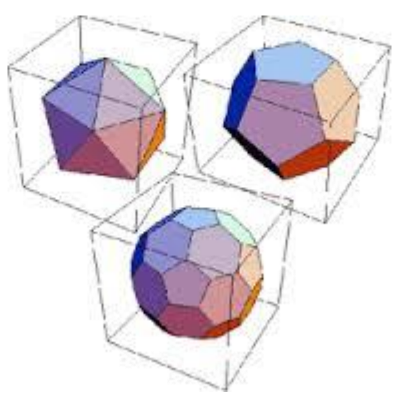
α >>> β >>> γ >>> δ >>> α ချိန်းရင်ရော

$\beta + \delta = 0$, $\delta\gamma\beta\alpha = -2$, $\beta\gamma - \delta\alpha = 0$,အတူတူပါပဲ။

ဒီတော့ root တခု က root တခုပြောင်းတဲ့အောက်မှာ root တွေရဲ့ relation ကမပြောင်းပါဘူး။ ဒီrelation တွေက အထက်က group ဥပမာကစတုရန်းနဲ့တူပြီး root တစ်ခုက တစ်ခု ပြောင်းခြင်း permutation က operation ပါ။ ဒီoperation တွေ စုပေါင်းတာကို group လို့ခေါ်ပြီး၊ ဒါကို $x^4=2$ equation ရဲ့ Galois group လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဂါးလွဟာ ဒီဂရု တွေကိုလေ့လာခဲ့ရာမှာ group တစ်ခုထဲမှာ သူ့ထက်ငယ်တဲ့ subgroup ရှိကြောင်းတွေ့ခဲ့ပါတယ် ဒီsubgroup မှာလဲနောက်ထပ် subgroup ရှိပြီး ဒီလိုနဲ့ group member က zero ဖြစ်တဲ့ထိ ဆက်သွားပါတယ်။ ဒီမှာ member အရေအတွက်ကို order လို့ခေါ်ပြီး group order ကို subgroup order နဲ့ စားတာကို indices ခေါ်ပါတယ်။ ဒီ index တွေကို အစဉ်လိုက်ရေးရင် sequence တစ်ခုရပါတယ်။ အောက်က ဟာက n degree polynomial တွေအတွက် တွက်လို့ရတဲ့ indices sequence ပါ။

n	composition indices
2	2
3	2,3
4	2,3,2,2
5	2,60
6	2,360
7	2,2520

ဂါးလွ ကသက်သေပြခဲ့တာက n degree polynomial တွေမှာ အဖြေရှိမရှိ သိချင်ရင် သူ့ရဲ့ဂါးလွ ဂရုမှာ အဖြေရှိမရှိကြည့်ပါတဲ့။ ဂါးလွဂရုက အဖြေရှိရင် n degree polynomialမှာ အဖြေရှိမယ်ပေါ့။ ဂါးလွဂရုက အဖြေရှိဖို့ကိုတော့indices တွေကြည့်လိုက်လို့ အားလုံးဟာ primenumber သုဒ္ဓကိန်းတွေပဲ ဖြစ်မယ်ဆိုရင် အဖြေရှိပါတယ်တဲ့။ နို့မဟုတ်ရင်တော့ မရှိပါ ခု5 degree ဆို 2 နဲ့ 60 ပါပြီး ၆၀ က primeမဟုတ်တဲ့အတွက် general solution မရှိပါ။ ဒါကြောင့် polynomial တွေဟာ 4th degree ထိသာ general solution ရှိပါတယ်။ ဂါးလွရဲ့အားထုတ်မှုကြောင့် group theory ပေါ်ပေါက်ခဲ့ပါတယ်။ အိုင်းစတိုင်းရဲ့ special နဲ့ general relativity ကို နားလည်ဖို့ group theory လိုပါတယ်။ ဥပမာအားဖြင့် Minkowski spacetime ဟာ Lorentz group အောက်မှာမပြောင်းလဲပါဘူး။ လျှပ်စစ်သံလိုက်လှိုင်းများ ဟာ guage group အောက်မှာမပြောင်းလဲပါဘူး။ snowflake နှင်းပွင့်လေးများလှနေရတာကိုတိုင်းတာဖို့ group တစ်ခုရှိသလို crystal ပုံဆောင်ခဲတွေကို လေ့လာရာမှာလည်း group ကအရေးပါပါတယ်။ ကမ္ဘာပေါ်မှာအမာဆုံးဖြစ်တဲ့ စိန်ထက်ပိုမာတဲ့ buckyball ဆိုတဲ့ C 60 အက်တမ်ကို လည်း ဒီနည်းနဲ့ ခန့်မှန်းခဲ့တာပါ။ weak force နဲ့ strong force particle ဖြစ်တဲ့ W and Z boson နဲ့ gluon များကိုလည်း group theory နဲ့မှန်းခဲ့တာပါ။ Rubik cube ရဲ့ လှည့်နည်း များ ဟာ group concept ပင်ဖြစ်ပါကြောင်း။

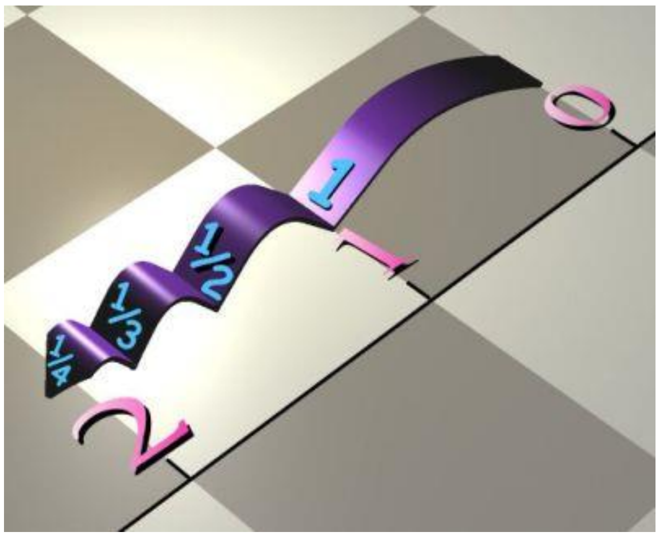


python

Harmonic series

Series ဆိုတာက ဂဏန်း အစဉ်လိုက် ပေါင်းတာပါ။ဒီမှာ အစဉ်ရဲ့ တိုးပုံပေါ်မူတည်ပြီး arithmetic series နဲ့ geometric series ဆိုပြီးရှိပါတယ်။ နောက်တခုကတော့ သူတို့လိုပဲ အခြေခံကျတဲ့ harmonic series ပါ။ arithmetic series ကဒီလိုပုံစံပါ။ A= 1+2+3+4+……+n အဆုံးမရှိပေါင်းလို့ရသလို ကိုယ်လိုချင်တဲ့ကိန်း n ထိလည်းပေါင်းနိုင်ပါတယ်။ ခုပြောမှာတော့ infinite series အဆုံးမရှိပေါင်းမှာပါ။ နောက်တစ်ခုက geometric series သူကတိုးပုံမြန်ပါတယ်။ $G = 1 + 2 + 2^2 + 2^3 + \ldots\ldots\ldots$ ပါ။ Harmonic series ကတော့ arithmetic ရဲ့ပြောင်းပြန်ပါ။

$H = 1 + 1/2 + 1/3 + 1/4 + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + 1/n$ ပါ။



Harmonic series လို့နာမည်ပေးရတာကတော့ဂရိတွေကစပါတယ်။ ပိုင်သာဂိုရပ်စ်ဟာ ပထမဆုံးဂီတတူရိယာတွေရဲ့ ဟာမိုနီဖြစ်မှု သံစဉ်ညီညွတ်သာယာမှုအကြောင်းကို တွေ့ရှိခဲ့ပါတယ်။ အသံတစ်သံဟာ ဘာလို့သာယာလည်း ဘယ်လိုတည်ဆောက်ရင် musical note တွေက သာယာမလဲ၊ ဂီတာတီးဖူးသူတွေအနေနဲ့ chord တစ်ခု ဘယ်လိုကိုင်ရလည်းသိကြမှာပါ။ ဒီမှာ အဓိက note ၃ ခု သို့ ၅ ခုပါပါတယ်။ အခြေခံကတော့ ၃ ခုပေါ့။ ၁ သံ **ဒို**၊ ၃ သံ **မီ** နဲ့ ၅ သံ **ဆို** တို့ကို အတူတူဖိခြင်းအားဖြင့် ဒီအသံတွေဟာတပြိုင်တည်းတီးခတ်ချိန်မှာ လှိုင်းထပ်ပြီး standing wave ဖြစ်ပြီး သာယာသံကို ဖြစ်စေပါတယ်။ ဥပမာ အလယ် C သံဆိုပါတော့။ သူ့ကိုဖြစ်စေတဲ့အရာက ကြိုးရဲ့ အလျားပါ။ ဒါကို ၁ လို့ ယူဆရင် ဒီအလျားရဲ့ ၃ ပုံပုံ ၂ ပုံ က 2/3 ပေါ့။ အဲအလျားမှာမြည်တဲ့အသံက ၅ သံ ဖြစ်ပါတယ်။ G note ပေါ့။ ပြီးတော့ တကယ်လို့ ကြိုးတစ်ဝက်မှာ တီးခဲ့ရင် ½ ။ ဒါက အမြင့် C သံ။ one octave တက်သွားပါတယ်။ ဒို၊ ရေ၊မီ၊ဖါ၊ဆို၊လာ၊ဒီ၊ဒို မှာ အောက် **ဒို** ကနေ အထက် **ဒို** ထိအကွာအဝေးကို one octave လို့ခေါ်ပါတယ်။ ခုပြောတဲ့ string length တွေရဲ့ အချိုးနဲ့အသံရဲ့ Harmony ဖြစ်မှုကိုပထမဆုံး ရှာတွေ့ခဲ့တာက ပိုင်သာဂိုရပ်စ်ပါ။ ဒါရဲ့နောက်ဆက်တွဲကတော့ diatonic major scale လို ဂီတသီဝရီတွေနဲ့ အနောက်

တိုင်း ဂီတပေါ့။ ထားပါ ခုပြောချင်တာက ခုပြောတဲ့ ကိန်းတွေရဲ့ တိုးပုံ progression က ဆက်ရေးသွားရင် 1,2/3=1/1.5 , 1/2 ,……စသဖြင့် အထက်က Series နဲ့တူတာပါ။ ဒါကြောင့်သူ့ကို harmonic series လို့ခေါ်ပါတယ်။ Infinite series တွေကိုပေါင်းတယ်ဆိုတာ လက်တွေ့တော့မကျလှဘူး။ အဆုံးအစမဲ့ ပေါင်း မှတော့ အနန္တပဲရမှာပေါ့ မဟုတ်ပါဘူး။ တချို့ seriesတွေဟာပေါင်းကြည့်ရင် တန်ဖိုးတစ်ခု ရတာကို intuitive နည်းနဲ့သိနိုင်တယ်လေ။ ဒီလိုအလုပ်ကိုစနစ်တကျလုပ်တတ်တာက သင်္ချာပညာရှင်တွေပေါ့ ။ သူတို့က ဒါကို analytic method လို့ အမည်ပေးလိုက်တယ် ဥပမာဆိုရင် ဒီseries လိုပေါ့။

S = 1/2+ 1/4 + 1/8 +…………………

ဒါကို ပေါင်းကြည့်ရင်ရုတ်တရက်တော့ မဆုံးတဲ့ဂဏန်းရမယ်ထင်ရတယ်။ ဒါပေမဲ့ သူ့ရဲ့ တန်ဖိုးက ၁ ပါ။ စာရွက်တရွက်ကိုစဉ်းစားကြည့်ပါ။ သူ့တခြမ်းက 1/2 ပေါ့။ ကျန်တခြမ်းရဲ့ တခြမ်းက 1/4 ပေါ့ ။ ကျန် တခြမ်းရဲ့တခြမ်းရဲ့တခြမ်းက1/8 စသဖြင့် ပေါင်းရင် နောက်ဆုံးတော့ ဒီစာရွက်ပဲပြန်ရမှာလေ။ ဒီတော့ 1 ပေါ့။ ခုလို infinite series တွေကို အဆုံးမဲ့ပေါင်းရင်းနဲ့တိကျတဲ့ တန်ဖိုးတစ်ခုရတာကို converge ဖြစ်တယ်လို့ခေါ်ပါတယ်။ တန်ဖိုးတစ်ခုဆီဦးတည်စုစည်းတာကိုဆိုချင်တာပါ။ series တခုမြင်ရင် သူ့တန်ဖိုးက converge ဖြစ်လား၊ diverge ဖြစ်လာသိဖို့ ပညာရှင်တွေကကြိုးစားပါတယ်။ diverge ဆိုတာက ပေါင်းရင်တန်ဖိုးတခုမရပဲ infinite ဖြစ်နေတာကိုဆိုချင်တာပါ။ ကဲခုဟာမိုနစ်စီးရီးကကော သူ့ကို ရုတ်တရက်ကြည့်ရင် converge ဖြစ်မယ်ထင်စရာပါ။ နောက်လာမဲ့ကိန်းတွေက အပိုင်းကိန်းတွေ စားရင် အလွန်ငယ်တဲ့ကိန်းသေးတွေပဲရတာကိုး။ ဒါပေမဲ့ ဟာမိုနစ်ဟာ diverge ဖြစ်ကြောင်းကို ၁၄ ရာစုမှာ Nicole Oresme ကသက်သေပြခဲ့ပါတယ်။ သူ့နည်းက ဒီseries ထဲကကိန်းတချို့ကိုပြန်ပေါင်းပြီး

H = 1+1/2+1/3+1/4+1/5+1/6+1/7……

= 1+ 1/2 +(1/4+1/4)+(1/8+1/8+1/8+1/8)+…

= 1+1/2+1/2+1/2+…………

It is the sum of the reciprocals of the natural numbers i.e. $1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{4}+\frac{1}{5}+\cdots$

Oresme grouped the terms of this series into groups of sizes 1, 1, 2, 4, 8, 16, etc, as follows:
$1+\frac{1}{2}+\left(\frac{1}{3}+\frac{1}{4}\right)+\left(\frac{1}{5}+\frac{1}{6}+\frac{1}{7}+\frac{1}{8}\right)+\left(\frac{1}{9}+\frac{1}{10}+\frac{1}{11}+\frac{1}{12}+\frac{1}{13}+\frac{1}{14}+\frac{1}{15}+\frac{1}{16}\right)+\cdots$

Then he showed an inequality for each set of fractions in brackets:

$$\frac{1}{3}+\frac{1}{4}>\frac{1}{4}+\frac{1}{4}=\frac{2}{4}=\frac{1}{2}$$
$$\frac{1}{5}+\frac{1}{6}+\frac{1}{7}+\frac{1}{8}>\frac{1}{8}+\frac{1}{8}+\frac{1}{8}+\frac{1}{8}=\frac{4}{8}=\frac{1}{2}$$
$$\frac{1}{9}+\frac{1}{10}+\frac{1}{11}+\frac{1}{12}+\frac{1}{13}+\frac{1}{14}+\frac{1}{15}+\frac{1}{16}>\frac{1}{16}+\frac{1}{16}+\frac{1}{16}+\frac{1}{16}+\frac{1}{16}+\frac{1}{16}+\frac{1}{16}+\frac{1}{16}=\frac{8}{16}=\frac{1}{2}$$
etc

Each group of terms in brackets, therefore, has a sum $>\frac{1}{2}$
He concluded that the sum of the harmonic series
$>1+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+\cdots$

’

ဒီလိုသာပေါင်းရင် 1/2 တွေမဆုံးပါ။ ဒါတွေအားလုံးပေါင်းဟာ infinite အနန္တ ပါ။ harmonic စီးရီးဟာ အဆုံးအစမဲ့ပေါင်းရင် diverge ဖြစ်ပေမဲ့ diverge ဖြစ်တဲ့နှုန်းက အရမ်းနှေးပါတယ်။ ဥပမာ ပေါင်းလဒ် 100 ရဖို့ ကိန်းစုစုပေါင်း15092688622113788323693563264538101449857497 လုံးမြောက်ထိ ပေါင်းမှ ရပါတယ်။ ဒီအချက်ကသူ့ရဲ့ထူးခြားတဲ့ဝိသေသပါဆိုပါစို့။ ကျွန်တော်တို့ကအူစိန်ဘော့ရဲ့ အပြေးစံချိန်ကို ဘယ်သူထပ်ချိုးမလဲ။ စံချိန်တွေဟာ အဆုံးကောရှိရဲ့လားလို့စဉ်းစားတယ်ဆိုပါတော့။ သေချာတာက တော့ လူတစ်ယောက်ဟာ မီတာတစ်ရာကို 9 စက္ကန့်ကျော်နဲ့ပြေးနိုင်တယ်။ တချိန်ချိန်မှာ ၈ စက္ကန့် ဖြစ်လာနိုင်တယ် ပေါ့။ ဒါပေမဲ့ လူကကုန်းနေသတ္တဝါထဲမှာ အမြန်ဆုံးဖြစ်တဲ့ ချီတာရဲ့ ပြေးနိုင်နှုန်းထက် တော့မကျော်လောက်ပါဘူး။ ဒီတော့ limit ရှိမယ်။ကန့်သတ် ပြေးနှုန်းတခုရှိမယ်။ ဒီနှုန်းကိုကျော်ပြီး မပြေးနိုင်လောက်ဘူးလို့ထင်ကြမှာပါ။ ဒါပေမဲ့ ဒီလို စံချိန်တွေအကြောင်းပြောရင် ဟာမိုနစ်စီးရီးက အသုံးဝင်ပါတယ်။ ဟာမိုနစ်ကပြောပြနေတာကစံချိန်တွေဟာ diverge ဖြစ်တဲ့အတွက် limit မရှိဘူး ဆိုတာပါပဲ။ ဆိုလိုချင်တာကသင်ဟာတချိန်မှာ ခုခေတ်ချီတာတွေထက်မြန်အောင် ပြေးချင်ပြေးနိုင်ပါ လိမ့်မယ်။ တခုပဲရှိတာကတော့ အဲအချိန်ရောက်ဖို့ကြာချိန်က အထက်က ကိန်းတန်းလိုပဲစကြာဝဠာမက ကြာမှတော့ဖြစ်မှာပါ။ အဲအချိန်မှာ ဒါဝင်သီဝရီအရလူတွေက စူပါလူသားတွေဖြစ်ချင်ဖြစ်နေမှာပါ။ ဒီတော့ စံချိန်တွေမှာဘာကြောင့် ဟာမိုနစ်စီးရီးကိုသုံးလို့ရတာလဲ ? ဆိုပါတော့။ မိုးရေချိန် ၃ နှစ်အတွက် စံချိန် စုစုပေါင်းကိုတွက်မယ်ဆိုပါစို့။ပထမနှစ်က သေချာတယ်။ ဒီစံချိန်ပဲ။ ဒီတော့ သူ့ဖြစ်တန်စွမ်းက 1 ပါ နောက်နှစ်မှာက ပထမနှစ်ရဲ့စံချိန်ကိုချိုးမှသူကစံချိန်ဖြစ်မှာလေ။ မချိုးခဲ့ရင်မဖြစ်ဘူး။ ဒီတော့ သူ့ဖြစ်တန် စွမ်းက 1/2 နောက် 3 နှစ်မြောက်က 1/3 တကယ်လို့သာနှစ်တစ်ရာ ဆိုရင်

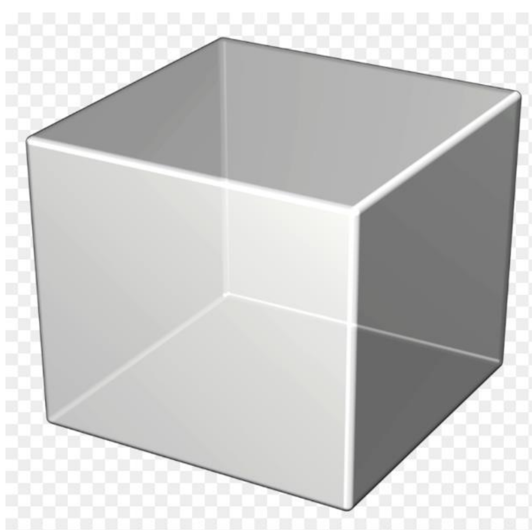
H= 1 +1/2+1/3+………+1/100 =5.19 ပေါ့

ဆိုလိုတာက နှစ်တစ်ရာအတွင်းမှာ မိုးရေချိန်စံချိန်တင် မှာအများဆုံး ၅ ချိန် နဲ့ ၆ ကြိမ် ကြားပဲရှိမယ်လို့ ပြောတာပါ။ ဒီလိုပါပဲ စံချိန်တင်မိုးရေချိန်လက်မ နှစ်တစ်ရာအတွင်းဘယ်နှစ်ခါဖြစ်မလဲလို့ မေးရင်လည်း ဟာမိုးနစ်စီးရီးကအသုံးဝင်မှာပါ။

Hairy ball theorem

လူတိုင်းမှာ ဖွေ့ရှိကြပါတယ်။ ကတုံးရိတ်မထားဘူးဆိုရင်ပေါ့။ ဖွေ့ဘာလို့ ရှိနေကြတာလည်း ဆိုတာကစိတ်ဝင်စားစရာပါ။ ဘာကြောင့်လဲဆိုတော့ ဖွေ့က နွားလို ဆိတ်လို အမွှေးရှိတဲ့သတ္တဝါတိုင်းမှာ ရှိလို့ပါ။ နောက်ဆုံးတင်းနစ်ဘောလုံးလို အမွှေးနုလေးတွေရှိတဲ့ ဘောလုံးပေါ်မှာလဲရှိပါတယ်။ ကဲသူ ဘာကြောင့်ပေါ်လာသလဲ ?

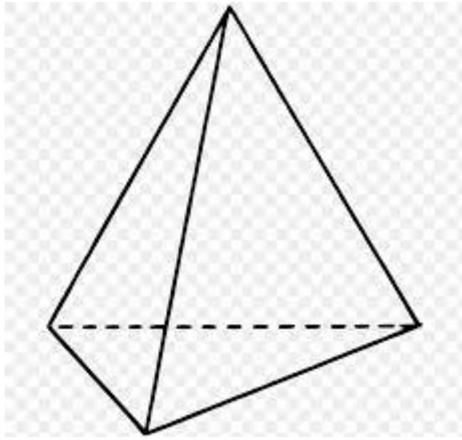
ပထမဆုံး အွိုင်လာ ဆိုတဲ့သင်္ချာ အကျော်အမော်ကြီးအကြောင်းပြောရမှာပါ။ သူက ကုဗတုံး လေးထောင့်တွေကိုကြည့်ရင်းနဲ့စိတ်ဝင်စားစရာတစ်ခု တွေ့ခဲ့တယ်။ လေးထောင့်တုံးတိုင်းမှာ သူ့ဟာ သူလေးထောင့်ကျကျ မကျကျ တူညီတာတခုကို သွားတွေ့တယ်။ သူ့မှာ vertex အစွန်းက ၈ ခု၊ edge စောင်းက ၁၂ ခု၊ face မျက်နှာပြင်က ၆ ခု။



ဒါကိုသူက

V - E + F = 2 = χ

ဆိုပြီးသွားတွေ့တယ်။ V က vertex ၊ E က edge ၊ F က face ပေါ့။ vertex က အစွန်းဆိုတော့ point ပါ။ zero dimensional ပစ္စည်း edge က စောင်းဆိုတော့ one dimensional ပစ္စည်း၊ face ကမျက်နှာပြင်ဆိုတော့ two dimensional ပစ္စည်း။ ဒိုင်မင်းရှင်း ကို 0 1 2 စသဖြင့် အစဉ်လိုက်မှာရှိတဲ့ အရေအတွက်ကို ပေါင်းလိုက်၊ နှုတ်လိုက် ပေါင်းလိုက်စသဖြင့် alternate တလှည့်စီလုပ်ရင် ဒီညီမျှခြင်းကိုရပါတယ်။ ဒီမှာ χ က ခိုင်လို့ အသံထွက်ပြီး သူ့ကို Euler characteristic လို့ခေါ်ပါတယ်။ သူက topologyဆိုင်ရာ invariant တခုပါ။ topology ဆိုတာက continuity တစ်ဆက်တစပ်ထဲဖြစ်မှု သဘောတရားကိုလေ့လာတဲ့ပညာပါ။ ပုံသဏ္ဍာန်မျိုးစုံရှိတဲ့ မျက်နှာပြင်တွေကိုလေ့လာရာမှာ အသုံးဝင်ပါတယ်။ သင်က ဒီ surface တွေကို ကွေးလို့ရတယ်၊ ကောက်လို့ရတယ်၊ လိမ်လို့ရတယ်၊ဆွဲဆန့်လို့ရတယ်၊ ဖိညှစ်လို့ရတယ်။ ဒါပေမယ့် ဖြတ်လို့မရဘူး၊ ဆက်လို့မရဘူး။ ခုပြောတာတွေအောက်မှာ မျက်နှာပြင်ပုံသဏ္ဍာန်တွေပြောင်းသွားမှာပါ။ ဒါပေမဲ့ အဲ့မျက်နှာပြင်တွေဟာ topologyအရတော့ တမျိုးထဲပါပဲ။ ဥပမာ အားဖြင့် ကိုင်းပါတဲ့မတ်ခွက်နဲ့ မုန့်လကောက်ကွင်းဟာအတူတူပါပဲ။ ဟာမဟုတ်တာ! အဲ တိုပိုလိုဂျီအရတော့ ဟုတ်ပါတယ်။ မုန့်လက်ကောက်ကွင်းက အလယ်မှာအပေါက်ပါပါတယ်။ မတ်ခွက်ရဲ့ကိုင်းမှာလည်းအပေါက်ပါပါတယ်။ မက်ခွက်ထဲက ရေထည့်တဲ့အပိုင်းကို topologyကဆွဲဖောင်းဖို့ခွင့်ပြုပါတယ် နောက်ဆုံး ဟိုရှုံ့ ဒီဖေါင်း လုပ်ရင် မုန့်လကောက်ကွင်းပုံစံ ဖြစ်သွားမှာပါ။ ဒီတော့ဒီနှစ်ခုဟာ topology အရ တူညီတဲ့ မျက်နှာပြင်များပါ။ ဒါကြောင့် topology ကို rubber sheet geometry လို့လဲခေါ်ပါတယ်။ မြန်မာမှုနဲ့ဆိုရင်တော့ ဂျုံနယ်သလိုနေမှာပေါ့။ ဂျုံလုံးလေးတွေကနေ ပလာတာဖြစ်အောင် ရိုက်တာလည်း continuous ကိုး။ တူညီတဲ့မျက်နှာပြင်ဖြစ်မဖြစ်ကို အထက်ကပြောသလို လုပ်ပြီးမှသိရတာကလက်ဝင်လှပါတယ်။ ဒီတော့သင်္ချာပညာရှင်တွေက တန်းတွေ့ လိုက်တာနဲ့ တူမတူ ခွဲခြားနိုင်တဲ့ကိန်းတစ်ခုလိုချင်တယ်။ အဲ့ကိန်းက မုန့်လက်ကောက်ဖြစ်ဖြစ်၊ ဒိုးနတ်ဖြစ်ဖြစ်၊ မတ်ခွက်ဖြစ်ဖြစ် ဒီကိန်းပဲဖြစ်ရပါမယ်။ ဒါကို invariant မပြောင်းတဲ့ကိန်းပေါ့။ အထက်က ပြောတဲ့ ခိုင် χ ဟာ invariant ပါ။ သူက convex surface အတိုင်းအတွက် 2 ပါပဲ။ convex ဆိုတာဖောင်းနေတဲ့မျက်နှာပြင်ပါ။ ဒီထဲမှာ polyhedronတွေပါပါတယ်။ sphere တွေလဲပါပါတယ်။ ဥပမာ tetrahedron ဟာconvex ပါ။ သူက အထက်ကပြောတဲ့ ကုဗတုန်း cube နဲ့မတူပါဘူး။ တြိဂံ ၄ ခုနဲ့တည်ဆောက်ထားတာပါ။



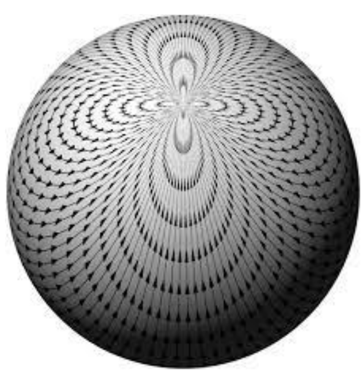
သူ့မှာ V က 4 ၊ E က 6 ၊ F က 4 ဒီတော့

$\chi = 4 - 6 + 4 = 2$ ပါ။

cube နဲ့အတူတူပဲ။ နောက်တူတာကတော့ ဘောလုံးလို၊ ကျွန်တော်တို့ရဲ့ခေါင်းလို၊ ကမ္ဘာလုံးလို အရာမျိုးက sphere ခေါ်ပါတယ်။ topology အရတော့ S_2 ခေါ်ပါတယ်။ S_1 က circle ပါ။ cube လို ဟာမျိုးက continuously deform လုပ်ရင် Sphere S_2 ကိုရပါတယ်။ ဒီတော့ S_2 ကလည်း χ တန်ဖိုး 2 ရှိပါတယ်။ သူတို့ဟာ topology အရ တူညီတဲ့ မျက်နှာပြင်များပါ။ ဒါကိုသိပြီဆိုရင်တော့ Poincare- Hopf theorem ကိုသိဖို့လိုပါတယ်။ ဟင်နရီ ပွိုင်ကဲဟာ ဘက်စုံတော် topology ရဲ့ဖခင်ပါ။ chaos theory ကလည်း သူပဲ စခဲ့တာပါ။ ခု theorem က Euler characteristic χ နဲ့ index of vector field index(v) တို့ရဲဆက်စပ်မှုပါ။

$$\sum \text{index}(v) = \chi(M)$$

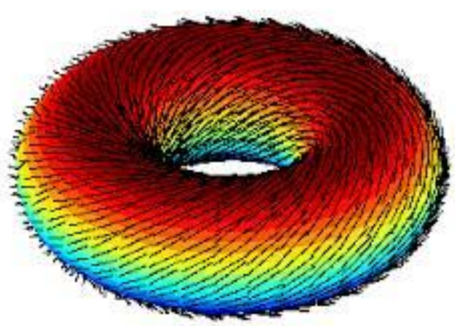
$\chi(M)$ ဆိုတာက ကိုယ်ပြောချင်တဲ့မျက်နှာပြင်ရဲ့ χ ပါ။ index(v) ကိုသိဖို့တော့ vector field ကိုအရင်ရှင်းပါမယ်။ စက်လုံးလို မျက်နှာပြင်ပေါ်က အစက်တစက်ကို စိတ်ကူးကြည့်ပါ။ သူ့ပေါ်မှာ tangent ကျနေတဲ့2 dimension ရှိတဲ့ surface တစ်ခု (စတုရန်းပုံရှိမှာပေါ့) ကိုမြင်ကြည့်ပါ။ အဲ့မှာရှိသမျှ line မှန်သမျှဟာ စက်လုံးကို tangent ကျတဲ့ vector များပါပဲ။



ဥပမာတွေကတော့ ခေါင်းပေါ်မှာပေါက်တဲ့ မထောင်တဲ့အမွေးတွေ ကမ္ဘာ့မျက်နှာပြင်ပေါ်က horizontal တိုက်နေတဲ့လေတွေ စသဖြင့်ပါ။ သူတို့က စက်လုံးရဲ့ အမှတ်တိုင်းမှာရှိပြီဆိုရင် အားလုံး ပေါင်းပြီး vector field လို့ခေါ်ပါတယ်။ တချို့နေရာတွေမှာ ဆံပင်မပေါက်ပါဘူး။ ဒါမှမဟုတ် လေမရှိပါဘူး။ အဲနေရာမှာ vector field က zero ပါ။ ဒါကို index of vector field အတိုကောက် index(v) လို့ခေါ်ပါတယ်။ zero ၁ ခုရှိရင်index(v) က 1။ zero ၂ ခုရှိရင် index(v) က 2 ပေါ့။ ဒီတော့ စက်လုံးအတွက်

Σ index(v) = χ(M) = 2 ပါ

မုန့်လကောက် torus အတွက် Σ index(v) = χ(M) = 0 ပါ။ torus ရဲ့ χ က zero မလို့ပါ။ အဓိပ္ပါယ်က ဘာလဲ ?



သင်ဟာဘယ်လောက်ပဲခေါင်းပေါ်က ဆံပင်ကိုဘီးနဲ့ ဖြောင့်စင်းအောင်ဖီးဖီး သင့်ခေါင်းပေါ်မှာ ထိုးထိုး ထောင်ထောင်ကျန်နေတဲ့နေရာကတော့ရှိမှာပါပဲ။ အဲနေရာကို cowlick ဖွေ့လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဖွေ့ မပါတဲ့ ခေါင်းမရှိပါ။ you can't comb the hair flat on the ball without creating the cowlick လို့ပြောပါတယ်။ နောက်တစ်ခုကတော့ ကမ္ဘာပေါ်မှာမုန်တိုင်း မရှိတဲ့နေ့မရှိတာပါပဲ။ မုန်တိုင်းမျက်စိဟာ zero vector field ဖြစ်ပြီး ကမ္ဘာဟာ S_2 မို့ပါ။ နောက်တစ်ခုကတော့ black hole များဟာလည်း metric tensor field က zero ဖြစ်တဲ့အတွက် ဒါဟာလည်း စကြာဝဠာ topology ကို မှန်းရာမှာ အသုံးဝင်နိုင် ပါကြောင်း။

ခလူဇာ-ခလိုင် ဒြပ်ဆွဲအား

1915 ခုမှာ အိုင်းစတိုင်း က ဒြပ်ဆွဲအားသီဝရီ ကိုအောင်မြင်အောင်ရေးနိုင်လိုက်တယ် သူ့ သီဝရီကရှေ့က နယူတန့်ဟာ နဲ့မတူဘူး နယူတန့်သီဝရီကရုပ် ၂ခု ကို ကြားက အားတခု နဲ့ ချည်နှောင်ထား(ဆွဲ)ထားတယ်ပေါ့။ ပြသနာက အားဆိုတာဘာလဲ။ သူ့ ကစိတ္တဇနာမ် ဆန်တယ်။ ဆုပ်ကိုင်ပြလို့ မရဘူးလေ။ ရူပဗေဒအပါအဝင် သိပ္ပံတွေက သဘာဝမှာ လက်ဆုပ်လက်ကိုင်ပြနိုင်တဲ့ တိုင်းတာလို့ရတဲ့ အရာတွေကိုပဲလက်သင့်ခံတာလေ။ ဒီတော့ အိုင်းစတိုင်းက အားဆိုတာကို ဂဲသြမေထရီ ပစ္စည်းတခုနဲ့ အစားထိုးခဲ့တယ်။ ဂဲသြမေထရီပစ္စည်းဆိုတာကနာမည်ကြီးကသာ ကျွန်တော်တို့နဲ့ဝေးနေတာပါ။ တြိဂံတို့ စက်ဝိုင်းတို့လို ပုံသဏ္ဍာန်တွေကို လေ့လာတာဆိုတော့ တိတိကျကျရှိတယ်။ ဒါပေမဲ့ ခုပြောတဲ့တြိဂံတို့ စက်ဝိုင်းတို့က ပြင်ညီပေါ်မှာရှိတာ။ ဒါကိုယူကလစ်ဒီယံ လို့ခေါ်တယ်။ ယူကလစ်ရဲ့ သင်္ချာရှိရာမျက်နှာပြင်ပေါ့။ ပြသနာက တကယ့်လောကကပြင်ညီပေါ်မှာမဟုတ်ဘူး။ ကမ္ဘာကို ပဲကြည့်။ တကယ်တော့ လုံးနေတာ၊ လုံးနေတဲ့ ကမ္ဘာပေါ်မှာ စက်ဝိုင်းတစ်ခု ဆွဲရင် C=2πr မဟုတ်တော့ဘူး။ တြိဂံတခုရဲ့အတွင်းထောင့်အားလုံးပေါင်းက ၁၈၀ ° ထက်ပိုနေပြီ။ တကယ့်လောကက curved space ပေါ့။ ဒါကိုပြောပြမဲ့ ဂဲသြမေထရီ တစ်ခုလိုနေပြီ။ အိုင်းစတိုင်းကံကောင်းတာက ဒါကိုပြောပြတဲ့ ဂဲသြမေထရီကို နှစ်တစ်ရာစောပြီး ဘားနဒ်ရိုင်းမင်းကထွင်ခဲ့တယ်။ ရိုင်မင်းနီးယံ ဂဲသြမေထရီပေါ့။ မျက်နှာပြင် တစ်ခုကွေးကြောင်း ကျွန်တော်တို့ဘယ်လိုသိလဲ မခက်ပါဘူး။ ပြန့်ပြူးတာနဲ့ယှဉ်ကြည့်လိုက်သိနိုင်ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ ဒါက ဒီsurface ကို ကျွန်တော်တို့က အပြင်ကကြည့်မှသိတာပါ။ တကယ်လို့ ကျွန်တော်တို့ကိုယ်တိုင်က ဒီ surface ပေါ် မှာရှိနေရင်ကွေးလား ပြန့်လား (curve or flat) ကိုမသိနိုင်တော့ပါဘူး။ ဒါကြောင့်ရှေ့က လူတွေဟာ ကမ္ဘာဟာပြားတယ်ထင်ခဲ့တာပေါ့။ ဒီတော့ သင်္ချာပညာရှင်တွေအတွက် ပြသနာက surface ပေါ်မှာရှိနေရင်းအကွေးဒီဂရီ တိုင်းတာမယ့် နည်းလမ်းလို နေတာပါ။ ဒါကိုပထမဆုံး စရှာပေးခဲ့တာ ဂေါ့စ်ပါ။ နောက်တော့ သူ့လမ်းကိုချဲ့ထွင်ရင်း ရိုင်းမင်းက riemanian geometry ကိုရှာတွေ့ခဲ့တယ်။ အိုင်းစတိုင်းက ဒီသင်္ချာကိုသုံးပြီး ကွေးကောက်နေသောလောကကို ပုံဖော်ခဲ့တယ်။ နောက်ဆုံးတော့ အိုင်းစတိုင်းက ဘာမှန်းမသိတဲ့အားဆိုတာကို ဂဲသြမေထရီဖြစ်တဲ့ manifold (မင်နီဖိုး) နဲ့ အစားထိုးခဲ့တာပေါ့။ မင်နီဖိုးဆိုတာက ပိုပြီး general ကျတဲ့ surface တခုပါပဲ။ ရှေ့က ပို့စ်တချို့ဖတ်ထားရင် အိုင်းစတိုင်း equation မြင်ဖူးမှာပါ။

$$G_{\mu\nu} = \kappa T_{\mu\nu}$$

ဒီမှာ G က အိုင်းစတိုင်းတန်ဆာဖြစ်ပြီး T က ရုပ်-စွမ်းအင် တန်ဆာပါ။ μ နှင့် ν က 1,2,3,4 တန်ဖိုးယူပါတယ်။ κ က constant ပါ။ ညီမျှခြင်းရဲ့ ဘယ်ခြမ်းကမင်နီဖိုးပါပဲ။ အိုင်းစတိုင်းမကြိုက်တာက ညာခြမ်းကို။ ညာခြမ်းက matter ရုပ် တွေကို ကိုယ်စားပြုတာပါ။ ဒါပေမဲ့ပြသနာက ရုပ်တွေကလည်း အားလိုပဲ ဆုပ်ကိုင်မရတဲ့အရာပါပဲ။ ဟာ ဒါတော့ မဖြစ်နိုင်ဘူးလို့ သင်ထင်ပါလိမ့်မယ်။ တကယ်တော့ ခု

ကျွန်တော်တို့ ထိကိုင်မြင်နေရတဲ့ အရာမှန်သမျှဟာ ပိုသေးငယ်တဲ့ fundamental particle နဲ့ ဖွဲ့ထား ပြီး ဒီ particle တွေဟာ လည်းနောက်ထပ်ပို အခြေခံကျတဲ့ field စက်ကွင်းလို အရာတွေနဲ့ဖွဲ့တည်ထားတာပါ။ ဒီတော့ daily life နေ့စဉ်ဘဝမှာဒါတွေက ဆုပ်ကိုင်ရသယောင်ရှိပေမဲ့ တကယ့် reality မှာ မဟုတ်ပါဘူး။ ဒီတော့ အိုင်းစတိုင်းအတွက်တော့ ညီမျှခြင်း ညာခြမ်းက ugly ပါ။ ရုပ်ဆိုးလွန်းတယ်လို့ သူက ညည်းတွားခဲ့ပါတယ်။ သူဖြစ်စေချင်တာကညာခြမ်းကိုလည်း ဘယ်ခြမ်းလိုပဲ ဂျဩမေထရီပစ္စည်းနဲ့ အစားထိုးချင်တာပါ။ သူ့ဘဝရဲ့ နှောင်းပိုင်းတခုလုံး ဒါကိုကြိုးစားခဲ့ပါတယ်။ GR ပေါ်ပြီးသိပ်မကြာခင်မှာပဲ ဂျာမနီက လူမသိသူမသိ ရူပဗေဒပညာရှင် ခလူဇာ က အိုင်းစတိုင်းဆီကိုစာရေးခဲ့ပါတယ်။ အိုင်းစတိုင်း ဖြစ်စေချင်တဲ့ ဂျဩမထရီလုပ်ခြင်း geometrization အတွက်ပါ။ သူ့အကြံက ဒိုင်မင်းရှင်းတိုးဖို့ပါ။ မူလ အိုင်းစတိုင်းသီဝရီက 4 dimension ပါပါတယ်။ အချိန်၊ အလျား၊ အနံ၊ အမြင့် ၄ ခုပါ။ သူက ၅ ခု မြောက် ဒိုင်မင်းရှင်းကိုထည့်လိုက်တယ်။ ဒါကိုနားလည်ဖို့ ပထမလိုတာက ရှေ့က ပြောခဲ့တဲ့ မင်နီဖိုး ကို သင်္ချာအရ ဘယ်လိုရေးလဲသိဖို့ပါ။ တကယ်တော့ ဒါတွေက tensor တန်ဆာတွေဖြစ်ပြီး အနီးစပ်ဆုံး matrix နဲ့ ရေးလို့ ရပါတယ်။ အောက်မှာရေးပြပါမယ်။

$$G = \begin{pmatrix} g_{11} & g_{12} & g_{13} & g_{14} \\ g_{21} & g_{22} & g_{23} & g_{24} \\ g_{31} & g_{32} & g_{33} & g_{34} \\ g_{41} & g_{42} & g_{43} & g_{44} \end{pmatrix}$$

ဒါက အချိန်၊ အလျား၊ အနံ၊ အမြင့် စသဖြင့် ဒိုင်မင်းရှင်း ၄ ခုကိုကိုယ်စားပြုပါတယ်။ ဒီဒေတာတွေကို တိတိကျကျသိရင် ဒီမင်နီဖိုး မျက်နှာပြင်ရဲ့ အမှတ်တိုင်းမှာရှိမဲ့ အချိန်ရဲ့ နှေးမှုမြန်မှုဒီဂရီ၊ အလျားရဲ့ ကွေးမှုခုံးမှု ဒီဂရီ၊ အမြင့်ရဲ့…………အနံရဲ့……စသဖြင့် သိနိုင်ပါတယ်။ အိုင်းစတိုင်းရဲ့ခေတ်မှာ သိပ္ပံပညာရှင်တွေ သိထားတဲ့ အားက ၂ မျိုးပါ။ တစ်ခုကဒြပ်ဆွဲအား၊ နောက်တစ်ခုက လျှပ်စစ်သံလိုက်အားပါ။ EM အားပေါ့။ EM အားကို ရေးရင် 4 vector potential နဲ့အောက်ကအတိုင်းရေးပါတယ်။

$(A_1 \; A_2 \; A_3 \; A_4)$

ဒီတော့ ၅ခုမြောက်ဒိုင်မင်းရှင်းကို ဒီvector ပေါင်းပေးရင်

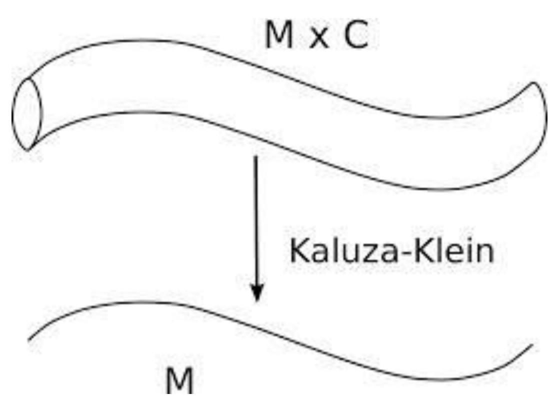
$$G = \begin{pmatrix} g_{11} & g_{12} & g_{13} & g_{14} & A_1 \\ g_{21} & g_{22} & g_{23} & g_{24} & A_2 \\ g_{31} & g_{32} & g_{33} & g_{34} & A_3 \\ g_{41} & g_{42} & g_{43} & g_{44} & A_4 \\ A_1 & A_2 & A_3 & A_4 & \Phi \end{pmatrix}$$

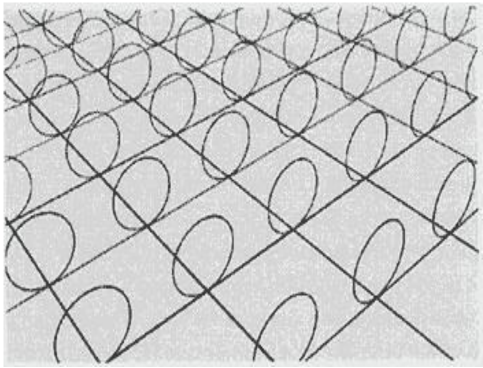
ဆိုပြီးရပါတယ်။ ဒါက အား ၂ မျိုးကို ပေါင်းစပ်လိုက်ခြင်းပါ။ ဒီအခါ equation က

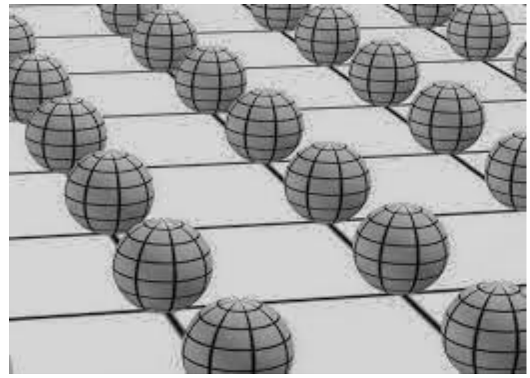
G = 0

μν

ဖြစ်သွားပါတယ်။ μ နှင့် ν က ခုခါမှာ 1,2,3,4,5 တန်ဖိုးဆောင်ပါတယ်။ ဒိုင်မင်းရှင်း ၅ ခု ဖြစ်သွား ပါတယ်။ အဓိပ္ပါယ်က 5 dimension က ကြည့်ရင် လောကမှာ ညီမျှခြင်း ညာခြမ်းက ဇီးရိုးပါ။ နဂိုက ugly ဖြစ်တဲ့ ရုပ်ဆိုတာမရှိတော့ပါဘူး။ သီဝရီဟာ လုံးဝလုံးဝ မင်နီဖိုးတစ်ခုထဲနဲ့ တည်ဆောက်ထားတဲ့ ဂျဩမေထရီ ပစ္စည်းပါ။ ကျွန်တော်တို့သိတဲ့ရုပ်တွေဟာ ၅ ဘက်တိုင်း ကမ္ဘာကို ၄ ဘက်တိုင်း အမြင်နဲ့ကြည့် ချိန်မှာ မြင်ရတဲ့ သဘောပါ။ ဒီနည်းနဲ့ အား ၂ မျိုးကိုပေါင်းစပ်ပြီး လုပတဲ့ geometry ပစ္စည်းကို ခလူဇာက ပြုလုပ်ပြ ခဲ့ ပါတယ်။ ဒီမှာတွေ့တဲ့ Φ က scalar field ပါ။ ဒါက လှပေမဲ့ ပြဿနာတွေတော့ ရှိပါတယ်။ ပထမတစ်ခုက ဘာလို့ ၅ ခုမြောက် ဒိုင်မင်းရှင်းကို ကျွန်တော်တို့မမြင်လည်း။ ဒီအဖြေကိုပေးခဲ့သူက ခလိုင်ပါ။ ဂျာမန် သင်္ချာအကျော်အမော်ပေါ့။ သူက ၅ ခု မြောက်ဒိုင်မင်းရှင်းဟာ မမြင်ရလောက်အောင် ခွေလိပ်နေမယ်။ topology အရတော့ ၅ ခုမြောက်ဟာ circle နဲ့ တူမယ်လို့ပြောခဲ့ပါတယ်။ သဘောက သင်ဟာ ခပ်ဝေးဝေး ကနေ ရေပိုက်တခု ကိုကြည့်ရင် မျဉ်းတစ်ကြောင်းအဖြစ်နဲ့ မြင်ရမှာပါ။ အနီးကပ်ကြည့်မှသာ စက်ဝိုင်းပုံ ကန့်လန့်ဖြတ်ပိုင်းရှိမှန်း သိမှာပါ။ ဒါကို compactification of dimension လို့ ခေါ်ပါတယ် နောက် ပြဿနာတစ်ခုကတော့ ဒီသီဝရီက တွက်ထုတ်တဲ့ လျှပ်စစ်ရဲ့ charge နဲ့ mass က လက်တွေ့အပြင်က အတိုင်းအတာနဲ့ မကိုက်တာပါ။ တတိယမြောက်ပြဿနာကတော့ နောက်ပိုင်းမှာ အားဟာ ၂ မျိုးမကပဲ အားပြင်းနဲ့အားပျော့ကို တွေ့ရှိခဲ့တာပါ။ ဘာပဲဖြစ်ဖြစ် အားတွေပေါင်းစည်းပြီးလောကကို တလုံးတစည်း တည်း ရှင်းပြနိုင်တဲ့ unified theory တွေရဲ့လမ်းစ ကို kaluza-klein theory ကစပေးနိုင်ခဲ့ပါတယ်။







ခုဆို string theory လို အရာမျိုးက ဒီလမ်းကိုဆက်လျှောက်နေခြင်းဖြစ်ပါကြောင်း။

Shock wave

အသံထက်မြန်သော ဂျက်လေယာဉ်များ ပျံသန်းသောအခါ မှာ sonic boom ခေါ်သည့် ကျယ်လောင်သောအသံနှင့် တုန်ခါမှုများဖြစ်ပေါ်လေ့ရှိသည်။ ၎င်း sonic boom မှာ လေယာဉ်မှ ဖြစ်ပေါ်လာသော shock wave ကြောင့် ဖြစ်စေပေါ်ခြင်းဖြစ်ပါသည်။

သင်္ဘောများ ရေပြင်ပေါ်တွင်သွားသောအခါ သင်္ဘောဦးထိပ်မှ ရေလှိုင်း ၂ ဖြာ ခွဲထွက်၍ တစ်ဖက်တစ်ချက်စီ ဖြာထွက်သည်ကိုမြင်ဖူးကြပါမည်။ ယင်း လှိုင်းကို bow wave ဟုခေါ်ပါသည် shock wave မှာ bow wave ပင်ဖြစ်ပြီး ကွာသည်မှာ ၎င်း wave ကိုထုတ်လွှတ်သော အရာ၏ velocity မှာ အသံထက်မြန်ခြင်းပင်ဖြစ်ပါသည်။ အသံ၏ velocity မှာ ၎င်းဖြတ်သန်းသွားသော ကြားခံနယ်၏ သိပ်သည်းမှု အပူချိန် နှင့်ဖိအားပေါ်မူတည်ပါသည်။ အကယ်၍ ၎င်းကြားခံနယ်တွင်အသံထက်မြန်သော velocity ဖြင့် အရာတခုကရွေ့လျားသောအခါ အောက်တွင်ပြထားသော ပုံအတိုင်း ဖြစ်ပေါ်ပါသည်။

ဆိုပါစို့။ အသံထက်မြန်သော(ဥပမာလေယာဉ်)ထိုအရာမှာ x_1 တွင်ရှိပြီးကြားခံနယ် (လေထု)ကို တိုးဝှေ့ရွေ့လျား၍ အသံဖြစ်ပေါ်လာသည် အသံ က လှိုင်းဖြစ်၍ ပါတ်လည်ကို စက်ဝိုင်းအသွင် ပြန့်ထွက်သည်။ သဘောကရေကန်ထဲခဲပစ်ချသောအခါ ရေပွက်စက်ဝိုင်းလေး များတွေ့ရသလိုပင်

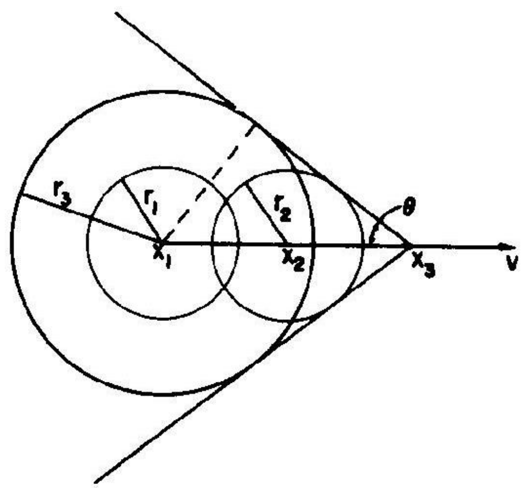


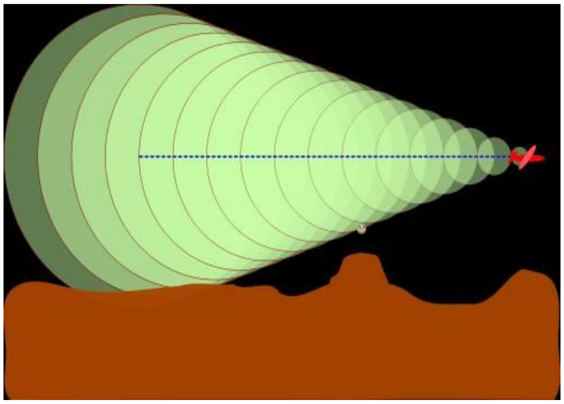
Fig. 51–1. The shock wave front lies on a cone with apex at the source and half-angle $\theta = \sin^{-1} v/c_w$.

လေယာဉ်က x_2 အမှတ်သို့ရောက်သောအခါ x_1 ကိုဗဟိုပြုသောအသံလှိုင်းမှာ r_1 သို့ရောက်နေပါပြီ။ လေယာဉ်၏ velocity မှာ အသံလှိုင်း၏ velocity ထက်များသဖြင့် x_1x_2 အကွာအဝေးမှာ r_1 ၏ အကွာအဝေးထက်ပိုပါသည်။ ထိုအချိန်တွင် လေယာဉ်ကြောင့် x_2 ကိုဗဟိုပြု၍ နောက်ထပ်အသံလှိုင်း ဖြစ်ပေါ်သည်။ လေယာဉ် x_3 သို့ရောက်သောအခါ x_1 ကိုဗဟိုပြုသော အသံက r_3 သို့ရောက်ပြီး x_2 ကို

ဗဟိုပြုသော အသံလှိုင်းက r_2 သို့ရောက်သည်။ r_2 ကော r_3 ပါ အရွယ်မတူသော်လည်း တူညီသော tangent မျဉ်းရှိကြပါသည်။ x ဝင်ရိုးနှင့် tangent မျဉ်းဆုံရာ ထောင့်ကို θ ဟုခေါ်ပါ။ စက်ဝိုင်း၏ အချင်းဝက်ဖြစ်သော r_3 နှင့် tangent ဆုံရာထောင့်မှာ အမြဲတမ်း ထောင့်မှန်ကျပါသည်။ ထို့ကြောင့် တြီဂိုအရ θ ၏ တန်ဖိုး ကိုရှာနိုင်သည်။ x_3 - x_1 မှာ လေယာဉ်၏ velocity နှင့်အချိုးကျပြီး r_3 မှာ အသံ၏ velocity နှင့် အချိုးကျပါသည်။ Sine တန်ဖိုးမှာ မျက်နှာချင်းဆိုင်အနားကို ထောင့်မှန်ခံအနားဖြင့် စားခြင်းဖြစ်ရာ

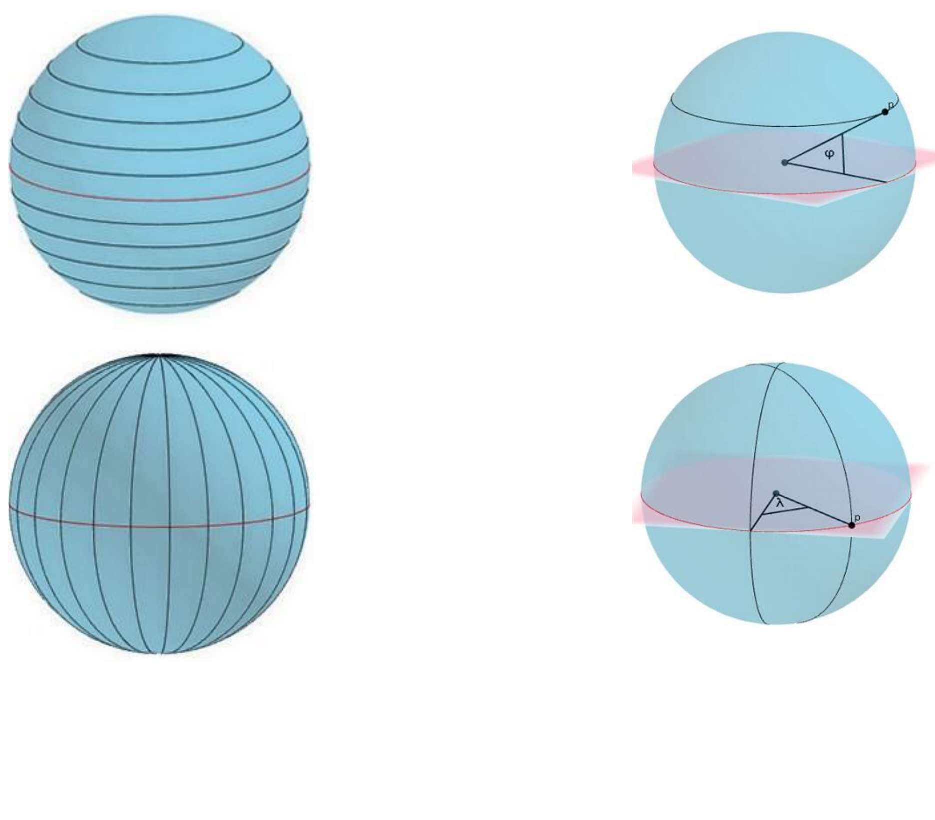
sin θ = v (sound) / v(object)

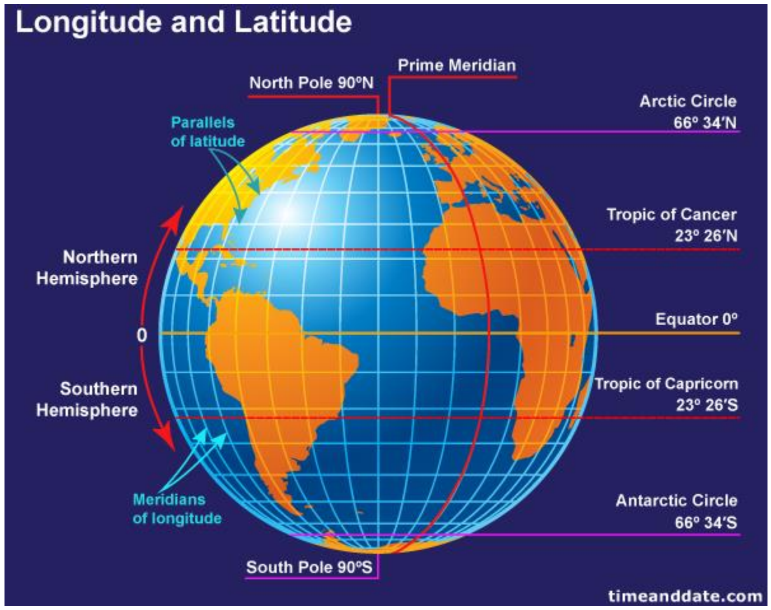
v (object) / v (sound) ကို Mach number ဟု ခေါ်ပြီး အသံထက်မြန်သောအလျင်ကို တိုင်းသော ဂဏန်း ဖြစ်ပါသည်။ သြစတြေးလျ ရူပဗေဒပညာရှင်Ernst Mach ကိုဂုဏ်ပြုမှည့်ခေါ်ခြင်းဖြစ်ပါသည်။ Mach 1 မှာ အသံ၏အလျင် ဝါ အသံလောက်မြန်သောအလျင်ဖြစ်ပါသည်။ Mach 2 မှာ အသံထက် ၂ ဆ မြန်သည် စသဖြင့်။ ဤနေရာတွင် တန်းဂျင့်မျဉ်းတလျောက်ရှိသောအသံ၏ wavefront လှိုင်းထိပ်များကို shock wave ဟုခေါ်ပါသည်။ ၎င်းမှာ sound wave ဖြစ်ပြီး sonic boom များကိုဖြစ်ပေါ်စေပါသည်။ အထက်ပါညီမျှခြင်းအရ θ ၏ တန်ဖိုးကို သိယုံဖြင့်ထိုအရာ၏ အလျင်ကိုသိနိုင်ပါသည်။ ယခု ပုံမှာ2 dimension တွင်ဖြစ်ပြီး တကယ့် 3 dimension တွင်မူ cone ပုံရှိပါသည်အဏုမြူဗုံးကွဲရာတွင်၎င်း လျှင်လှုပ်ရာတွင်၎င်း ဖြစ်ပေါ်သောလှိုင်းများမှာ သိမ့်လှိုင်းများဖြစ်ကြသည်။ လျှပ်စီးလက်ရာတွင် အတန်ကြာ သောအခါ ဖြစ်ပေါ်သော မိုးကြိုးသံမှာ လည်း shock wave ပင်ဖြစ်ပါသည်။ ကမ္ဘာမြေကြီးအတွင်းပိုင်း ဖွဲ့စည်းပုံကို လေ့လာရာတွင် ဤသိမ့်လှိုင်း ဝါ လျှင်လှိုင်းများကို စောင့်ကြည့်ခြင်းဖြင့် အတွင်းပိုင်းတွင် အရည်လွှာများရှိကြောင်းတွေ့ရှိခဲ့သည်။ အောက်ကပထမပုံမှာသိမ့်လှိုင်းလာပုံ ဒုတိယမှာ subsonic မှ supersonic သို့ အပြောင်း shock wave ၊ တတိယမြောက်ပုံမှာ လျှပ်စစ်မိုးကြိုးများကို ဖြစ်စေသော cumulonimbus တိမ်အမျိုးအစားပုံဖြစ်ပါသည်



လတ်လောင် ၁

ကျွန်တော်တို့ကိုယ်ရောက်နေတဲ့နေရာကို ရှာချင်ရင် ခုခေတ်မှာလွယ်သွားပါပြီ။ ဖုန်းလေးကိုဖွင့် GPS က လတ္တီကျူလောင်ဂျီကျူ ကို မြေပုံကော တည်နေရာနာမည်ကောပြပေးမှာပါ။ ဒါပေမဲ့ ဟိုတုန်းကတော့ ဒီကိစ္စဟာမလွယ်ပါ။ ခုခေတ်မှာလည်းဖုန်းမရတဲ့ နေရာမှာဆို မလွယ်ပါ။ ဒီတော့ တည်နေရာ သိချင်ရင် လတ် နဲ့ လောင် ကိုသိမှပါ။ လတ် လောင် ဆိုတာဘာလဲ။ မြေပြန့်မှာတော့ အပေါင်း အသင်းချင်း တစ်နေရာမှာချိန်းပြီဆိုပါတော့။ ကျွန်တော်တို့က နေရာကို လေးထောင့်ကွက်များ ဖြစ်အောင် ဒေါင်လိုက်နဲ့ အလျားလိုက် မျဉ်းများဆွဲ လိုက်မှာပါ။ ဒေါင်လိုက်မျဉ်းကို 1 2 3 စသဖြင့်ပေးပြီး အလျားလိုက် မျဉ်းကို a b c ပေးရင် 1a 3b စသဖြင့် တည်နေရာအမှတ်ကို ဖော်ပြနိုင်မှာပါ။ လတ်လောင်ကလည်း ဒီအကြံအတိုင်းပါပဲ။ ကွာတာက ကမ္ဘာကလုံးတဲ့အတွက် ဖြောင့်တဲ့ မျဉ်းတွေအစား စက်ဝိုင်းတွေကို သုံးပါတယ်။ ကမ္ဘာက ကိုယ့်ဝင်ရိုးပေါ်မှာ ကိုယ်လည်နေပါတယ်။ ဒီဝင်ရိုးက တောင်နှင့်မြောက်ဝန်ရိုးစွန်း ကိုဖြတ်သွားပါတယ်။ ဒီဝန်ရိုးနဲ့ထောင့်မှန်ကျပြီး ကမ္ဘာကို မြောက် နဲ့တောင်ခြမ်းအတိအကျပိုင်းထားတဲ့ စက်ဝိုင်းကို အီကွေတာ ခေါ်ပါတယ်။ အီကွေတာနဲ့ အပြိုင်စက်ဝိုင်းများဟာ ဝန်ရိုးစွန်းဘက်ကို အချင်း တဖြည်းဖြည်းသေးငယ် သွားပါတယ်။ ဒါကလတ်တီကျူ့ ဝါ လတ်ပါ။ လတ် မျဉ်းကို ဒေါင့်အားဖြင့် တိုင်းပါတယ်။ အကြီးဆုံးအချင်းရှိတဲ့ အီကွေတာစက်ဝိုင်းရှိရာ ပြင်ညီကနေ လတ် စက်ဝိုင်းရှိရာ ဆွဲထားတဲ့ စိတ်မှန်း မျဉ်းရဲ့ ကြားကဒေါင့် ကို ɸ လို့ခေါ်ပါတယ်။ မြောက်ခြမ်းကို ɸ N နဲ့တောင်ခြမ်းကို ɸ S လို့ ရေးပါတယ်။ အီကွေတာမှာ 0° ဖြစ်ပြီး တောင် နဲ့ မြောက်ဝင်ရိုးစွန်းမှာ 90° ဖြစ်ပါတယ်။ အောက်မှာ ပုံပါပါတယ်။

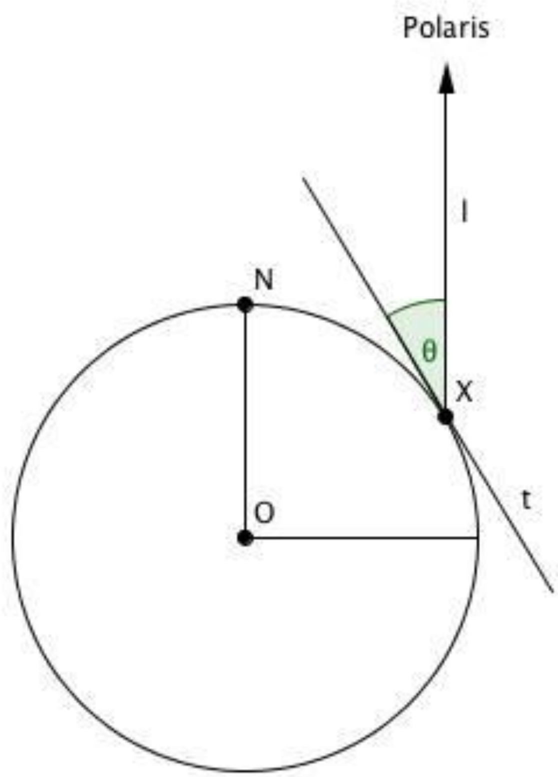




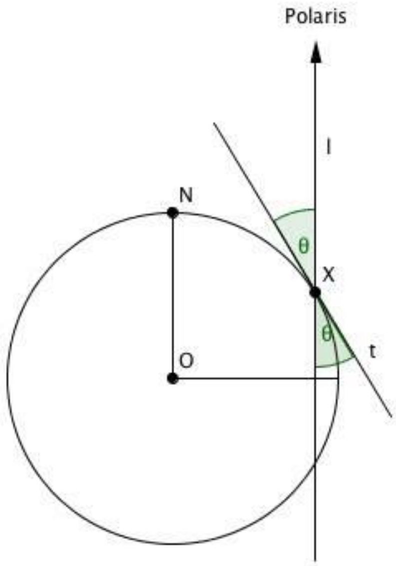
လောင်ကိုတော့ အီကွေတာကို ထောင့်မှန်ကျတဲ့ အထူးနေရာကစက်ဝိုင်းကို meridian လို့ခေါ်ပါတယ်။ လောင်စက်ဝိုင်းအားလုံးဟာ အချင်းအတူတူပါ။ ဒါကြောင့် လန်ဒန်တောင်ပိုင်း Greenwich ကိုဖြတ်တဲ့ စက်ဝိုင်းကို သတ်သတ်မှတ်မှတ်ယူပါတယ်။ ဒီစက်ဝိုင်းက ကမ္ဘာဟိုဘက်ခြမ်းမှာ ရုရှ ပစိဖိတ်နဲ့ ဖီဂျီတို့ကိုဖြတ်ပါတယ်။ လောင် ကိုလဲ ဒေါင့်အားဖြင့်တိုင်းပြီး λ လို့ခေါ်ကြပါစို့။ Greenwich မှာ 0° ရှိပြီး ဖီဂျီမှာ 180° ရှိပါတယ်။ ဖီဂျီမှာဖြတ်တဲ့ 180° meridian မျဉ်းကို international date line လို့ခေါ်ပါတယ်။ သူ့ကိုဖြတ်ကျော်ရင် တရက်တိတိစောခြင်း သို့နောက်ကျခြင်းကိုဖြစ်စေပါတယ်။ Greenwich ရဲ့ရှေ့ကို λ E လို့ခေါ်ပြီး နောက်ကို λ w လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒီနည်းနဲ့ ပိုတိကျတဲ့တည်နေရာကိုရပါတယ်။ ဘာကြောင့်လဲဆိုတော့ သင်ဟာ ကမ္ဘာ့မျက်နှာပြင်ပေါ်မှာရှိတာနဲ့ လတ်လောင်စက်ဝိုင်း ၂ ခု ဆုံရာ အမှတ်ပေါ် ရောက်နေမှာမို့ပါ။ ဥပမာ Greenwich ကို 51.48° N, 0° W နဲ့ ပြနိုင်ပြီး နယူးယောက်က 40.7484 N, 73.9857 W နဲ့ ပြနိုင်ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ ဒီလတ်လောင်ကို ဘယ်လိုရှာမလဲ ??? ဆိုပါတော့ သင်ဟာ ပင်လယ်ထဲမှာ ဖုန်းမပါဘဲ ဆိုရင် ဘိုလုပ်ကြမတုန်း။ ဆက်လက်ဖော်ပြပါမည်။ ဒီ ပို့စ်က plus မဂ္ဂဇင်းကို မှီးပါတယ်။

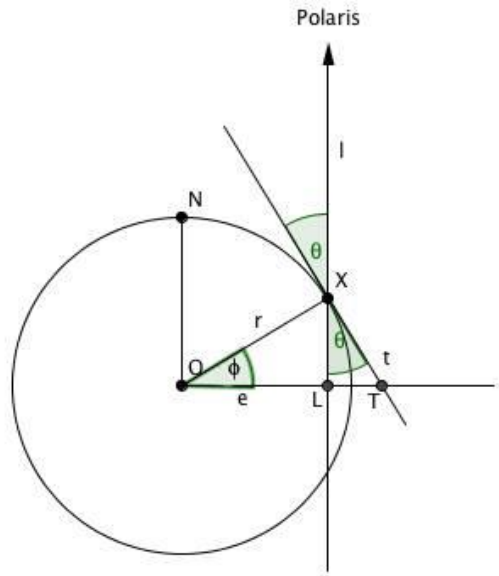
လတ်လောင် ၂ (ယခင်ပို့စ်မှအဆက်)

ဆိုပါစို့။ သင်က ပင်လယ်ထဲမှာလှေတစ်စီးနဲ့စွန့်စားရှာဖွေသူ။ လတ္တီကျူကို ဘယ်လိုရှာမလဲ။ ဒါက ရှေးတုန်းက ပင်လယ်ပြင်မှာနယ်မြေစွန့်စားရှာဖွေသူ ခရီးသွားတို့အတွက်အရေးပါတဲ့ ကိစ္စပါ။ သူတို့က ကောင်းကင်က နေနဲ့ကြယ်များကို ကြည့်ပြီးသွားခဲ့ကြပါတယ်။ ဒီလိုလုပ်ဖို့အတွက် တြိဂိုနိုမေထရီ နည်းနည်းတော့လိုပါတယ်။ အောက်မှာ ပုံတွေပြထားပြီး အစဉ်လိုက် ကြည့်ပါ။ ကောင်းကင် မှာ ကြယ်တော်တော်များများက အချိန်နဲ့အမျှ တည်နေရာပြောင်းနေပါတယ်။ ဒီမှာမပြောင်းတဲ့ ကြယ်အချို့ ရှိပါတယ်။ မြောက်ဝင်ရိုးစွန်းတည့်တည့်က ဓူဝံကြယ်လိုပါ။ သူတို့က ကမ္ဘာကနေ သိပ်ဝေးလွန်းတော့ မပြောင်းလဲဘူးထင်ရတာပါ။ ကမ္ဘာ့ မျက်နှာပြင်ပေါ်က အမှတ်တစ်ခုမှာ သင်ရှိနေမယ်ဆိုရင် မိုးကုတ်စက်ဝိုင်းရှိရာရှေ့တည့်တည့် တစ်ဆုံးကိုကြည့်လိုက်ပါ။ ဒီ line of sight က ကမ္ဘာ ကို tangent ကျတဲ့ မျဉ်းပါ။ t လို့ခေါ်ပါမယ်။ ဒီနေရာကနေ မြောက်ခြမ်းကိုကြည့်ရင်ဓူဝံကြယ်ကို တွေ့ရပါမယ်။ ဒီ line of sight အကဲကြည့်မျဉ်း ကို l လို့ခေါ်ပါမယ်။ ဒီ t နဲ့ l ကြားက ဒေါင့် ကို θ လို့ ခေါ်ပါမယ်။

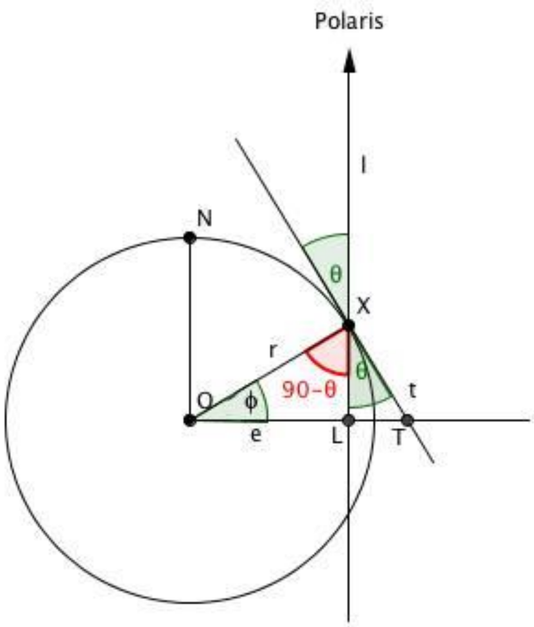


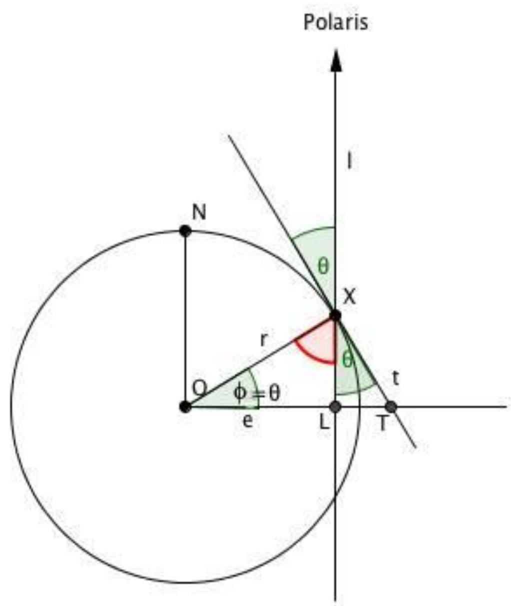
ဒီဒေါင့် θ ဟာ လတ္တီကျူဒေါင့် တန်ဖိုး φ နဲ့တူတူပါပဲ။ ဒါကဘယ်လိုဖြစ်နိုင်တာလဲ??? ဒါကိုသက်သေပြဖို့ အောက်က ပုံတွေကိုကြည့်ပါ။





l နဲ့ t မျဉ်းကို ဆက်ဆွဲရင် နောက်ထပ် ထိပ်ဆိုင်ဒေါင့်ရပါတယ်။ ထိပ်ဆိုင်ဒေါင့် ၂ ခုဟာတူပါတယ်။ X အမှတ်ဟာ တိုင်းတာသူရှိမယ့်တည်နေရာပါ။ Oက ကမ္ဘာ့အလယ်ဗဟိုပါ။ X နဲ့ O ကိုဆက်တဲ့မျဉ်း r ဟာ အချင်းဝက်ပါ။ t က tangent ပါ။ tangent တိုင်းပေါ်ကို အချင်းဝက်ဟာ ဒေါင့်မှန်ကျပါတယ်။ ဒါကြောင့် θ ရဲ့ ကပ်ရက်ဒေါင့် တန်ဖိုးက 90°- θ ပါ။





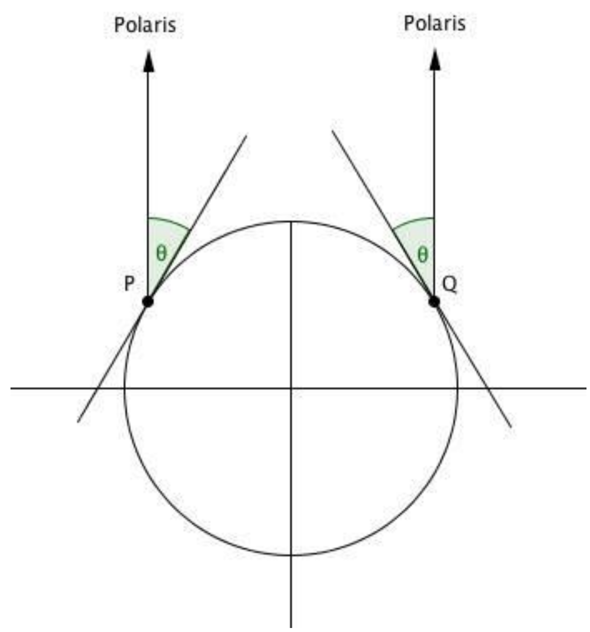
မျဉ်း l , အီကွေတာ e နဲ့ r တို့က ဒေါင့်မှန်တြိဂံကို ဖြစ်စေပါတယ်။ တြိဂံ တခုရဲ့အတွင်းဒေါင့် ၃ ခု ပေါင်းခြင်း က 180° ပါ၊ ဒီမှာ လိုချင်တာက ф ပါ။ ф က လတ္တီကျူပေါ့။ ကျန် ၂ ဒေါင့်ကသိပြီဆိုတော့ ф ကို ရှာနိုင်ပါတယ်။

$$\phi = 180 - (90 + [90 - \theta]) = \theta$$

ဒီနည်းနဲ့ ့သင်ရောက်နေတဲ့နေရာရဲ့လတ္တီကျူ့ဟာ မိုးကုတ်စက်ဝိုင်းအထက်က ဓူဝံကြယ်ရှိနေမဲ့ ဒေါင့်ပါပဲ။ ဒါကိုဂရိပညာရှိ ဟစ်ပါချူ့စ်က ကမ္ဘာကြီးလုံးမှန်းမသိခင် လွန်ခဲ့သော နှစ် ၂၀၀၀ ကပဲ တွက်နိုင်ခဲ့ပါတယ်။ တောင်ကမ္ဘာခြမ်းမှာတော့ ဓူဝံကြယ်ကို မမြင်နိုင်ပါ။ ဒါပေမဲ့ southern cross constellation နဲ့ southernpointers ဆိုတဲ့ ကြယ် ၂ လုံးကို သုံးနိုင်ပါတယ်။ ဒါဆိုလောင်ဂျီကျူကကော။ ဒါကနောက်ထပ် ပုံပြင်တခုပါ။ ဆက်လက်ဖော်ပြပါမည်။

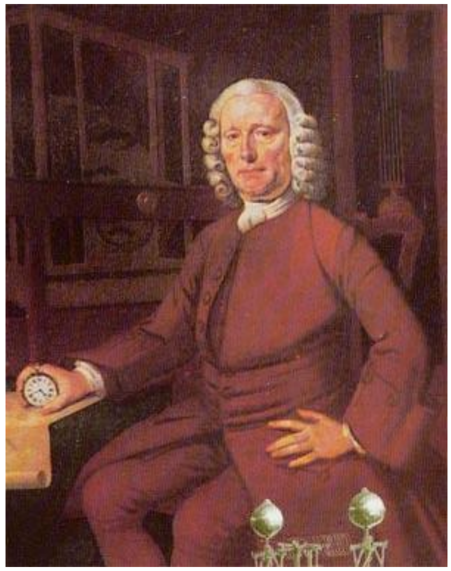
လတ်လောင် ၃

လတ်တိုင်းနည်းကို ဟစ်ပါချူ့စ်လက်ထက်ကတည်းက သိပေမဲ့ လောင် ကတော့ 18 ရာစု ထိခက်ခဲတဲ့ပြသနာပါ။ တိကျမှန်ကန်တဲ့ နည်းလမ်းကို မတွေ့ရပါဘူး။ နောက်တော့နာရီတွေရဲ့ အကူအညီနဲ့ ဖြေရှင်းနိုင်ခဲ့ပါတယ်။ လတ်တီကျူ့ပြောင်းရင် ရှုဝံကြယ်ရဲ့ဒေါင့်ကပြောင်းပါတယ်။ ဒါကြောင့်လတ်ကို ရှုဝံကြယ်ဒေါင့် ၉ ကို သုံးပြီးရှာလို့ရပါတယ်။ လောင်ကတော့မရပါ။ ဘာကြောင့်လဲဆိုတော့ လောင်ကို ပြောင်းလိုက်ရင် အောက်ပုံမှာ ပြထားသလို ရှုဝံကြယ်ဒေါင့် ၉ က မပြောင်းလဲလို့ပါ။



ဒီမှာပြောင်းလဲတာက အချိန်ပါ။ Greenwich ကနေ ရှေ့ကိုတိုးတာနဲ့အမျှ 15° တိုင်းမှာ ၁ နာရီရှေ့တိုးပါတယ်။ ဥပမာ Greenwich ရဲ့အချိန်က ၁၂ နာရီဆိုပါစို့။ သူ့ရှေ့က15°E မျဉ်းမှာ အချိန်က ၁ နာရီပါ။ Greenwich ရဲ့နောက်15° W မှာ ၁၁ နာရီပါ။ ဒီတော့ သင်က သင်ရှိနေတဲ့ နေရာရဲ့ဒေသစံတော်ချိန်ကိုလဲသိမယ်။ Greenwich ရဲ့စံတော်ချိန်လည်းသိမယ်ဆိုရင် ဒီစံတော်ချိန် ကွာခြားချက်ကနေ လောင်ဂျီကျူ ဒီဂရီ ကွာခြားချက်ကို ပြန်တွက်ယူနိုင်ပါတယ်။ ဒီမှာဒေသစံတော်ချိန်တွက်တာက နေကို ကြည့်ရင်ရပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ Greenwich စံတော်ချိန်ကိုသိဖို့ကတော့ ဒီတုန်းက နာရီ တစ်လုံးသယ်သွားဖို့ ပါပဲ။ ဒါကခုချိန်မှာလွယ်ကူတဲ့ကိစ္စ ဖြစ်ပေမဲ့ ဒီတုန်းကတော့ ရှိတဲ့နာရီတွေဟာ ခရီးဒဏ်ကြောင့် လှိုင်းလူးခြင်း၊ ဆောင့်ခြင်းများနဲ့မမှန်ခဲ့ပါ။ 1707 ခု မှာ ဆယ်လီသင်္ဘောမှောက်မှုကြီးဖြစ်ပွားခဲ့ပါတယ်။ အင်္ဂလိပ် သင်္ဘော ၄ စင်းဟာ ဆယ်လီကျွန်းနားမှာ နစ်မြုပ်ခဲ့တာပါ။ သူတို့ရဲ့ဆိပ်ကမ်း ပို့စ်မောက်နဲ့ သိပ်မဝေးပေမဲ့ လောင်ဂျီကျူအတိအကျမတွက်နိုင်မှုနဲ့ ဆိုးရွားတဲ့ရာသီဥတုက သင်္ဘောသား ၂၀၀၀ ကျော်သေဆုံးစေခဲ့ပါ တယ်။ အင်္ဂလိပ်သမိုင်းမှာတော့အဆိုးရွားဆုံး သင်္ဘောမှောက်မှုပေါ့။ စပိန်နဲ့ဒက်ချ်တွေက ဒီ လောင် ပြသနာ ကို ဖြေရှင်းနိုင်မဲ့သူကိုဆုငွေပေးမယ်လို့ကြေငြာထားတယ်။ ၁၇၁၄မှာ အင်္ဂလိပ်ကလည်း ဒါကို

ရှင်းနိုင်ရင် ပေါင် ၂ သောင်း ပေမယ်ပေါ့။ နည်းအမျိုးမျိုးနဲ့ရှင်းကြပါတယ်။ အချိန်မှန်ဟောင်တဲ့ခွေးကို လှေပေါ်တင်မယ်တို့ဘာတို့ပေါ့ တစ်ချို့ကတော့ လနဲ့ကြယ်တွေကိုတွက်ပြီး အချိန်မှန်းမယ်ပေါ့။ ၁၇၃၀ နောက်ပိုင်းမှ ဂျွန်ဟယ်ရစ်ဆင်က ရေကြောင်းသုံးနာရီကိုတီထွင်ခဲ့ပါတယ်။



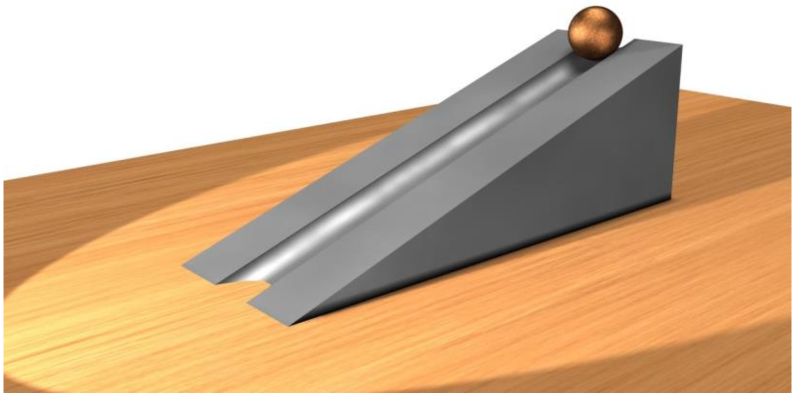
ဆုတော်ငွေကတော့ဘုတ်အဖွဲ့ကညစ်ထားလို့ ၁၇၇၃ ကြမှ ဂျော့ဆီ အယူခံဝင်မှ အကုန်ရခဲ့ပါတယ်တဲ့။ ခုခေတ်မှာ အင်တာနေရှင်နယ်ဒိတ်လိုင်းအပါအဝင် လတ်လောင်တွေ ကွေ့နေတာ ကတော့ သက်ဆိုင်ရာဒေသန္တရအစိုးရတွေရဲ့ပြောင်းလဲထားမှုကြောင့် ဖြစ်ပုံရပါတယ်။

plus ကိုမှီးပါတယ်

အင်နားရှားဒြပ်ထု Vs ဒြပ်ဆွဲဒြပ်ထု

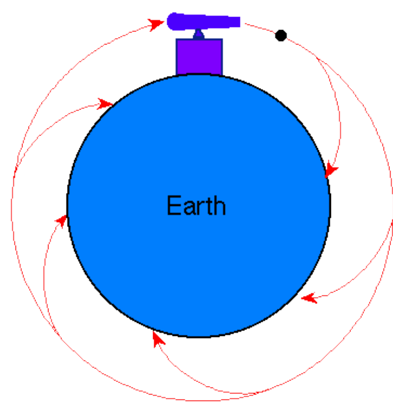
ဂယ်လီလီယိုက ပီဆာမျှော်စင်ပေါ်က ပစ်ချတယ်ဆိုတဲ့ အထောက်အထား အသေအချာမရှိဘူး လို့ဆိုပါတယ်။

တကယ်လုပ်ခဲ့တာက လျှောစောက် slope တလျှောက်မှာ mass မတူတဲ့ သံလုံး ၂ ခုကို လှိမ့်ချခဲ့တာပါ။

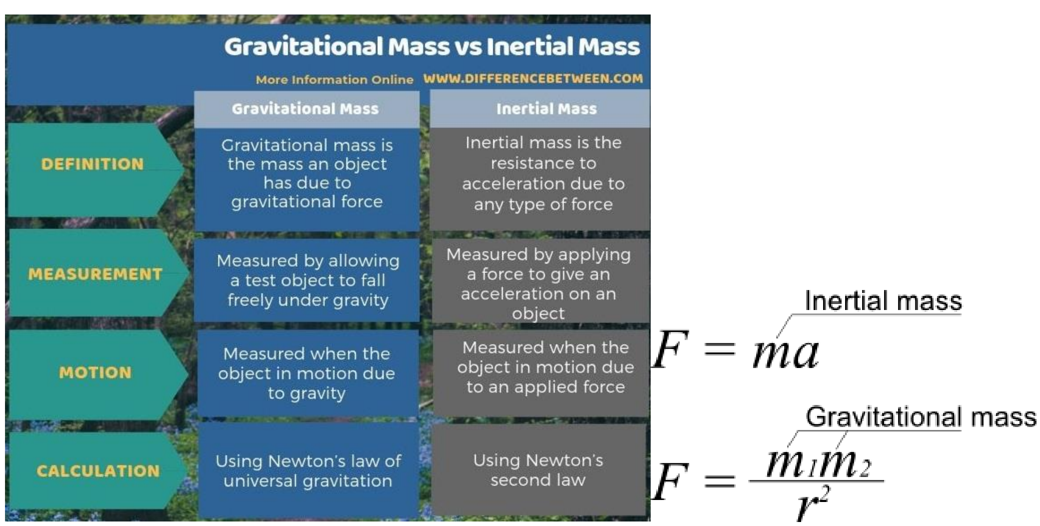


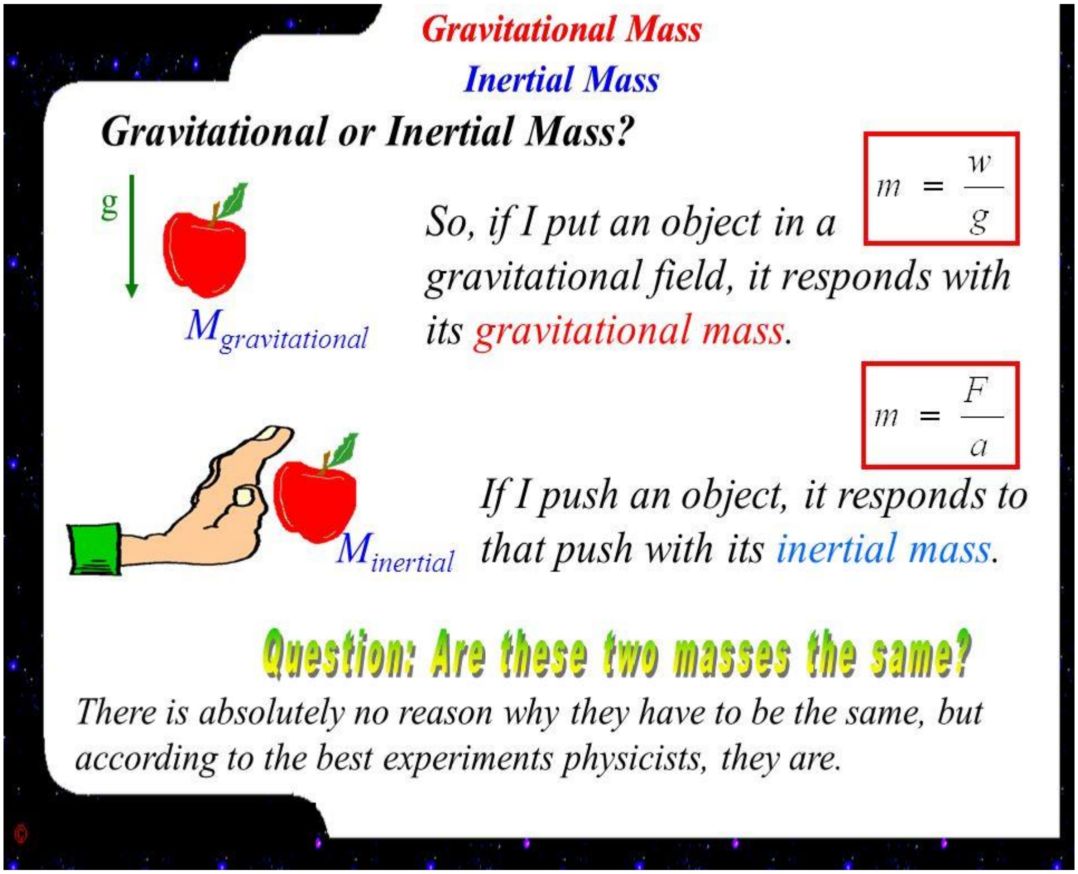
ခုပို့စ်က အင်နာရှား ဒြပ်ထုနဲ့ ဒြပ်ဆွဲဒြပ်ထု အကြောင်းမေးထားလို့ပါ ဂယ်လီလီယိုက အင်နားရှား ကို ပထမဆုံးနားလည်ခဲ့သူပါ။ အရာဝတ္ထုတခုဟာ သူ့ကိုအားတခုနဲ့သာ ရိုက်မထုတ်ဘူး(ပညာရှင် စကား

ကတော့ မသက်ရောက်ဘူး ဆိုရင်) ရပ်နေတာကဆက်ရပ်နေမယ် ရွေ့နေတာ ကဆက်ရွေ့နေမယ်ပေါ့ (အမှန်တော့ အိုင်းစတိုင်းရဲ့ ခေတ်မှာတော့ Absolute rest ဆိုတာမရှိပါဘူး ထားပါတော့) ဒါကို inertia / inertial frame စသဖြင့် ခေါ်ပါတယ်။ ဒီဝတ္ထုမှာရှိတဲ့ ဒြပ်ထုကို inertial mass လို့ခေါ်ပါတယ်။ F= ma က m ဟာ အင်နားရှား ဒြပ်ထုပါ။ နယူတန်ရဲ့ F = ma က ယေဘူယျနိယာမပါ။ ဒီမှာ F က ကြိုက်တဲ့အား ဖြစ်နိုင်တယ်။ လျှပ်စစ်အားသံလိုက်အား၊ ဒြပ်ဆွဲအား၊ ပွတ်အား၊ ဖိအား စသဖြင့်။ ဒါပေမဲ့ နယူတန်က ဒြပ်ဆွဲအားကို ပိုစိတ်ဝင်စားခဲ့တယ်။ သူရဲ့ပြုတ်ကျတဲ့ပန်းသီးပေါ့။ ဒါလည်းပဲ တကယ်တော့ ယုံတမ်းပါ ။ ဥပမာပေးပြီးပြောတာကနေ ပါးစပ်ရာဇဝင်ဖြစ်သွားပုံရပါတယ်။ တကယ့် thought experiment က ကမ္ဘာကိုပါတ်ပြီး ပြေးတဲ့ အမြောက်ဆံပါ အမြောက်ဆံတခုရဲ့အရှိန်နှုန်းဟာ ကမ္ဘာကို တပတ်ကျော်အောင်သာ ပတ်နိုင်တဲ့ အရှိန်ဆိုရင်ဘာဆက်ဖြစ်မလဲ။ ပြုတ်ကျမလား၊ ဆက်ပတ်နေ မလားပေါ့။



ဒီကနေuniversal gravitation ကိုတွေ့တာပါ။ F = G mM/r²ပေါ့။ ဒီမှာ ဒီက M ကော m ကော ကဒြပ်ထုတွေပါပဲ။ မတူတာက ၂ ခုဖြစ်နေလို့ပါ။ M ကို ပိုကြီးတဲ့ ဒြပ်ထု ဥပမာ ကမ္ဘာလိုဆိုရင် m ကို ပိုသေးတဲ့ဝတ္ထု။ ဥပမာပန်းသီးလို အောက်မေ့နိုင်ပါတယ်။ ဒီမှာတော့ m ကော M ကောဟာ gravitational mass ဒြပ်ဆွဲဒြပ်ထုပါ။ ဒီ၂ ခု ဟာ တူနိုင်လား ???





မတူဘူးယူဆတဲ့လူတွေလဲရှိသလို၊ တူတယ်ထင်တဲ့ သူတွေလည်းရှိပါတယ်။ အင်နားရှားဒြပ်ထုက အရွေ့ကိုဆန့်ကျင်ရာက ဖြစ်လာတာပါ။ ဒြပ်ဆွဲဒြပ်ထုက ဒြပ်ဆွဲအားမူလသဘောရှိပါတယ်။ ဘာမှန်လဲ ဆိုတာကတော့လက်တွေ့ စမ်းသပ်ချက်ကသာပြောနိုင်ပါတယ်။ Etovos က တူတယ်လို့ စမ်းသပ်ပြခဲ့ တယ်။ အိုင်းစတိုင်းက ဒီ ၂ခု တူရင်ဘာဖြစ်မလဲ။ စဉ်းစားရာက general relativity ကို တွေ့ခဲ့တာပါ။ ဒါကို Einstein Equivalance Principle EEP လို့ခေါ်ပါတယ်။ EEP က GR ကို သင်ရင် မသိမဖြစ်ပါ။

Twin paradox

အမြွှာဝိရောဓိပေါ့။ တောင်းဆိုထားလို့ပါ။ အိုင်းစတိုင်းရဲ့ special relativity မှာ အလင်းအလျင်နီးပါးနဲ့သွားရင် gamma က 99.99% စသဖြင့်ပေါ့။ အဲဒီအရာကို ရပ်နေတဲ့ frame ကနေကြည့်ရင် သူ့ရဲ့အချိန်တွေက dilate ဖြစ်လာတယ်။ ဆိုလိုတာက သူရဲ့ တစက္ကန့်က ကိုယ့် စက္ကန့်တရာ လောက် ဖြစ်လာမယ်ပေါ့။ ဒါက time dilation ပါနောက်တခုက relativity ရဲ့သဘောတရားပါ။ သင်ကပလတ်ဖေါင်းပေါ်မှာရှိရင် ဖြတ်သွားတဲ့ကားဟာအလျင်တခုနဲ့ ရွေ့နေတာပါ။ သင်ကတော့ရပ်နေသူပေါ့။ သင်ကကားပေါ်မှာရှိခဲ့ရင်ကော ဘေးက ပလက်ဖေါင်းဟာ အလျင်တခုနဲ့နောက်ကိုရွေ့သွားတာပါ။ သင်ကရပ်နေသူပေါ့။ ဒါနားလည်ရင် twin paradox ကိုပြောပြပါမယ်။ အမြွှာ ၂ ယောက်ရှိတယ်။ တယောက်ကကမ္ဘာပေါ် မှာကျန်ခဲ့ တယ်။ နောက်တယောက်က အာကာသယာဉ်နဲ့ လိုက်သွားတယ်။ အလင်းအလျင်နီးပါးနဲ့ပေါ့။ ပြီးတော့ကမ္ဘာကိုပြန်လာတယ်။ ကမ္ဘာရောက်တော့ ကမ္ဘာမှာကျန်ခဲ့တဲ့အမြွှာက ပိုအိုစာနေတယ်ပေါ့။ ဝိရောဓိဖြစ်ရတာက SR context ကကြည့်ရင် ကမ္ဘာပေါ်က အမြွှာက အာကာသယာဉ်ပေါ်က အမြွှာကိုကြည့်ရင်သူ့အချိန်က dilate ဖြစ်မယ်။ သူကနုပျိုမယ်။ ကိုယ်ကအိုစာမယ်။ ဒါပေမဲ့ အာကာသယာဉ်ပေါ်က အမြွှာဘက်ကကြည့်ရင် ကမ္ဘာပေါ်ကအမြွှာဟာ အနောက်ဘက်ကို အလင်းအလျင်နဲ့ ရွေ့နေတာပါ။ ဒီတော့သူ့အချိန်ဟာ dilate ဖြစ်မယ်။ သူကနုပျိုမယ်ကိုယ်ကအိုမယ်။ ဒီတော့ ဘယ်အမြွှာက ပိုအိုတာလဲ။ ဒါကြောင့် paradox ဖြစ်တာပါ။ အမှန်ကတော့ အာကာသယာဉ်က တချိန်မှာကမ္ဘာကို ပြန်လာရမှာပါ။ ဒီအတွက်ရပ်ရမယ်။ ပြီးတော့ နောက်လှည့်အလင်းအလျင်နဲ့ ပြန်လာ ကမ္ဘာနားရောက်တော့အရှိန်လျော့။ ဒီတော့ ဒါတွေက acceleration တွေပါ။ acceleration ပါရင် special relativity အတိုင်း စဉ်းစားလို့မရတော့ပါဘူး။ general relativity နဲ့မှ မှန်ပါတယ်။ ဒီမှာ အမြွှာ၂ ယောက်လုံးကို equal footing အတူတူပဲလို့ စဉ်းစားမရတော့ပါဘူး။ အောက်မှာတော့ SR အရ အနီးစပ်ဆုံးအဖြေဖြစ်တဲ့ မင်ကောစကီး ပုံ ကိုပြထားပါတယ်။ ဒီမှာ ct ဝင်ရိုးအတိုင်းဒေါင်လိုက်သွားတာက ကမ္ဘာမှာ ကျန်နေတဲ့ အမြွှာပါ။ တြိဂံရဲ့ကျန်တဲ့အနား ၂ ဘက်အဖြစ်သွားတာက အာကာသယာဉ်နဲ့သွားတဲ့အမြွှာပါ။ အပြာလိုင်းတွေက အသွားခရီးက line of simultaneity ပါ။ အဲလိုင်းပေါ်က ပွိုင့်တွေက တပြိုင်တည်းဖြစ်နေချိန်တွေပါ။ အနီလိုင်းက အပြန်ခရီးရဲ့တပြိုင်နက်အချိန်တွေပေါ့။ earthbound twin ရဲ့ interval (အပြာလိုင်း၂ခုကြားက အကွာအဝေး) က travellingtwin ရဲ့ interval ထက်ပိုတိုတာကိုတွေ့မှာပါ။ ဒါကသူရဲ့အချိန်ပိုမြန်နေတာကိုပြတာပါ။ ဒါကြောင့် သူကပိုအိုတာပါ။အသေးစိတ်တွက်ချက်မှုကတော့ရှုပ်ပါတယ်။

Twin Paradox

အိုင်းစတိုင်းရဲ့ special relativity မှာ စစလေ့လာချင်း တွေ့ရတဲ့ paradox ဝိရောဓိလေးတွေရှိပါတယ် ။ အဲ့ထဲက တခုက အမြွှာဝိရောဓိပါ။ ဒါလေး နားလည်ဖို့ John D Norton ရဲ့ ပုံလေးတွေနဲ့ ရှင်းပြပါရစေ။ special relativity မှာ frame of reference က အရေးကြီးပါတယ်။ F.O.R ပေါ့။ FOR ဆိုတာ ကိန်းသေအလျင်တခုနဲ့ရွေ့မြဲရွေ့၊ ရပ်မြဲရပ်နေတဲ့ အညွှန်းဘောင်ကိုခေါ်တာပါ။ ဥပမာ ကျနော်တို့ ပုံမှန်သွားနေတဲ့ ရထားတစီးပေါ်မှာရှိတယ်ပေါ့။ပုံမှန်သွားတယ်ဆိုတာ အရှိန်လဲမလျော့ဘူး။ အရှိန်လည်း မတိုးဘူး။ ကွေ့ပြီးလည်းမသွားဘူး။ တဖြောင့်တည်း သွားတယ်။ ဒီအခြေအနေကိုပြောတာပါ။ အဲ့ ရထားပေါ်မှာ တယောက်ယာက်ရှိရင် သူသာအပြင်ကို မကြည့်ခဲ့ရင် သူ့ကိုယ်သူ ရပ်နေတယ်လို့ ခံစားရမှာပါ။ သူ့ကိုA လို့ခေါ်မယ်။ လမ်းဘေး ပလက်ဖေါင်းမှာ နောက်တစ်ယောက်ရှိတယ် ။ သူက B။ B က A ကို ကြည့်ရင် ရထားရွေ့နေလို့ A လည်းရွေ့တယ်လို့ B ကမြင်ရတယ်။ A က သူ့ကို သူပြန်ကြည့်တော့ A က ရပ်နေတယ်။

B see A as moving

A see A as stop

ဒီလိုပဲ A က ပလက်ဖေါင်းပေါ်က B ကို လှမ်းကြည့်တော့ ရထားကအရှေ့သွားရင် ပလက်ဖေါင်းက အနောက်ကို ရွေ့သလိုမြင်ရတယ်။ ပလက်ဖေါင်းမင်းသား B လဲ အနောက်ကို ရွေ့သွားတယ်။ B က B ကိုပြန်ကြည့်ရင်တော့ ရပ်နေတယ်။ ဒီအခြေအနေကို

A see B as moving

B see B as stop

relativity ဆိုတဲ့ အဓိပ္ပါယ်က အဲ့တာပြောတာပါ။ ကျနော်တို့ ရပ်နေလားရွေ့နေလား ဆိုတာ ကြည့်တဲ့ FOR ပေါ်ပဲ မူတည်ပါတယ်။ ကွကို ကြည့်ရင်ရပ်နေတာပါပဲ။ သူများကြည့်ရင်တော့ ရွေ့နေတယ်။ဒီလိုပဲ တဖက်လူကလည်း ပြောင်ပြန်ပြန်မြင်ရတယ်။ အခြေအနေက symmetrical ဖြစ်တယ်။ ဘက်ညီနေတယ်။ အိုင်းစတိုင်းရဲ့ insight က ရွေ့တယ်ဆိုတာ velocity v မှန်းသိတယ်။ v ဆိုတာ s/t ။ အဓိပ္ပါယ်က နေရာကို အချိန်နဲ့ စားထားတာ။ တနည်း နေရာ နဲ့ အချိန်ရဲ့ အချိုး။ အိုင်းစတိုင်းသိတာ နောက်တခုက စကြာဝဠာတစ်ခုလုံးမှာ အလင်းကအမြန်ဆုံး ။ နောက်တခုက ကိန်းသေ။ ကိန်းသေဆိုတဲ့ အဓိပ္ပါယ်က အလင်းရဲ့ အလျင်ကို ပလပ်ဖေါင်းပေါ်က ကြည့်ကြည့် (B နေရာ) ရထားပေါ်က ကြည့်ကြည့် (Aနေရာ) အတူတူပဲ ။ ဒါကြောင့် c လို့ခေါ်တာ။ constant ပေါ့။ ပြဿနာက c ကလည်း အလျင်ပဲ။ နေရာနဲ့ အချိန်ရဲ့ အချိုး။ အဲ့တော့ A စီးတဲ့ ရထားသာ အလင်းအလျင်နဲ့ ပြေးရင် ဘာတွေ ဖြစ်လာမလဲ?။B က A ကို ကြည့်ရင် အလင်းအလျင် c ။ A က A ကိုကြည့်ရင်ရော။ ရပ်နေမှာလား။ အထက်ကပြောသလို ဆိုရင်တော့ ရပ်နေရမှာ။ ဒါပေမဲ့ အလင်းအလျင်က ကိန်းသေလေ။ သုညဖြစ်လို့ မရဘူး။ c ပဲဖြစ်ရမှာ!!!

တခုခုတော့မှားနေပြီ။ အိုင်းစတိုင်းက ဒီပြသနာကို ဖြေရှင်းတဲ့ နည်းက အရမ်းလှပါတယ်။ c က ကိန်းသေဆိုရင် c = s/t ဖြစ်တဲ့ အတွက် c မပြောင်းရင် s နဲ့ t က c ကို ကိန်းသေရအောင် တပြိုင်တည်း ပြောင်းနေရမယ်တဲ့။ အဲ့ဒါဆို c လည်းကိန်းသေ ဖြစ်။ A က A ကြည့်တာနဲ့ B က A ကိုကြည့်တာလည်း မတူဘူးလို့ ထင်ရ။လိုရင်းကတော့ အဲ့တာပါပဲ။ သင်္ချာကတော့ ရှုပ်တယ်။ နဲနဲတော့မြင်ဘူးအောင် ပြချင်ပါတယ်။

t က B ကလှမ်းတိုင်းတဲ့ A ရဲ့အချိန်

t_0 က A က ကွကိုတိုင်းတဲ့ Aရဲ့ အချိန်

γ က ပြောင်းတဲ့ အချိုးလေး။ ဆိုရင်ညီမျှခြင်းက

$$t = \gamma t_0$$

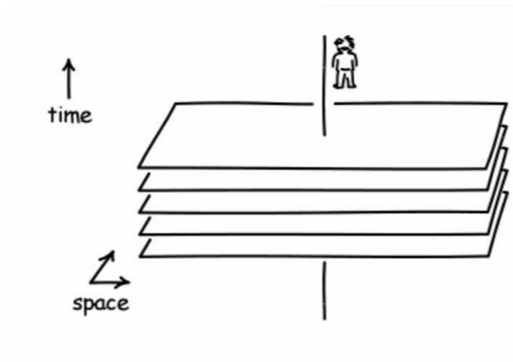
အဲ့ဒီ ညီမျှခြင်းက B က A ကို လှမ်းကြည့်ရင် A ရဲ့ အချိန်ဟာ နှေးနေတယ်လို့ တွေ့ရတယ်။ A က A ကို ပြန်ကြည့်ရင်တော့ ပုံမှန်ပဲ။ ဒါက အထက်က ပြောသလို symmetric ဖြစ်တဲ့ အတွက် A က B ကို လှမ်းကြည့်လည်း ညီမျှခြင်းက အဲ့အတိုင်းပဲ။ ဟင် ဒါဆို။ A က B ရဲ့ အချိန်ကိုကြည့်တော့ သူ့ထက် နှေးနေသလို B က A ကိုကြည့်တော့လည်း သူ့ထက်နှေးနေသလိုဖြစ်နေမှာပေါ့။ ဘယ်သူက တကယ်တော့ နှေးတာလဲ။ အမှန်တော့ ဘယ်သူမှာပိုနှေးတာ မဟုတ်ဘူး။ အချိန်ကိုက ကျနော်တို့ ထင်သလို ၂ ယောက်လုံးအတွက် တသမတ် ထဲ Absolute မဟုတ်တာ။ သူက ပြောင်းနေတာ။ ဒီညီမျှခြင်းက L အလျားအတွက်လည်းအတူတူပါပဲ၊

$$L = \gamma L_0$$

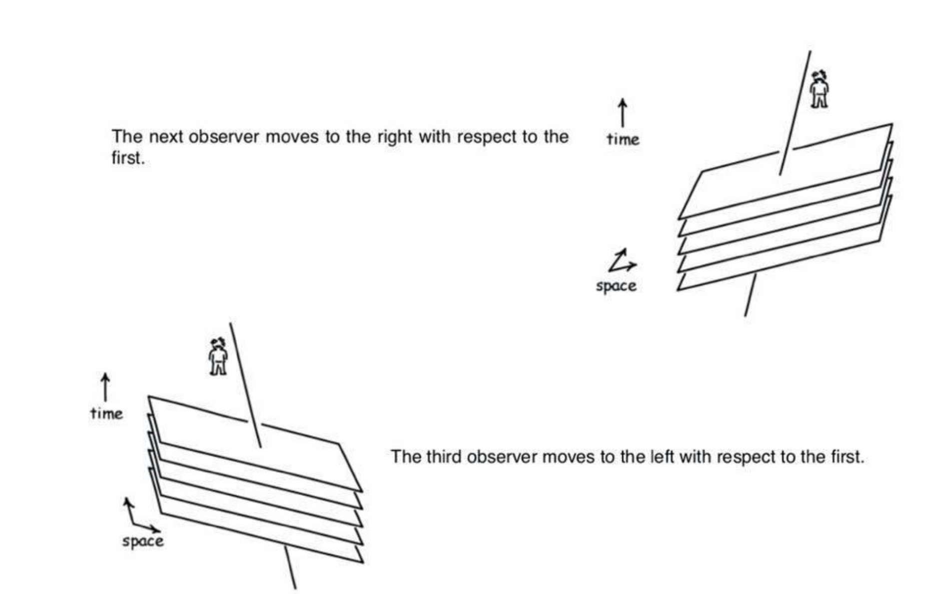
ဟုတ်ပြီ။ အခုအဆိုအရဆိုရင် အလျားတွေ ၊ အချိန်တွေဟာ ကွကိုပြန်တိုင်းရင် မပြောင်းဘူး။ သူများကို လှမ်းတိုင်းရင် ကိုယ့်ထက်တို ၊ကိုယ့်ထက်နှေးတယ်။ ဒါပေမဲ့ အခြေအနေကဘက်ညီတော့ ဟိုဘက်က လည်း ဒီလိုပဲထင်ရတယ်။ ဒါဆို ဘာဖြစ်နေတာလည်း။ ဘယ်သူမှန်တာလဲ။ အဖြေက ၂ ယောက်လုံး မှန်တယ်။ အချိန်နဲ့ နေရာကို က ကျနော်တို့သိသလို အားလုံးအတွက်တသမတ်တည်းမဖြစ်ဘဲ ပြောင်းနေတာ။ အလျင်ပေါ်မူတည်ပြောင်းနေတာ။ အဲ့မှာ Twin paradox ဝင်လာတာပါပဲ။ အမွှာဝိရောဓိက ဒီလိုပါ။ အမွှာ ၂ ယောက် A နဲ့ B ရှိတယ်။ A က ကမ္ဘာမှာပဲနေတယ်။ B က အလင်းအလျင် ဒုံးပျံကြီးဆောက်တယ်။ Alpher centauri ကို သွားလည်တယ် ပြီးတော့ ကမ္ဘာကို ပြန်လာတယ်။A က ၈နှစ် ပိုကြီးသွားတယ်။ B ကလေး နှစ်ပဲကြီးတယ်။ ကဲ ဘာဖြစ်တာလဲ။ အပေါ်မှာတုန်းက ပြောတော့ A ဘက်က ကြည့်ရင် B က ၄ နှစ် ငယ်သလို B ဘက်ကကြည့်ရင် A ကလည်း ၄ နှစ်ငယ်မယ်ဆို။ ခုကြ A ကလုံးလုံး ၄ နှစ်ကြီးနေပါလား။ အဲ့ဒါက Twin paradox ပါ။ဒါကို ဖြေရှင်းတာကတော့ special relativity ဟာ ကိန်းသေ အလျင် အကြောင်းပဲ ပြောတာပါ။ အလျင်ပြောင်းတာ မပါပါဘူး။ B က ကမ္ဘာကိုပြန်ဖို့အတွက် ဒုံးယဉ်ကို လှည့်ရပါတယ်။ အဲ့ဒါ acceleration ပါ။ velocity မဟုတ်ပါဘူး။ B ၄ နှစ် ငယ်တာက acceleration ကြောင့်ပါ။

ဟုတ်ပြီ။ ဒါက အကြမ်းဖျဉ်း ။ ပိုနားလည်ဖို့အတွက် ပုံလေးတွေနဲ့ ဆက်ဆွဲလိုက်ရအောင်။ အောက်က ပုံတွေ တစ်ခုချင်းမှာ စာပါပါတယ်။ သေချာ ဖတ်လိုက် စဉ်းစားလိုက်ပေါ့နော်။

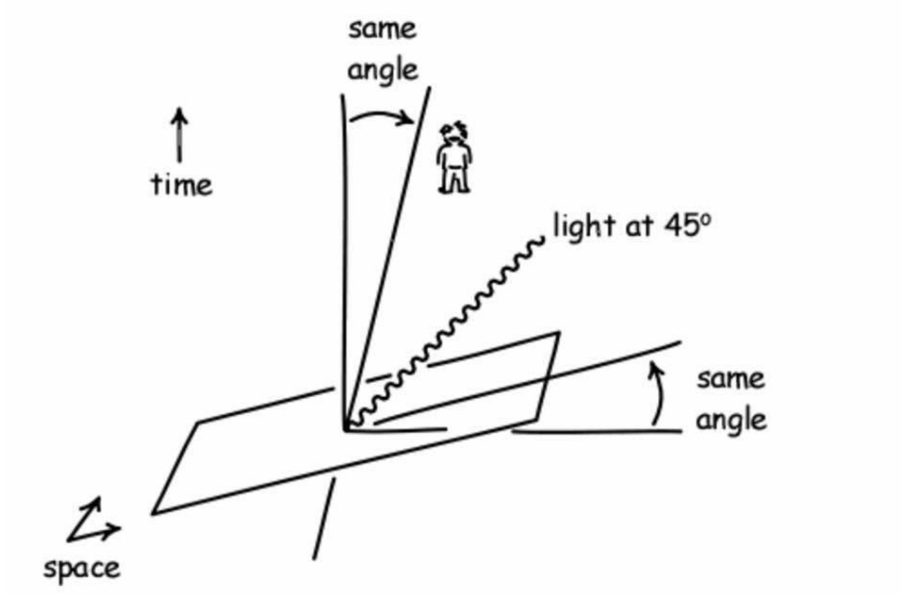
ဒ ပိုင်သွန်



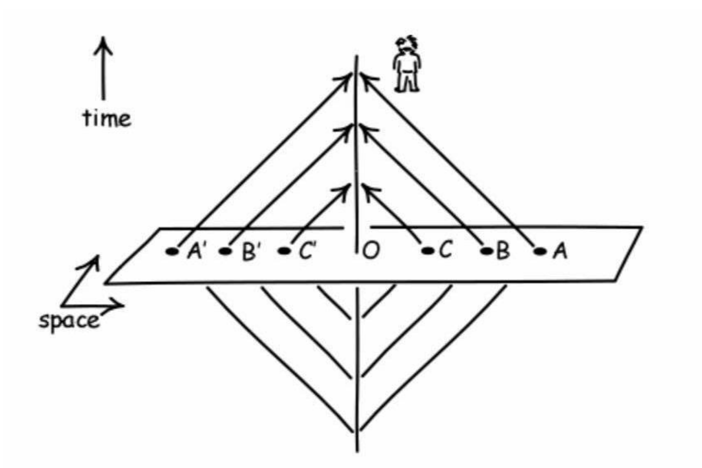
အချိန်နေရာ ရဲ့ ပုံ။အချိန်က ဒေါင်လိုက်။ နေရာက အလျားလိုက်။ပြထားတဲ့ rectangle တွေက တပြိုင်တည်းဖြစ်နေတဲ့ space ပါ။ space of simultaneous ပေါ့။ ဆိုလိုတာက အဖြစ်အပျက်တစ်ခုဟာ အဲ့ rectangle ရဲ့ ပွိုင့်တွေမှာရှိရင် A အနေနဲ့ သူနဲ့ တပြိုင်တည်းဖြစ်တယ်လို့ ထင်ရပါမယ်။ ခုပုံမှာ A ဟာ ရပ်နေပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ ရပ်နေသူတွေဟာ အချိန်မှာတော့ သွားနေပါတယ်။ ဆိုလိုတာက retangle တခုခြင်းဆီကို တက်သွားတာပေါ့။



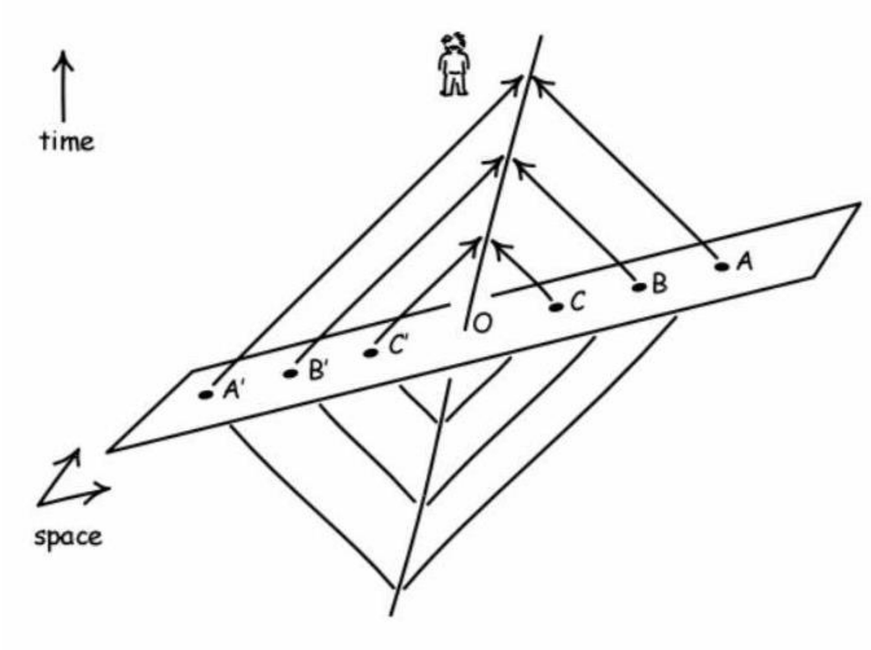
ဘယ်ဘက်က ပုံက A က အလျင်ကိန်းသေ တpfခုနဲ့ ဘယ်ဘက်ကို ဦးတည်ပြီးသွားတာပေါ့။ rectangle တွေ စောင်းတာကို သတိထားမိမှာပါ။ လူအများစု မျက်စိလည်ကြတာ ဒီအချက်မသိလို့ပါ။ ဒီလေးထောင့်ပြားတွေက တပြိုင်တည်းမျက်နှာပြင်ကို ကိုယ်စားပြုပါတယ်။ ဒါကြောင့်အလျင်နဲ့ သွားရင် တပြိုင်တည်းတွေက စောင်းသွားတယ်။ ညာဘက်ကပုံက ညာဘက်ကိုသွားတာပါ။



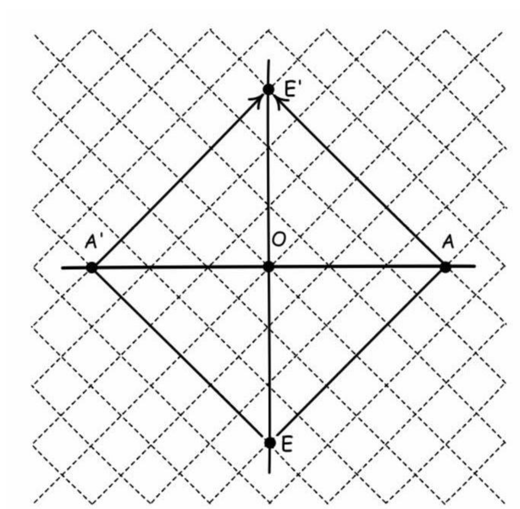
ဒီပုံက A နဲ့ B ရဲ့ FOR ကို ဘယ်လို ဆွဲရသလဲ ပြတာပါ။ Aဘက်က ကြည့်မှာ။ A က ရပ်နေတယ်။ သူ့ frame က ထောင့်မတ်ကြတယ်။ သူက လှမ်းကြည့်တဲ့ B ရဲ့ frame ကိုangle တခု စောင်းပြီး ကတ်ကြေးကိုက် သလိုဖြစ်သွားတာ ပြထားတာ။ နားလည်မယ် မျှော်လင့်ပါတယ်။



ဒါကတော့ ဘာလို့ တပြိုင်တည်းမျက်နှာပြင်တွေ အလျင်တစ်ခုနဲ့ သွားရင် စောင်းသွားလဲ ကိုရှင်းပြဖို့ပါ။ ၂ ခုကို တပြိုင်တည်း မြင်ရဖို့ဆိုတာက ပထမဆုံး observer ဆီက အလင်းက အမှတ် A နဲ့ A' ဆီကို သွားတယ်။ အကွာအဝေးတူလို့ တပြိုင်ထဲရောက်တယ်။ ပြီး ပြန်ကန်ထွက်လာတယ်။ တပြိုင်တည်း အဖြစ်မို့ တပြိုင်တည်း ပြန်ရောက်တယ်။ Observer ကလည်း ရပ်နေပေမဲ့ အချိန်မှာ သွားနေလို့ အဲ့ အမှတ်မှာ အလင်း ၂ ခုလုံးကို လက်ခံတယ်။ အလင်း၂ခု အတူတူ ရောက်လို့ တပြိုင်တည်းလို့သိတယ်။



ဒီပုံက Observer က အလျင်တစ်ခုနဲ့သွားတာ။ အဲ့တော့ သူ့ တပြိုင်တည်းspace (rectangle) က စောင်းသွားတယ်။ အလင်းက ဘယ်နဲ့ ညာမှာ မတူသလိုထင်ရပေမဲ့ ပြန်ရောက်ချိန်အတူတူမို့ တပြိုင်တည်း ပါပဲ။



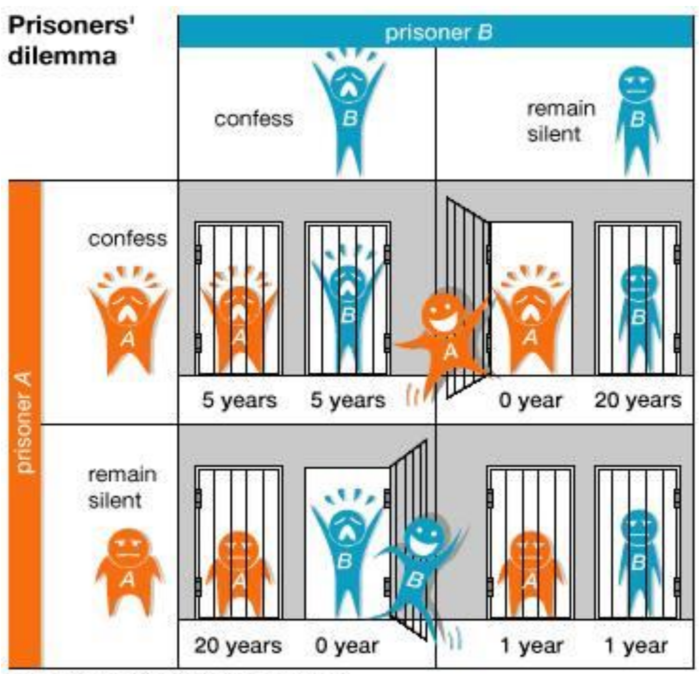
စောစောက concept ကို ထပ်ရှင်းတာ။ special relativity မှာ အလင်းအလျင်က ကိန်းသေ မို့ သူ့လမ်းကြောင်းတွေက ၄၅°စောင်းပါတယ်။ဒီပုံက ရပ်နေသူအတွက်။ EOE' က Observer ရဲ့ ခရီး။EAE' နဲ့ EA'E' ကအလင်း ၂ခုရဲ့ တပြိုင်တည်းခရီး။ A'A က တပြိုင်တည်း မျက်နှာပြင်

ဂိမ်းသီဝရီ

ဂိမ်းသီဝရီကိုကမ္ဘာက သိအောင်တည်ဆောက်ပြနိုင်ခဲ့တဲ့ ဂျွန်ဖိုနက်ရှ် ဂျူနီယာကတော့ သိပ်မကြာခင်က ဆုံးပါးသွားခဲ့ပါတယ် နိုဗဲလ်ဆုရခဲ့သူ A beautiful mind ဆိုတဲ့ ရက်ဆဲလ်ခရိုး ပါဝင်သရုပ်ဆောင်တဲ့ကားက သူ့အကြောင်းပါ။

ဂိမ်းသီဝရီဟာ decision making process အတွက်အရေးပါတဲ့ သီဝရီတခုပါ စီးပွားရေး စစ်ရေး နိုင်ငံရေးsocial behavior စသဖြင့် နယ်ပယ်တွေမှာ အသုံးချနိုင်တဲ့အတွက် အရေးပါပါတယ်။ တကယ်တော့ လူ့ဘဝ ဆိုတာဆုံးဖြတ်ချက်တစ်ခုပြီးတစ်ခု ချနေရတဲ့ sequence of decision တခုပါ။ သင် မနက်အိပ်ယာက ထလို့ ကျောင်းသွားမှာလား၊ ဒါမှမဟုတ် ဆက်အိပ်မှာလားဆိုတာတွေ၊ မိုးရာသီမှာ အိမ်ပြင်ထွက်ရင် ထီးယူမလား၊ မယူဘူးလားဆိုတဲ့ ဆုံးဖြတ်ချက်တွေပါ။ ဂိမ်းသီဝရီကို စတင်ခဲ့သူက ဂျွန် ဗွန် နျူးမင်း ပါ။ ကွမ်တမ်ရဲ့ဖခင်ကွန်ပြူတာတွေရဲ့ ဖခင် တစ်ဦးပေါ့။ ဒါပေမဲ့ နျူးမင်းက zero-sum game လို့ခေါ်တဲ့ အခြေခံ သီဝရီကို သက်သေပြခဲ့တာပါ။ လူ့အဖွဲ့အစည်းက တစ်ယောက်ထဲမဟုတ်ပါဘူး။ အများနဲ့ပါ။ အရိုးရှင်းဆုံးပုံစံက ၂ ယောက်ထဲပါတဲ့ ဖြစ်စဉ်ပေါ့။ ၂ ယောက်ပါတဲ့အတွက် decision ဆုံးဖြတ်ချက်ကလည်း ၂ မျိုးပါ။ decision ၂ခု ရဲ့ ဝိရောဓိမှာ ရလာဒ်က လည်းအမျိုးမျိုးပါ။ ဖြစ်နိုင်သမျှ ရလာဒ်တွေထဲကမှ အဖြစ်များဆုံးရလာဒ်ကဘာလဲ။ ဒါကို equilibrum လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒါကိုရှာတာကို game theory က လုပ်ပါတယ်။ ဒီ equilibrum ရှိကြောင်းကိုလည်းပြသပါတယ်။နျူးမင်းရဲ့ သီဝရီက zero sum game အတွက်ပါ။ ဒါက လူ ၂ ဦးပါတဲ့ ဂိမ်းအမျိုးအစားမှာ ရလာဒ်ဟာ ပေါင်းရင် သုညရနေတာမျိုးပါ။ ဥပမာ chess လို စစ်ပွဲ တစ်ခုလိုမျိုးပါ။ တစ်ယောက်နိုင်ရင် တယောက်ရှုံးမှာပါ။ နိုင်သူကို တစ်မှတ်ပေးရင် ရှုံးသူကို တစ်မှတ်နှုတ်ရမှာပါ။ ၂ ယောက်လုံးပေါင်းတော့ သုညပေါ့။ ဘောလုံးပွဲ လိုလောင်းကစားလို ကိစ္စတွေပါမယ် ထင်ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ လောကမှာ zero sum game တစ်ခုတည်းမဟုတ်ပါဘူး။ decision တွေချပြီးတဲ့အခါ ၂ ဦး ၂ ဖက်လုံးနိုင်တာ win-win နဲ့ ၂ ဦး ၂ ဖက် လုံးရှုံးတာ lose-lose game တွေလဲ ရှိပါတယ်။ သူတို့က ပါဝင်သူ player တွေရဲ့ ရလာဒ် payoff ကိုပေါင်းတဲ့အခါ Non-zero သုည မဟုတ်တဲ့ ရလာဒ်ကိုပေးပါတယ်။ ဒါကြောင့် non zero-sum game လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒါက ပိုယေဘူယျကျပြီး ဒီgame

ရဲ့ Equalibrum ကိုရှာတွေ့ သက်သေပြနိုင်ခဲ့သူက နက်ရှ်ပါ။ ဒါကို နက်ရှ်မျှခြေ Nash equilibrum လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ဂိမ်းဟာ သင်္ချာပစ္စည်းတစ်ခုပါ။ သူ့မှာ အစိတ်အပိုင်း၃ခုပါပါတယ်။ player ကစားသမား payoff ရလာဒ် နဲ့decision ဆုံးဖြတ်ချက်တို့ပါ။ player က ၂ ဦးနဲ့ ၂ ဦးအထက် ကြိုက်သလောက် ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။ ဆုံးဖြတ်ချက်ကလည်း ကြိုက်တာကို ကြိုက်သလောက်အရေအတွက်ပါ payoff လဲ ဒီလိုပါပဲ။ ဒါတွေကို matrix ပုံစံနဲ့ကိုယ်စားပြုနိုင်ပါတယ်။ နာမည်ကြီးတဲ့ game တစ်ခုကတော့ prisoner's dilemma ဆိုတဲ့ game ပါ။ အကျဉ်းသားကြံရာပါ ၂ ယောက်ကိုဖမ်းမိတယ်။ အကျဉ်းခန်းမှာ တယောက် တစ်ခန်း ခွဲထားတယ်။ တစ်ယောက်ဘာဆုံးဖြတ်မယ်ဆိုတာ တယောက်မသိနိုင်ဘူး။ ဆုံးဖြတ်ချက်က ၂ ခု ထဲပါ။ ပြစ်မှုကိုဖော်ကောင်လုပ်မလား၊ နှုတ်ပိတ်နေမလား။ ရလာဒ်က ဒီလို။



© 2006 Encyclopædia Britannica, Inc.

1.မောင်၁ ကော မောင် ၂ ပါ နှုတ်ပိတ်နေရင် ထောင် ၁နှစ်စီပဲကျမယ်။

2.မောင် ၁ ကဖော်ပြီး မောင် ၂ က နှုတ်ပိတ်ရင် မောင် ၁ ကလွတ်မယ်၊ မောင် ၂ က ၂၀ နှစ် ကျမယ်။ (ပြောင်းပြန်လဲဒီအတိုင်း)။

3.မောင် ၁ ကော မောင် ၂ ပါ ဖော်ရင် တယောက် ၅ နှစ်စီကျမယ်။

ဒါဆိုအဖြစ်နိုင်ဆုံးဖြစ်စဉ်ကဘာလဲ?

3 ပါ။

ဒါဟာ နက်ရှ် မျှခြေပါ။ ၂ ယောက်လုံး ဖော်ကောင်သာဂဒိုး လုပ်ကြမှာပါ။ သင်္ချာအရတော့ matrix နဲ့ တွက်နိုင်ပါတယ်။ ဒီပုံစံမှာ မိုးရာသီထီးယူမယူပြဿနာလည်း ထည့်တွက်နိုင်ပါတယ်။ မောင် ၁ က မိုးရွာ

မောင် ၂ က မိုးမရွာ decision ၁ က ထီးယူ ၂ က မယူပေါ့။ ဒီပုံစံကိုသုံးပြီး လူတွေရဲ့ ယုံကြည်မှု တစ်ခုမှားကြောင်း သက်သေပြထားတာရှိပါတယ်။ အဲဒီယုံကြည်မှုက လူတိုင်းလူတိုင်းသာကောင်းရင် လိမ္မာရင် လူ့ပါတ်ဝန်းကျင်ဟာ အကောင်းဆုံးနေရာတစ်ခုဖြစ်လိမ့်မယ်ဆိုတာပါ။ ဒါမဖြစ်နိုင်ကြောင်းကို game သီဝရီနဲ့ prove လုပ်ခဲ့ပါတယ်။ နောက်တစ်ချက်က အရမ်းအတ္တကြီးတတ်တဲ့ လူသားတွေဟာ လည်းနက်ရှိုင်းမှုမြေမှာ ကိုယ်ကျိုးစွန့်တတ်တဲ့ လူသားတွေဖြစ်လာကြောင်း သက်သေပြချက်ရှိပါတယ်။ ပြောချင်တာက evolution ရဲ့အစမှာ လူဟာကိုယ့်အတွက်ကိုယ်ပဲကြည့်ပေမဲ့ societyဆိုတဲ့ game ကို ထပ်ခါထပ်ခါ ကစားပြီးတဲ့အခါမှာ နက်ရှိုင်းမှုမြေအရောက် ကိုယ်ကျိုးစွန့်တက်တဲ့ ဗီဇအချို့ပေါက်ဖွား လာပါကြောင်း။

Classical mechanic

ဂန္ထဝင်ရူပဗေဒခေါ်ရမလား ရှေးရိုးရူပဗေဒ ခေါ်ရမလား classical mechanic ခေါ် newtonian mechanic စသဖြင့် ခေါ်ကြပါတယ်။ သိပ္ပံရဲ့အစ ဟာ ရူပဗေဒကစပြီး ရူပဗေဒဆိုရာမှာ ဒီမက္ကင်းနစ်ပါပဲ။ နယူတန်ရဲ့ အကြီးကျယ်ဆုံးလူသားတွေအတွက် ယူဆောင်လာခဲ့တဲ့ လက်ဆောင်ဟာသဘာဝရဲ့ နိယာမတွေ အမှန်တရားတွေကို သင်္ချာနဲ့ ဖော်ပြလို့ရတယ်ဆိုတာနဲ့ အဲဒီသင်္ချာကို ဖန်ဆင်းပေးခဲ့ခြင်းပါ။ လောကဟာ သင်္ချါရပါ။ ဆိုလိုချင်တာက လောကမှာရှိရှိသမျှအရာတိုင်းဟာ ပြောင်းလဲနေပါတယ်။ အရာရာဟာ in motion မှာပါ။ သင်ကသင့်ရှေ့ကခုံကိုကြည့်ပြီး ဒါကမလှုပ်ပါဘူးကွာလို့ ထင်ပါလိမ့်မယ်။ မှားပါတယ်။ ခုံရဲ့မျက်နှာပြင်မော်လီကျူးတွေက လေမော်လီကျူးနဲ့ ခါတ်ပြုပြေးလွှားနေပါတယ်။ ခုံကို ဖွဲ့တည်ထားတဲ့ atom က အီလက်ထရွန်များက ပြေးလွှားနေပါတယ်။ ဘာမှရပ်မနေပါဘူး။ ကျွန်တော်တို့ကမမြင်ရတာပါ။ ရွေ့နေသောအရာ၊ ပြောင်းနေသောအရာများကို ပြောတိုင်း ပြောင်းလဲခြင်းက အရေး ပါပါတယ်။ ပြောင်းလဲမှုကို ပြောတိုင်းမှာ အရေးကြီးဆုံးက ပြောင်းနှုန်းပါ။ ပြောင်းနှုန်းကို အတိအကျပြောတဲ့ သင်္ချာကတော့ differential equation ပါပဲ။ အထူးသဖြင့် လောကနိယာမအများစုကို second order partial differential equation နဲ့ ရေးရပါတယ်။ နယူတန်က ဒါကို သယ်ဆောင်ခဲ့ပါတယ်။ သူ့ ညီမျှခြင်း F = ma က တကယ်တော့ F = dp/dt ပါ။ အားဟာ အဟုန်ရဲ့ ပြောင်းနှုန်းပင်ဖြစ်သည်။ ရူပဗေဒမှာ formulation များစွာရှိပါတယ်။ ဥပမာအားဖြင့် နယူတန်ရဲ့ အထက် ပါနိယာမကို ရရှိစေတဲ့ ရှေ့နောက်ညီသောသင်္ချာအစုအဝေးကို formalism ဖွဲ့စည်းပုံလို့ခေါ်ပါတယ်။ အဲ formalism ကတစ်ခုမက ရှိပါတယ်။ ခု နယူတန်ရဲ့ နိယာမကိုရဖို့ formalism ဆို ၃ ခုထက်မနည်း ရှိပါတယ်။

နယူတန်ကိုယ်တိုင်ရဲ့နည်း Newton mechanic

လာဂရန့်နည်း lagrangian formalism

ဟာမီတန်ရဲ့နည်း Hamiltonian formalism

ပွာဆွန်နည်း (ဝါ) ပွာဆွန်ကွင်း Poisson bracket

ဆင်ပလက်တစ်မျက်နှာပြင် symplectic manifold

စသဖြင့် ရှိပါတယ်။ နောက်ရောက်လာလေ ပို general ကျလာလေပါ။ ဥပမာအားဖြင့် နယူတန်မက္ကင်းနစ်ဟာမှန်ပေမဲ့ two body problem (ဆိုလိုတာက အမှုန်၂ ခုပါ ပြဿနာကို) လောက်ထိပဲ လွယ်လွယ်ကူကူ ရှင်းနိုင်ပါတယ်။ ပိုများလာရင် ဒါမှမဟုတ် constraint ကန့်သက်ချက်ပါလာရင် ရှင်းရခက်ပါတယ်။ ဒါကို လှလှပပ ကျော်ဖြတ်ခဲ့သူက ပြင်သစ်လူမျိုး Lagrange ပါ။ action principle ကိုသုံးပြီးဖြေရှင်ခဲ့တဲ့ သူ့ formalism က စကားအားဖြင့်ပြောရရင် "သင်ဟာလောကနိယာမ ကိုလိုချင်ရင် အမှုန်တစ်ခုသွားတဲ့ လမ်းကြောင်းမှာ အနည်းဆုံး တန်ဖိုးဆောင် function ကိုရှာပါ။

အဲဖန်ရှင်(အများအားဖြင့်တော့ စွမ်းအင်ပါ)က မပြောင်းလဲခဲ့ရင်

အဲကနေ လောကနိယာမ (equation of motion) ကိုရပါလိမ့်မယ်"။ ဒါဟာ အံ့သြစရာကောင်းတဲ့ နည်းပါ။ ဒီနည်းကို Lagrangian method လို့ခေါ်ပါတယ်။ နယူတန်ပြီး နှစ်တစ်ရာကျော်မှတွေ့တာပါ။ လာဂရင့်နည်းက ဘက်မညီပါဘူး။ ပြီးတော့ second order differential ပါ။ အကြိမ်းပြောရင် ၂ ခါ ရှိတ်ရပါတယ်။ ခက်တယ်။ ဒါကို ဟာမီတန်က သူ့သင်္ချာစွမ်းရည်နဲ့ ဘက်ညီအောင် လုပ်ခဲ့ပါတယ်။ ဆိုလိုတာက ညီမျှခြင်း ၂ ကြောင်းပါပြီး ၂ ခုလုံးက ပုံစံတူလေးပါ။ ပြီးတော့ first order differential ပါ။ လွယ်ပါတယ်။ နောက်နည်းတွကတော့ စာနဲ့ရေးပြရတာ ခက်ပါတယ်။ ဒါတွေသိတော့ ဘာဖြစ်လဲ။ ဟုတ်ကဲ့ လောကမှာ အရာရာဟာပြောင်းပါတယ်။ လက်ရှိအခြေကိုသိရင် ပြောင်းလဲမှုရှာတဲ့ ဒီညီမျှခြင်း ထဲမှာ ထည့်တွက်ရင် အနာဂါတ်အခြေကို သိနိုင်ပါတယ်။ ဘက်ညီတဲ့အတွက် အတိတ်ကအခြေကိုလည်း တွက်နိုင်ပါတယ်။ဒီနည်းနဲ့ ဒုံးပျံပစ်တယ်၊ ဆက်သွယ်ရေးဂြိုဟ်တုလွှတ်တယ်၊ ရာသီဥတုမှန်းတယ်၊ အတိတ်ကို ပြန်တူးဖော်တယ်၊ အရာရာကိုထိန်းချုပ်ပါတယ်။ နောက်ဆုံး ကမ္ဘာကိုလွှမ်းမိုးတယ်။ မသိတော့ ဘာဖြစ်လည်း? ဟုတ်ကဲ့။ ပညာမတတ်တော့ နိုင်ငံချင်းယှဉ်ရင် အောက်ကျရတယ်၊ ပညာမတတ်သူ အုပ်ချုပ်တာခံရတယ်။ သူများတွေကို မစားရ ဝခမန်းကြည့် သရေကျရပါကြောင်း။ အောက်က ပထမပုံက Euler-Lagrange Equation ပါ။

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_n}\right) - \frac{\partial L}{\partial q_n} = 0$$

ဒုတိယက Hamiltonian Equation

$$\begin{aligned} \dot{Q}_i &= \frac{\partial \bar{H}}{\partial P_i} = 0 \\ \dot{P}_i &= -\frac{\partial \bar{H}}{\partial Q_i} = 0 \end{aligned}$$

အောက်ကလိအာ

စာပေအရေးသားဆိုတာလူမျိုးတိုင်းမှာရှိပါတယ်။ ဒါဟာ ကိုယ်ပိုင်ယဉ်ကျေးမှုကို ဖော်ဆောင်တာပါ။ မြတ်နိုးဖွယ်ရာ ဂုဏ်ယူဖွယ်ရာနဲ့ ထိန်းသိမ်းဖွယ်ရာပါ။ စာပေဟာ လူမျိုးတစ်မျိုးရဲ့ အဆင့်အတန်းနဲ့လည်းဆိုင်ပါတယ်။ အဲဒီလူမျိုး ဘယ်လောက် Evolve ဖြစ်ခဲ့ပြီ။ ဘယ်လောက်ပြောင်း လဲတိုးတက်ခဲ့ပြီဆိုတာကို အဲ့လူမျိုးရဲ့ စာပေနဲ့ဘာသာစကားထဲက ကြွယ်ဝများပြားတဲ့ စကားလုံးတွေ အယူအဆတွေကနေတိုင်းတာနိုင်ပါတယ်။ နောက်တစ်ခုက လူတွေရဲ့ အသိပညာတိုးတက်မှုဟာ သိပ္ပံကရတာပါ။ ဘာလို့လဲဆိုရင် သိပ္ပံမှာ လက်တွေ့ဆန်းစစ်မှုက ပါတယ် လက်တွေ့ကျတယ်အသုံးဝင်တယ် သိပ္ပံပညာရှင်တစ်ဦး Ernest Rutherford ကပြောဖူးတယ်။ သိပ္ပံမှာ ၂ မျိုးပဲရှိတယ်။ တစ်ခုက ရူပဗေဒ နောက်တခု stamp collection ။ ဆိုလိုတာက တံဆိပ်ခေါင်းစုဆောင်းသူလို သဘာဝမှာမတွေ့ဖူးသေးတဲ့ အရာတွေကို စုဆောင်းသိမ်းဆည်း နာမည်ပေး အမျိုးအစားခွဲရတာပါ။ ပြောချင်တာက သိပ္ပံနည်းကျဖို့ဆို ပထမအဆင့်ကပါတ်ဝန်းကျင်မှရှိသမျှသော အရာအားလုံးကိုရှာဖွေမှတ်တမ်းတင်ရတာပါပဲ။ ဒါမှလည်း တိကျမှာကိုး။ ခုမှမြင်ဖူးတဲ့အရာဝတ္ထုတစ်ခုကို မှတ်တမ်းတင်တိုင်းမှာ ခုမှသိလာတဲ့အယူအဆသစ်တစ်ခုကို မှတ်တမ်းတင်တိုင်းမှာ နာမည်သစ်ဟာလိုပါတယ်။ နာမည်အသစ်ပေးရတော့မယ်။ အဲဒီတော့ သိပ္ပံပညာမှာ ရှေ့ရောက်နေတဲ့လူမျိုးရဲ့ဘာသာစကားဟာ နောက်မှာကျန်နေခဲ့တဲ့ လူမျိုးရဲ့ဘာသာစကားထက် ပိုကြွယ်ဝပိုများနေတာမဆန်းပါဘူး။ ဥပမာ အင်္ဂလိပ် နဲ့ မြန်မာ ပေါ့။ အင်္ဂလိပ်က သိပ္ပံပညာမှာဖခင်ပဲ။ မြန်မာဆိုတာ အူဝဲအဆင့်တောင်မရှိဘူး။ ဒါကို အင်္ဂလိပ်စကားလုံးတိုင်း မြန်မာစကားလုံးပြန်ဖို့ ဆိုတာ လက်တွေ့မကျပါဘူး။ ဥပမာ relativity လိုဟာမျိုးကို နှိုင်းရလို့ပြန်ပေမဲ့သူ့အဓိပ္ပာယ်မပေါ်လှပါဘူး။

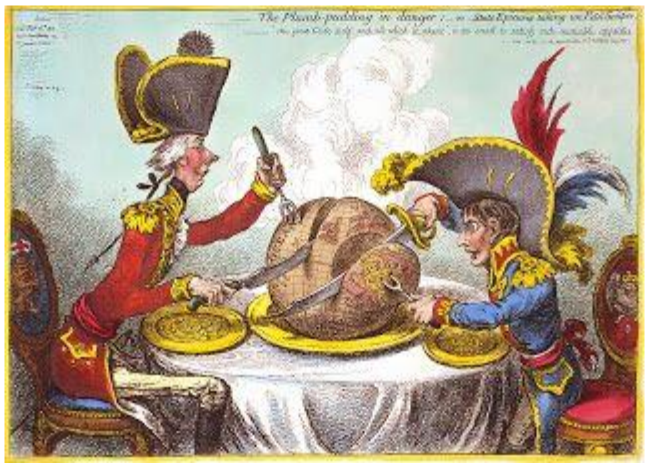
ဒါဟာကိုယ့်လူမျိုးရဲ့သိပ္ပံပညာမှာ နောက်ကျမှုအကျိုးဆက်ကို ဘာသာစကားမှာ ထင်ဟပ်နေမှုပါ။ အင်္ဂလိပ်စာသင်တယ်ဆိုတာ စကားပြန်လုပ်ဖို့ အင်္ဂလိပ်ကိုအထင်ကြီးလို့ထက် သူတို့အတွေးအခေါ်နဲ့ သူတို့သိခဲ့တဲ့ သဘာဝရဲ့အကြောင်းကို သူတို့ဆီကပြန်သင်ယူဖို့သင်ရတာပါ။

ဒီအကြောင်းကိုကိုယ့်လူမျိုးချင်း ပြန်ရှင်းပြတဲ့အခါ ဘာသာစကား ၂ ခု ရဲ့ size မတူတဲ့အတွက် တချို့ကိုညှပ်သုံးရတာရှိပါတယ်။ ဒါက ကျော်သွား ရှောင်သွားလို့ ရတဲ့အရာမဟုတ်ပါဘူး။ ဒါကို အောက်ကလိအာ လို့ ပြောချင်တဲ့သူတွေ၊ တံတွေးစင်တယ်လို့ နှာခေါင်းရှုံ့တဲ့လူတွေရဲ့တွေးခေါ်မှုကို အံ့သြမိပါတယ်။ ရှင်းရှင်းပြောရရင် သုတစာပေမှမဟုတ်ပါဘူး။ ရသစာပေမှာလည်း absolute translation ကမဖြစ်နိုင်ပါ။ နောက်ခံမတူ ယဉ်ကျေးမှုမတူတာကို ဘယ်လိုရှောင်ကွင်းနိုင်မှာလည်း။ ကြိုက်သည်ဖြစ်စေ၊ မကြိုက်သည်ဖြစ်စေ ကိုယ်တွေလည်းတိုးတက်ချင်ရင် ညှပ်သုံးသင့်သုံးရမှာပါ။ မဟုတ်တဲ့နေရာမှာ တလွဲမာနမထားပဲ သင်ယူသင့်တဲ့နေရာမှာသင်ယူရမှာပါ။ နိုင်ငံရေးလိုနေရာမှာလည်း ဒီအင်္ဂလိပ်ဆိုတဲ့ မောင်တွေပဲစသွားခဲ့တာပါ။ ဒီကောင်တွေကလည်းခက်တော့ခက်တယ်။ နေရာတကာ သူတို့ချည်း

ပဲ။ democracy ကို နောက်ဆုံးတော့ ဒီမိုကရေစီပဲ လုပ်ရတာမဟုတ်လား။ motorcar တောင် မော်တော်ကား လုပ်နေရတဲ့ဘဝမှာဘာတွေဘဝင်မြင့်ပြီး အောက်ကလိအာ အာကလိအောက် လို့ ပြောချင်ရတာလည်း မသိပါ။

Divide and Rule

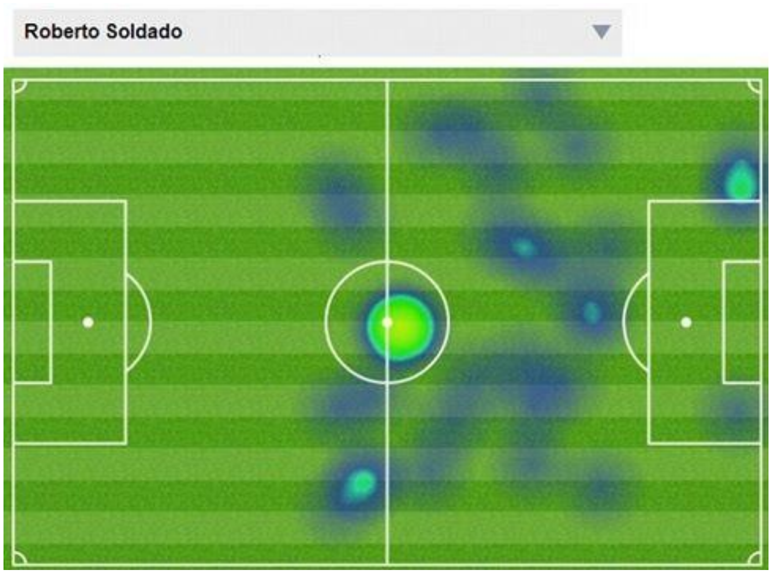
အင်္ဂလိပ်ကနေမဝင်အင်ပါယာကြီးကို ကမ္ဘာလုံးပေါ်မှာတည်ဆောက်တဲ့အခါ ၁ အချက် က Physics ပါ။ believe it or not ။ သူတို့ရဲ့ အမြော်ကြ်၊ သေနတ် နဲ့ ရေတပ်ရဲ့စွမ်းအားတွေက newton mechanic ကရတာ။ ပြီးတော့မှ ကိုလိုနီပြုပြီးတဲ့ နယ်မြေမှာ maintain လုပ်ဖို့က လူနည်းနည်းနဲ့ ဘယ်လိုလုပ်လဲဆိုတော့ divide and rule ပါ။ သွေးခွဲတယ်၊ အုပ်ချုပ်တယ်။ မြန်မာလိုတော့ အိမ်ကြက်ချင်း အိုးမဲသုပ် ခွပ်ခိုင်းတာပေါ့။



မြန်မာတစ်နိုင်ငံလုံးကို အုပ်ချုပ်တာ တပ်မ တစ်မပဲလိုခဲ့တယ်။ အဲဒီတပ်မကလည်း အိန္ဒိယမှာ အခြေစိုက်တာ။ ဆရာစံတော်လှန်ရေးဖြစ်တော့မှ ဗမာပြည်ကိုခေါ်တာ။ ဘယ်လောက် ပိုင်လိုက်သလဲ။ လွတ်လပ်ရေးရတော့ မြန်မာ့တပ်မတော်က အဲဒီ divide and rule ကိုရလိုက်တယ်။ newton mechanic ကိုတော့နားမလည်လို့ ပြန်ပေးလိုက်တယ်။ အိန္ဒိယက Newton mechanic ကိုသင်တယ်။ divide and rule ကိုပယ်တယ်။ ရလာဒ်က တိုးတက်မှုခြင်းမတူဘူး။ ခုအိန္ဒိယက အင်္ဂါဂြိုဟ်ကို ဟောလီဝုဒ်ရုပ်ရှင်ဇာတ်ကားထက်သက်သာတဲ့ဈေးနဲ့ ဂြိုဟ်တုလွှတ်ခဲ့ပြီ။ မြန်မာကကော။ မြန်မာကတော့ newton mechanic ဆိုတာစားလို့ရလားတဲ့။ မေးနေပြီ။ rule and divide ကြီးကကော။ ကွဲချက်က သံဃာကို မဘသ နဲ့ ခွဲတယ်။ ကျောင်းသားကို ဆယ်တန်းကျောင်းသား နဲ့ခွဲတယ်။ ဝန်ထမ်းကို နေပြည်တော်နဲ့ခွဲတယ်။ စစ်သားကိုပြည်သူနဲ့ခွဲတယ်။ ဆန္ဒပြတာကို တန်ပြန်ဆန္ဒပြတာနဲ့ခွဲတယ်။ သူငယ်ချင်း အချင်းချင်းတောင် တစ်လုံးကနေ ၂ လုံး ပိုပြောမိရင်ကွဲကုန်ရော။ တောင်တန်းက ပြည်မနဲ့ကွဲတယ်။ ကောင်းပါပေ့ အိုးမဲရယ်။

Heat map

ဘောလုံးပွဲ ကြိုက်တဲ့သူတွေအနေနဲ့ ကစားသမားတွေရဲ့အကြောင်းပြောလာရင် Heat map ဆိုတာ ပါလာတတ်တာ သတိထားမိမှာပါ။ heat map က တကယ်တော့ statistical data တွေကို pie chart ဒါမှမဟုတ် bar chart လိုနေရာမျိုးမှာအရောင်တွေနဲ့ပြထားတဲ့ ဇယားတစ်မျိုးပါပဲ။ သူက ဘောလုံးသမား တစ်ယောက်ရဲ့ကွင်းအတွင်းနေရာယူမှု၊ ပြေးလွှားလှုပ်ရှားမှုနဲ့ ဘောလုံးကို ထိန်းချုပ်နိုင်မှု စတဲ့ အချက်အလက်တွေကို ပြသပေးနိုင်ပါတယ်။ frequency of events များလေ အရောင်က အနီရောင်ဘက်သန်းလာလေလေပါ။ ကွင်းရဲ့ဘယ်နေရာမှာ ကစားသမားကဘယ်လောက် အကျိုးပြုတယ်ဆိုတာကို Heat map ကြည့်ပြီး သိနိုင်ပါတယ်။



ဥပမာအနေနဲ့ မန်စီးတီး နဲ့စပါးပွဲက ရော်ဘက်တိုဆိုဒါဒိုရဲ့ ပွဲအပြီး heat map ကို ပထမပုံအနေနဲ့ တင်ပေးလိုက်ပါတယ်။ အဲပွဲမှာ စပါးက ၆-၀ နဲ့ရှုံးပြီး ကွင်းလည်တည့်တည့်မှာသူ့ Heat map ကအရောင် တောက်ဆုံးပါ။ ဂိုးသွင်းပြီးဘောလုံး ပြန်စတိုင်းသူရှိနေလို့ပါ။ ကျန်တဲ့နေရာကအပြာရောင် တွေကတော့ ဘောသိပ်မထိတဲ့နေရာတွေကို ပြတာပါ။ ဆိုဒါဒို အတွက် ပွဲကောင်းတစ်ပွဲမဟုတ်ခဲ့ပါဘူး။ နောက်တစ်ပွဲကတော့ အာဆင်နယ် ဆန်းဒါးလမ်းပွဲက အိုဇေးရဲ့ heat map ပါ။ playmaker တစ်ယောက်အနေနဲ့ ပြိုင်ဘက် ၃ ပုံ ၁ ပုံမှာ အစိမ်းရောင် အကွက်များကို ဖန်တီးပေးနိုင်ခဲ့ပါတယ်။ ဘောလုံးပိုင်ဆိုင်မှု များတာကိုပြတာပါ။ ထောင့်ကန်ဘောပင်တိုင်ကန်တဲ့အတွက် အနီရောင်အစက်ကိုလည်း တွေ့ရမှာပါ။ သူ့အတွက်တော့ ပွဲကောင်းတစ်ပွဲပေါ့။

heat map ကိုဘောပွဲဝါသနာအိုးတွေအတွက် ဗဟုသုတ အဖြစ်ရေးပေမဲ့ သူ့ကို နေရာအတော်များများမှာသုံးပါတယ်။ game တွေ migration pattern တွေ၊ web analysis တွေစသဖြင့်ပါ။ နောက်ဆုံးအနေနဲ့ ပါပူးပရိတ်သတ်တွေ Instagram မှာတင်ထားတဲ့ ဘာလိုတယ်လီရဲ့ Heat map လေးနဲ့ အဆုံးသတ်လိုက်ပါတယ်။

Surface tension

အရည်လိုအရာမျိုးမှာ မျက်နှာပြင်ရှိပါတယ်။ မျက်နှာပြင်ရှိတိုင်းမှာ မျက်နှာပြင်တင်းအား surface tension ရှိပါတယ် surface tension ဆိုတာ အရည်တစ်ခုရဲ့မျက်နှာပြင်မှာရှိတဲ့ elastic force ဝါ ရုန်းကန်အားကိုပြောတာပါ။ ကျွန်တော်တို့ သစ်ရွက်ကလေးတွေရဲ့မျက်နှာပြင်ပေါ်မှာ ဥနေတဲ့ ရေစက်ကလေးတွေကိုမြင်ဖူးကြမှာပါ။ ရေဘုံဘိုင်ခေါင်းက တတောက်တောက်ကျဆင်းနေတဲ့ ရေ၊ ရေလုံးရေစက်လေးတွေ၊ ရေပေါ်မှာသွားလာနေတဲ့ ရေပိုးကောင်တွေရဲ့ကိုယ်ဖော့ပညာ၊ ပြဒါးများကို မျက်နှာပြင်ပေါ် တင်လိုက်ရင်လုံးသွားတာတွေ ဆပ်ပြာပူဖောင်းတွေရဲ့ ပေါ်ပေါက်လာပုံ ဒါတွေအားလုံးရဲ့နောက်မှာ မျက်နှာပြင်တင်းအားကလက်သည်ပါ။ မော်လီကျူးတစ်ခုနဲ့တစ်ခုကြားမှာ electrostatic force ခေါ်တဲ့ ဆွဲအားရှိပါတယ်။ အဲဒီဆွဲအားဟာ မျိုးတူတဲ့မော်လီကျူးချင်းကြားမှာရှိတဲ့ အားနဲ့မျိုးမတူတဲ့ မော်လီကျူးကြားက အားဟာ မတူပါဘူး။ မျိုးတူကြားက အားကို cohesive force လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဥပမာ ရေ ရေခြင်းဆွဲတာမျိုးပါ။ မျိုးမတူကြားကဆွဲတဲ့ အားကို adhesive forceလို့ခေါ်ပါတယ် ဥပမာ သံမျက်နှာပြင်ပေါ်မှာ သံမော်လီကျူးတွေနဲ့ ရေစက်တွေ တွယ်ကပ်နေမှုမျိုးပါ။ ဒီမှာ မျက်နှာပြင်တင်းအားဟာ cohesive force ကြောင့်ဖြစ်တာပါ။ ရေကိုစဉ်းစားကြည့်ပါ။ ရေရဲ့အထဲမှာရှိတဲ့ ရေမော်လီကျူးတစ်ခုကို သူ့ဝန်းကျင်က ကျန်တဲ့မော်လီကျူးတွေကဝိုင်းဆွဲကြတယ်သူ့ပေါ်သက်ရောက်တဲ့အားက net force သုညပါ။ မျက်နှာပြင်မှာတော့ အပေါ်ကရေမရှိတဲ့အတွက်မဆွဲပါဘူး။ အောက်ကဝိုင်းဆွဲတဲ့အတွက် အောက်ကိုဆင်းပြီး ဘေးကလည်းဆွဲတဲ့အတွက် ဘေးတိုက်မော်လီကျူးအချင်းချင်း ကပ်သွားကြပါတယ်။ ဒီမှာ net force ကဘေးတိုက်ပိုများပြီးပါးလွှာတဲ့ မျက်နှာပြင် thin film တခုဖြစ်ပေါ်လာပါတယ်။ ဒါကို surface tension လို့ခေါ်တာပါ။

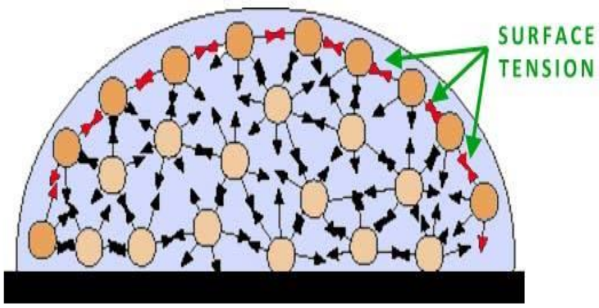
ဆက်လက်ဖော်ပြပါမည်။

Surface tension 2

မျက်နှာပြင်တင်းအားကို အားးသက်ရောက်တဲ့အကွာအဝေးပေါ်မှာရှိတဲ့အားအဖြစ်သတ်မှတ်ပါတယ်။

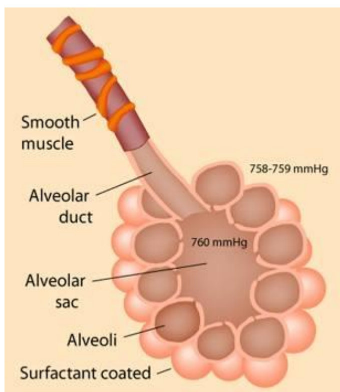
$$T = F / d$$

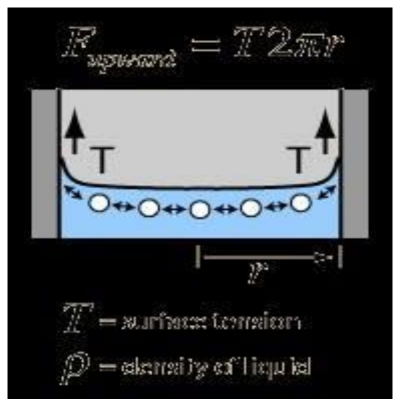
T က surface tension F က force d က အကွာအဝေးပေါ့။



20° C မှာရှိတဲ့ ရေ ရဲ့ မျက်နှာပြင်တင်းအားက 72.8 dynes/cm ပါ။ ethyl alcohol အတွက် 22.3 ပြဒါးအတွက် 465 ပါ။ ဒါကြောင့်မို့ ပြဒါးတွေ သာမိုမီတာကျိုးပြီးထွက်လာရင် လုံးလုံးကလေး တွေ့နေရတာပါ။ Surface tension ဟာ မျက်နှာပြင်တစ်လျှောက် မော်လီကျူးတွေကို အချင်းချင်းဆွဲကပ်ပြီး အတွင်းကို ကျုံ့ဝင်တဲ့အခါ minimal surface area ကို ဖြစ်ပေါ်စေပါတယ်။ အများဆုံး ထုထည်ကို အနည်းဆုံး မျက်နှာပြင်နဲ့ဖုံးအုပ်ထားတဲ့အရာက စက်လုံးပါ။ ဒါကြောင့် မျက်နှာပြင်တင်းအားဟာအရည်ကို လုံးဝန်းစေပါတယ်။ စက်လုံးတိတိကျကျမဖြစ်တာက gravity ကြောင့်ပါ။ ဘုံဘိုင်ခေါင်းက ပြုတ်ကျလာတဲ့ ရေစက်ဟာ စစကျခြင်းရှည်တွဲတွဲပါ။ ကျလာရင်းလမ်းခုလတ်မှာ surface tension ကြောင့် ပြတ်ထွက်ပြီးလုံးဝိုင်းသွားပါတယ်။ surface tension ဟာ အပူချိန်များလေလေ နည်းလေလေပါ။ ဒါကြောင့် အဝတ်လျှော်ရင်ရေပူနဲ့လျှော်တဲ့အခါ ပိုစိုစွတ်ပြီး ပိုသန့်စင်ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ ဆပ်ပြာလို အရာမျိုးကလည်း surface tension ကိုချပေးလို့ရေအေးနဲ့လျှော်ကြတာပါ။ နောက်တစ်ခုကတော့ capillary action ပါ။ ဆံခြည်မျှင်သွေးကြော capillary မှာသွေးတွေရဲ့စီးဆင်းမှုဟာ cohesive force ကြောင့်ဖြစ်တဲ့ surface tension နဲ့ adhesive force နှစ်ခုရှိပါတယ်။ဒီမှာတော့ capillary နံရံနဲ့ သွေးကြားမှာဖြစ်တဲ့ ဆွဲအား ဒီ ၂ ခုကြောင့်ပါ။ adhesive force ကနံရံတစ်လျှောက်တွယ်တက်ပြီး သူနဲ့အတူရေမျက်နှာပြင်ကို surface tension အားဖြင့်တွဲခေါ်သွားတာပါ။ နောက်ရေပေါ်မှာသွားလာနိုင်တဲ့ ရေပိုးကောင်လေးတွေဟာလဲ st ကိုသုံးတာပါပဲ။ သူတို့ကရေထက်ပိုသိပ်သည်းပေမဲ့ st ကြောင့် ဖြစ်နေတဲ့ film ပေါ်မှာ ရေပြင်ရဲ့ elasticity ကိုသုံးပြီး နင်းလျှောက်သွားတာပါ။ elasticity ဆိုတာ ပုံပျက်သွားတာကို ပြန်တည့်ပေးတဲ့အားပါ။ ဒီမှာတော့ ရေပြင်ကိုနင်းချလိုက်ရင် ရေပြင်က ပြန်ကန်ထုတ်ပေးပါတယ်။

နောက်ဆုံးအနေနဲ့အသက်ရှူတဲ့အခါအဆုတ်ထဲက လေအိတ်ကလေးတွေပါ။ အသက်ရှူသွင်းခြင်းက ပိုအားစိုက်ရပါတယ်။ ရှူထုတ်တဲ့အခါ အားစိုက်စရာမလိုတာက surface tension က လေအိတ်တွေကို ညှစ်ချပေးလို့ပါ။



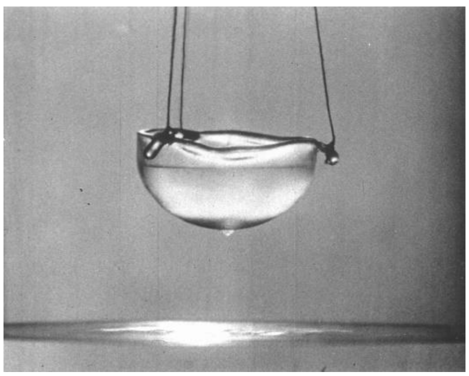


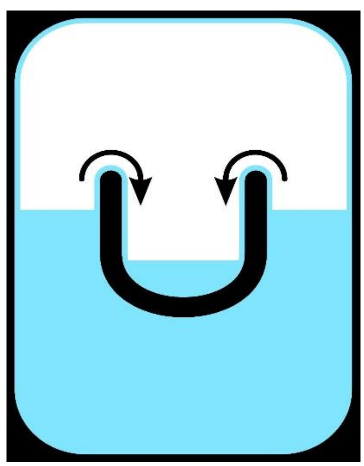
ရှူသွင်းတဲ့အခါအားပိုလိုတာကလည်း ဒီ st ကပဲတားနေလို့ပါ။ ဒါကိုသဘာဝက surfactant ခေါ်တဲ့ st ကိုလျှော့ချတဲ့ပစ္စည်းများလေအိတ်မျက်နှာပြင်တစ်လျှောက်မှာရှိစေခြင်းဖြင့်ကူညီပါတယ်။ လေအိတ်ဖောင်းလာတဲ့အခါ သူ့ပမာဏက မျက်နှာပြင်ပေါ်မှာနည်းသွားပြီး ရှူထုတ်ရလွယ်ကူစေပါတယ်။ သဘာဝမှာရှိတဲ့ပုံသဏ္ဌာန်နဲ့ဖြစ်စဉ်တွေကို အားများက ပုံဖော်နေခြင်းဖြစ်ပါကြောင်း တင်ပြလိုက်ရပါတယ်။

The End

Superfluid

စူပါမင်းဆိုတာ လူသာမာန်မစွမ်းနိုင်တာကို လုပ်ပြနိုင်တဲ့လူသားကိုခေါ်တာပါ။ ခုလဲအရည်တကာ မစွမ်းဆောင်နိုင်တဲ့အရာကို စွမ်းဆောင်ပြတဲ့အရည်တစ်မျိုးကို Superfluid လို့ခေါ်ပါတယ်။ superfluidity ဆိုတာ helium 4ကို -452 ° ဖာရင်ဟိုက်မှာထားခဲ့ရင် တွေ့ရတဲ့ဖြစ်စဉ်ပါ။helium 4ဟာအဲဒီလောက်အေးတဲ့ အခြေမှာတောင်ခဲမသွားပဲအရေအဖြစ်တည်ရှိပါတယ် သူ့ကိုခွက်တခုထဲ ထည့်ထား မယ်ဆိုရင် ဖုံးထားဖို့လိုအပ်ပါတယ် ဘာလို့လဲဆိုတော့ superfluid ကနံရံကိုကပ်တွယ်တက်ပြီးအပြင်ဘက်ကို တစိမ့်စိမ့်စီးထွက်နိုင်လို့ပါသူက ကမ္ဘာ့ဆွဲအားကိုလည်း ဂရုမစိုက်ပါဘူးSurface tension ခေါ်တဲ့အရည်တွေရဲ့မျက်နှာပြင်တင်းအား ကိုလည်းဆန့်ကျင်ပြီး သွားနိုင်ပါတယ် ဒီလိုအခြေမှာ superfluid ဟာ frictionless ပါပွတ်တိုက်အားမရှိတော့ပါဘူး





zero viscosity ပါစေးပြစ်မှုကလည်းသုညပါ လက်ဖက်ရည်ခွက်ထဲကို ဇွန်းတချောင်းနဲ့မွှေပြီး ဇွန်းကို ဖယ်လိုက်ပါ ခဏလောက်စောင့်လိုက်ရင်လည်နေတဲ့အရည်ဟာရပ်သွားပါလိမ့်မယ် superfluid ကို ဇွန်းနဲ့မွှေပြီးရပ်လိုက်ပါ သင်နောက် နှစ်ပေါင်းသန်းထောင်ချီမှ ပြန်လာကြည့်ရင်လည်း သူကဆက်လည်နေမှာပါsuperfluid helium 4 ဟာ boson ခေါ်တဲ့အခြေအနေမှာရှိပါတယ် ဒီ အခြေအနေမှာhelium 4 atom ပေါင်းများစွာဟာ တလုံးပေါ်တလုံးထပ်ပြီးတနေရာတည်းမှာနေကြ ပါတယ် ဒါကြောင့်atom တလုံးနဲ့တလုံးတွန်းတိုက်မိခြင်းမရှိပဲ frictionlessဖြစ်ပါတယ်

သဘာဝမှာသက်မဲ့ဖြစ်ပေမဲ့လျှောက်သွားနေနိုင်ခြင်းကQuantum mechanic ရဲ့ effect တခုဖြစ်ကြောင်းတင်ပြလိုက်ပါတယ်

Phase transition and symmetry breaking

ရုရှား ရူပဗေဒ ပညာရှင် လဗ် လန်ဒူး ဟာ ရုရှ ရဲ့ အကျော်ကြားဆုံး ရူပဗေဒ ပညာရှင်ပေါ့။ သူ့ရဲ့ superfluid liquid helium II အကြောင်း တွေ့ရှိမှုဟာ ၁၉၆၂ နိုဗဲလ် ဆုကိုရရှိစေခဲ့ပါတယ်။ ဟီလီယံ အရေဟာ ဒြပ်ဆွဲအားကို ဆန့်ကျင်ပြီး ထည့်ထားတဲ့ ခွက်ရဲ့ နံရံ တွေကို တွားတက်နိုင်စွမ်းရှိပါတယ်။ ဒါကို ရှင်းပြနိုင်တဲ့ သူ့ သီဝရီဟာ စူပါလျှပ်ကူးဖြစ်စဉ်ကို လည်း ရှင်းနိုင်ခဲ့ပါတယ် ။

သူ့ ညီမျှခြင်းဟာ ဘယ်လောက် ယေဘူယျ ကျလည်းဆိုရင် နောက်တချိန်မှာ Higg mechanism ခေါ်တဲ့ ဖြစ်စဉ်ကို ပီတာ ဟစ်က အခြေခံ အမှုန်တွေအကြောင်း ရှင်းပြတဲ့ အခါ ယူသုံးခဲ့ရပါတယ်။ ပြောရရင် စကြာဝဠာဟာ အစ မှာ ဘယ် အမှုန် မှာမှ ဒြပ်ထု မရှိပါဘူး။ အမှုန်တိုင်းဟာ ဒြပ်ထု မရှိလို့အလင်းအလျင် နဲ့ သွားလာ နိုင်ကြပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ စကြာဝဠာ ပြန့်ကား လာတဲ့ အခါ စွမ်းအင် သိပ်သည်းဆ density လဲ ကျလာပါတယ် ။ ဘာလို့ဆိုတော့ စွမ်းအင်သိပ်သည်းဆ ဆိုတာ စွမ်းအင် ကို ထုထည်နဲ့ စားလို့ ရတဲ့ ဂဏန်းပါ။ စကြာဝဠာရဲ့ စွမ်းအင်က တည်မြဲလို့ မပြောင်းလဲ ပေမဲ့ ထုထည်ကတော့ ပြန့်ကားနေလို့ ကြီးလာ ပါတယ်။ ဒီအခါ ငယ်တဲ့ ဂဏန်းကို ကြီးတဲ့ ဂဏန်း နဲ့စားရင်ရလာဒ်က ငယ်ါတယ်။ ဒါကြောင့် စွမ်းအင် သိပ်သည်းဆက ကျလာပြီး အဓိပ္ပါယ်က စကြာဝဠာရဲ့ အပူချိန် ဟာ ကျလာတာပါပဲ။

ဘာလို့ဆိုတော့ အပူချိန် ဆိုတာ စကြာဝဠာထဲက အမှုန် အားလုံးရဲ့ အကြမ်းဖျဉ်း အရွေ့စွမ်းအင် ဖြစ်လို့ပါပဲ။ average kinetic energy ပေါ့။ ဒါက energy density ပေါ်မူတည်ပါတယ်။

အပူချိန်ကျရင် စနစ်ဟာ အခြေပြောင်းပါတယ်။ အပူချိန် ပြောင်းရင် ရေ က ခဲသွားသလိုမျိုးပေါ့။ စကြာဝဠာရဲ့ အပူချိန်ကျဆင်းမှုကြောင့် အခြေပြောင်းမှုကတော့ ခဲသွားတာ မဟုတ်ပါဘူး။အမှုန်တွေ ဒြပ်ထုရသွားတာပါ။ ဥပမာ အီလက်ထရွန်၊ကွက်နဲ့ W± ,Z boson တွေ ဒြပ်ထုရလာပါတယ် ။ ဒါကြောင့် နှေးလာပြီး ရလာဒ် အနေနဲ့ ဝေးဝေး မပြေးနိုင်တော့လို့ လျှပ်စစ်သံလိုက် ဆွဲငင်အားအောက်မှာ ရုပ်အနေနဲ့ ဖွဲ့တည် ပါတယ်။ ပြောရရင် ခဲ ခြင်းတမျိုးပေါ့။ W± နဲ့ Z boson ကတော့ အားသယ် မှုန်တွေဖြစ်ပြီး တိတိကျကျ ပြောရရင် အားပျော့ သယ်တဲ့အမှုန်ပါ။ စစခြင်းဖြစ်တဲ့ အက်တမ်တွေက ဟိုက်ဒြိုဂျင်နဲ့ ဟီလီယမ်ပါ။ အမှန်တော့ လျှပ်စစ် သံလိုက်အားလောက်နဲ့တော့ စကြာဝဠာဟာ ကြယ်က လွဲရင် ဂြိုဟ် နဲ့ သက်ရှိ မဖြစ်နိုင်ပါဘူး။ အားပျော့မှုန် W± နဲ့ Z အမှုန်တွေ ဒြပ်ထုရခြင်းက ရုပ်တွေကို ယိုယွင်းစေပြီး ပိုကြီးတဲ့ ဒြပ်စဉ်တွေကို ဖြစ်စေပါတယ်။ ကာဗွန်လိုဟာ မျိုးပေါ့။ ရလာဒ်က သက်ရှိဖြစ်ပေါ်လာနိုင်တာပါပဲ။

ခုပြောတဲ့ ဖြစ်စဉ်တွေ ဖြစ်လာနိုင်တာ အခြေ ပြောင်းခြင်းကြောင့်ပါ။ စကြာဝဠာဟာလည်း အပူချိန် ပေါ်မူတည်ပီး အခြေ ပြောင်းပါတယ်။ အခြေတခု ပြောင်းတိုင်း symmetry ဟာ တဆင့် လျော့ သွားပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ order တော့ တိုးလာပါတယ်။ ဥပမာ ရေဟာ အရေ ဘဝမှာ continous translational symmetry ကို လိုက်နာပါတယ်။ အဓိပ္ပါယ်က ရေ ထဲ မှာ သင်ဟာ ရေမော်လီကျူးလောက်သေးမယ်ဆိုပါစို့။ သင့်ပါတ်ဝန်းကျင်ဟာ ဘယ်ကိုကြည့်ကြည့်အတူတူပါပဲ။ နေရာ ရွှေ့ပြီးကြည့်လည်း အတူတူပါ။ ဒါပေမဲ့ အပူချိန်ကျလို ့ရေခဲ ဖြစ်သွားချိန်မှာ မော်လီကျူးတွေကြားထဲ နေရာရွှေ့ပြီးကြည့်ရင် lattice spacing တွေကလွဲရင် ကျန်တဲ့ နေရာတွေမှာ ပတ်ဝန်းကျင်ဟာ မတူတော့ ပါဘူး။ molecule ရဲ့ lattice spacing အကွာအဝေးမှာတော့ တူနိုင်ပါတယ်။ ဒါက discrete translational symmetry ပါ။

discrete translational symmetry ဟာ continuous transitional symmetry group ရဲ့ subgroup ပါ။ အဓိပ္ပါယ်က အပူချိန်ကျတဲ့ အခါ စနစ်ဟာ symmetry group ကနေ သူ့ subgroup ကို ရာထူးတဆင့်ကျသွားပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ အပြန်အလှန်အားဖြင့် နဂိုက မရှိတဲ့ စနစ်ကျမှု တခု ဖြစ်ထွန်း ပေါ်ပေါက်လာပါတယ်။ ဥပမာ ရေ မော်လီကျူးတွေဟာ ပရမ်းပတာ လျှောက်သွားနေကြတာပါ။ အစီအစဉ် (order) မရှိပါဘူး။ ရေခဲ ဖြစ်ရင်တော့ အစီအစဉ်တခု ရှိလာပါတယ်။အောက်မှာ ၂ပုံပြထားပါတယ်။ ဒါကြောင့် အင်ထရိုပီဟာ နည်းလာပြီး order တခု ဖြစ်လာပေမဲ့ symmetry တော့ တဆင့်ကျသွား ပါတယ်။


အစီအစဉ် ကို order လို့ ဒီမှာသုံးပြီး ဒါကို ကိုယ်စားပြုတဲ့ parameter ကို order parameter ခေါ်ပါတယ်။ ဒီမှာတော့ M လို့ ကိုယ်စားပြုမယ်။ M ဒါမှမဟုတ် ပေါ်ထွက်လာမဲ့ order parameter ဟာ စနစ်တခုနဲ့ တခု မတူပါဘူး ။ ဥပမာ ရေ မှာ ခဲခြင်းက order ဖြစ်ပေမဲ့ liquid helium မှာ နံရံကို တွားတက်နိုင်စွမ်း က order parameter ပါ။ စကြာဝဠာ မှာ mass က order parameter ဖြစ်ပြီး စူပါလျှပ်ကူး ဖြစ်စဉ်မှာ resistance zero ဖြစ်ခြင်းက order ပါ။ သံလိုက်မှာဆိုရင်တော့ Curie temperature အောက်မှာ သံလိုက်ဓါတ်ပေါ်လာတာပါ။

ဒါက လန်ဒူး သီဝရီ ရဲ့ အနှစ်ချုပ်ပါ။ အပူချိန် ပြောင်းရင် အခြေ ပြောင်းပြီး အခြေပြောင်းရင် symmetry တဆင့်နိမ့်မယ်။ order တမျိုးမျိုး ပေါ်လာမယ်။

ဒါကို သင်္ချာ အရ ရေးရင် စွမ်းအင်ကို order parameter M နဲ့ power series မှာ ဖြန့်တာပါ။

$E= M + M^2+M^3+M^4+\ldots$

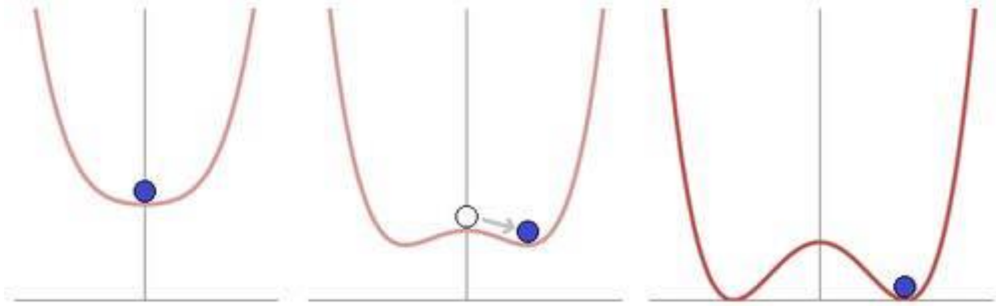
ဒါပေမဲ့ စနစ်ဟာ ဘယ်/ညာ symmetry (parity) အောက်မှာ တည်မြဲလို့ မ, ပါဝါတွေကို ဖယ်ပါတယ်။ ဥပမာ M နေရာ မှာ -M ကို အစားထိုးပြီး မ,ပါဝါ M^3 လိုဟာမျိုးတွက်ကြည့်ရင် လက္ခဏာ မတူပါဘူး။စုံ,ပါဝါတွေက မပြောင်းဘူး။ ဒါ့အပြင် 4th power ထက်ပိုတဲ့ ကိန်းတွေက တန်ဖိုးသေးလို့ ဖယ်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် ညီမျှခြင်းက

$E= M^2+M^4$

ပါ။ E က စနစ်ရဲ့ စွမ်းအင်ပေါ့ ။ ခုညီမျှခြင်းကို ဂရပ်ဆွဲရင် အပူချိန် ပြောင်းလဲ မှုအောက်မှာ ဂရပ်ဟာ

parabola မျဉ်းကွေးကနေ w ပုံ မျဉ်းကွေးကို ပြောင်းပါတယ်။ အောက်မှာ ပုံရှိပါတယ်။ အဲ့ မျဉ်းကွေးတွေ ဘာပြောလဲ ဆိုရင် အထက်က ပြောခဲ့တဲ့ အပူချိန်ပြောင်းရင် symmetry တဆင့်ကျပြီး order တခု ဖြစ်လာတယ်ဆိုတာကို ပြောတာပါ။ ဒါပါပဲ။ M=0 မှာ order မရှိဘူးပေါ့။ M= some value မှာ order က

value တခုခု ရှိတယ်ပေါ့။ အဲ့ order= some value ရှိတဲ့ point ကို ကြည့်လိုက်ရင် E (Energy/စွမ်းအင်) ဟာ အနိမ့်ဆုံး ဆိုတာတွေ့ရပါမယ်။ အဲ့ဒါက vacuum ဗလာနယ်ပါပဲ။



စနစ်ရဲ့ ဗလာနယ်ဟာ စနစ် လိုက်နာတဲ့ symmetry ထက် တဆင့်နိမ်တဲ့ symmetry ကို လိုက်နာပြီးသူ့မှာ order အသစ်တခု ဖြစ်ထွန်းပါတယ်။ ဗလာ နယ်ကို စွမ်းအင်ပေးရင်တော့ အဲ့ W ပုံ မျဉ်းကွေးအတိုင်း စကိတ်စီးသလို တုန်ခါနေမှာပါ။ Wပုံ မျဉ်းကွေးမှာ အနိမ့်ဆုံး vacuum က ၂ခု ရှိလို့ စနစ်ဟာ တခုခု ကို ရွေးချယ်ရပါမယ်။ ဒါက symmetry တဆင့်နိမ့်ခြင်းပါပဲ။

ဒါကတော့ လန်ဒူးရဲ့ သီဝရီပါ။ စတာလင်က အာဏာရှင်ပီပီ လန်ဒူးကို ဆိုက်ဗေးရီးယား ပို့ခဲ့ပေမဲ့ သူ့မိတ်ဆွေ သိပ္ပံပညာရှင်က လန်ဒူးက လွှဲ ရင် ဘယ်သူမှ ဟီလီယမ် ပြဿနာကို မဖြေရှင်းနိုင်ဘူးလို့ အာမခံခဲ့ လို့ ထောင်ထဲက ပြန်လွှတ်ပေးခဲ့ရပါတယ်။

အဲ့နောက်တော့ ခု သီဝရီ ကို တွေ့ခဲ့ ပြီး ဒါဟာ ရုပ်တွေ ရဲ့ အခြေပြောင်းခြင်းကိုရှင်းပြနိုင်ခဲ့ပါတယ်။

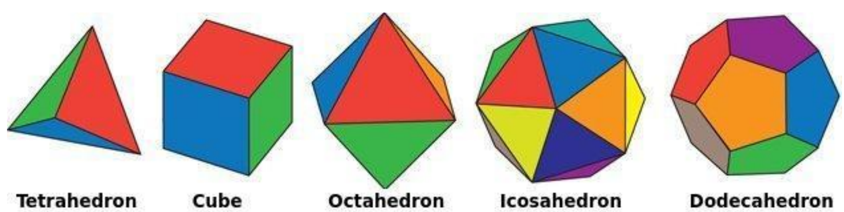
အရင်ပို့စ်က ရေရဲ့ critical point မှာ ရေဟာ critical opalescence ဖြစ်ပြီး အရည်နဲ့ အငွေ့ အတူတူ ဖြစ်တည်တာဟာလဲ ခုပြောခဲ့တဲ့ ဖြစ်စဉ်ကြောင့်ပါပဲ။ နဂိုက မရှိတဲ့ critical opalescence ဟာ order parameter ပါပဲ။ ဒီအမှတ်မှာ စနစ်ဟာ fix point ဒါမှ မဟုတ် fix surface ပေါ်မှာ တည်မြဲနေပါတယ်။ Chaos သီဝရီ သိသူတွေအနေနဲ့ ကတော့ attractor surface/ point ဆိုတာ ဒါပါပဲ။

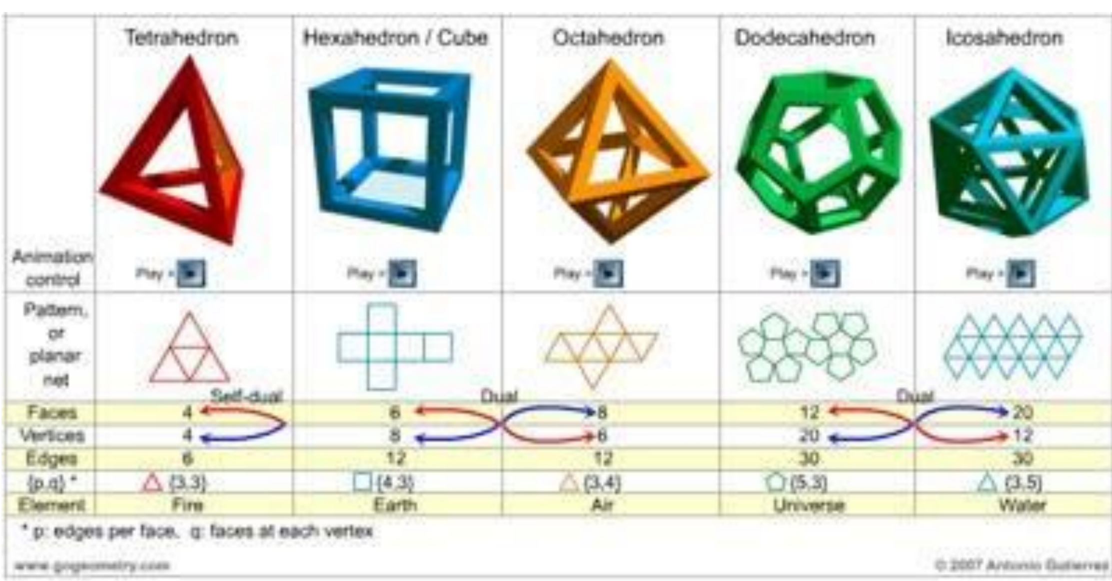
အိုကေ နောက်ပို့စ်မှာတော့ ရုပ်တခု အခြေ ပြောင်းတဲ့ အခါ သာမန် point တွေက နေ attractor point / fix point တွေကို ချည်းကပ်တဲ့ ဖြစ်စဉ်ဟာ ရုပ်ဖြစ်စဉ်တင်မက သီဝရီ ဖြစ်စဉ်မှာလည်း အသုံးချ လို့ရကြောင်း ကို renormalization group theory နဲ့ တင်ပြပေးပါမယ်။

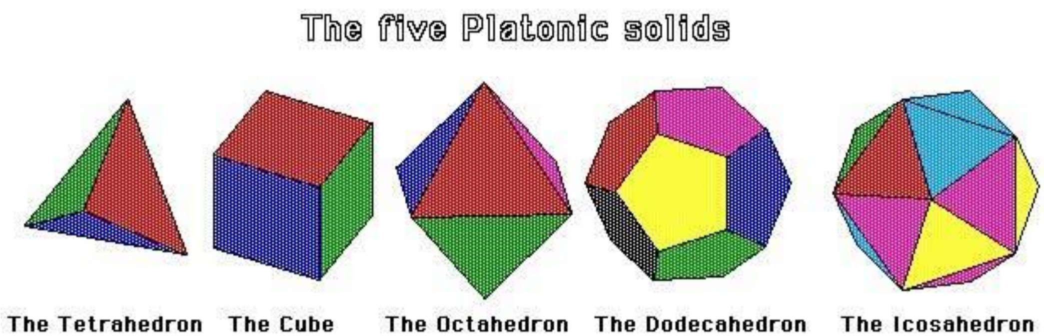
ပိုင်သွန်

Platonic solid

Plato ကတော့ BC ၆၀၀ စုမှာပေါ်ခဲ့တဲ့ဂရိပညာကျော်ပါ။ Academy ဆိုတဲ့ဝေါဟာရနဲ့ မျက်မှောက်ခေါတ်တက္ကသိုလ်များရဲ့အစဦးပညာရပ်ဝန်းကိုဖန်တီးခဲ့သူပါ။ အထက်ရှုပ်ပြီး အောက်ခြေရှင်းနေတဲ့ ညီညီညာညာသစ်ပင်အုပ်ကလေးများရှိရာ ကျောင်းဝန်းလေးကို ပညာကိုဆည်းပူးဖို့၊ ကြံဆဖို့၊ ဆွေးနွေးဖို့ လိုအပ်ပြီးတကယ်လည်းထူထောင်ခဲ့သူပါ။ သူ့ကျောင်းအဝင်ဝက မှတ်သားဖွယ် ဆောင်ပုဒ်ကတော့သင်္ချာမတတ်မဝင်ရတဲ့။ဘာကြောင့်သင်္ချာကိုရွေးခဲ့တာလဲ။ သင်္ချာဟာ ဘာသာစကားတွေထဲမှာ အစွဲကင်းရာ ဓမ္မဓိဋ္ဌာန်ကျသော စကားဖြစ်လို့ပါ။ ပြောသူရဲ့နောက်ကိုမလိုက်ပါဘူး။ ပလေတိုက Republic ဆိုတဲ့ကမ္ဘာ့အစောဆုံးနိုင်ငံရေးသိပ္ပံကျမ်းကို ရေးခဲ့သူပါ။ လျှာ၂ခွ နဲ့လူတွေ အထူးသဖြင့် ကဗျာဆရာ (အမှန်တော့အနုပညာရှင်တွေနဲ့ စကားအမျိုးမျိုးပြောတတ်တဲ့ နိုင်ငံရေးလုပ်စားသူတွေကို ပြောချင်ဟန်ရှိပါတယ်) တွေကို သူတည်ထောင်တဲ့သမ္မတနိုင်ငံမှာ လက်မခံခဲ့ပါဘူး။ ဘာလို့လဲဆိုတော့ အမှန်တရားက လက်၂ လုံးဝေးလိုပါတဲ့။ ထားပါတော့ ခုပို့စ်မှာရေးချင်တာက ပလေတိုရဲ့ထုထည် ငါးမျိုးအကြောင်းပါ။ five platonic solid ပေါ့။ platonic solid ဆိုတာဘာလဲ။ သူက ၃ ဘက်တိုင်း ထုထည် တစ်ခုဖြစ်ပြီး သူ့ရဲ့မျက်နှာပြင်ဟာ regular polygon တခုဖြစ်ရပါမယ်။ ထောင့်တိုင်းမှာ တူညီတဲ့ polygon အရေအတွက်ရှိရပါမယ်။ polygon ဆိုတာကတော့ ထောင့်တွေအများကြီးပါတဲ့ တြိဂံ၊ စတုဂံ၊ ပဥ္စဂံလိုအရာမျိုးပါ။ regular ဆိုတာကတော့ ထောင့်တိုင်း တူညီရမယ်ဆိုလိုတာပါ။ အောက်မှာ ငါးမျိုးကို ဖော်ပြထားပါတယ်။







The five regular solids discovered by the Ancient Greek mathematicians are:

The **Tetrahedron**:	4 vertices	6 edges	4 faces	each with 3 sides
The **Cube**:	8 vertices	12 edges	6 faces	each with 4 sides
The **Octahedron**:	6 vertices	12 edges	8 faces	each with 3 sides
The **Dodecahedron**:	20 vertices	30 edges	12 faces	each with 5 sides
The **Icosahedron**:	12 vertices	30 edges	20 faces	each with 3 sides

The solids are regular because the same number of sides meet at the same angles at each vertex and identical polygons meet at the same angles at each edge.
These five are the only possible regular polyhedra.

Platonic solid 2

Platonic solid တွေရဲ့မျက်နှာပြင်area ကအတူတူပါပဲ။ ထောင့်တွေရဲ့ ဒီဂရီကလည်း တူပါတယ်။ ထောင့်တစ်ခုမှာ လာစုံတဲ့ မျက်နှာပြင် အရေအတွက်ကလည်း တူပါတယ်။ ဒီလိုနည်းနဲ့ရနိုင်တဲ့ solid အရေအတွက်က ၅ခုပဲရှိပါတယ်။

cube

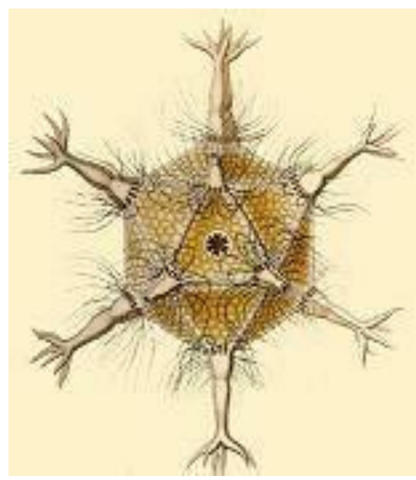
tetrahedron

Icosahedron

Dodecahedron

Octahedron

ဆိုပြီးခေါ်ပါတယ်။

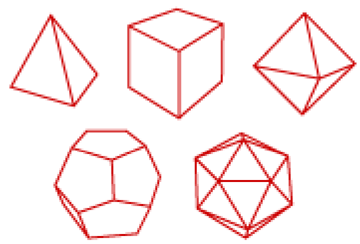


ပလေတိုကတော့ဒီ ၅ မျိုးဟာ သဘာဝကို တည်ဆောက်ထားတဲ့ အခြေခံတွေလို့ယူဆပါတယ်။ သဘာဝကို မြေ၊ ရေ၊ လေ မီး လေးမျိုးနဲ့ဖွဲ့စည်းထားပြီး မြေရဲ့ပုံသဏ္ဍာန်က cube ဖြစ်တယ်၊ ရေ က icosahedron ၊ လေက octahedron ၊ မီး က tetrahedron ဖြစ်တယ်လို့ယူဆပါတယ်။ မျက်နှာ ၁၂ ဖက်ရှိတဲ့ dodecahedron ကတော့ zodiac sign ၁၂ ရာသီကို ကိုယ်စားပြုပြီး နက္ခတာရာ ဝါ စကြာဝဠာ ဝါ အီသာ(မြန်မာလိုတော့ အာကာသ ဓာတ်ပေါ့) ကို ကိုယ်စားပြုတယ်တဲ့။ ဒါက ဘီစီ ၆ဝဝ စု (အရှေ့တိုင်းတွင် ဗုဒ္ဓပွင့်တော်မူသောအချိန်) ကဂရိပညာကျော်ရဲ့ အယူအဆပါ။ တနည်းအားဖြင့် ဂရိတို့ရဲ့ theory of everything ပါ။ ဒါက ခုခေါ်တ်မှာမမှန်တော့ပေမဲ့ ဒီထဲမှာမှ surviveဖြစ်ပြီး ကျန်ခဲ့တဲ့အရာ တစ်ခုတော့ ရှိပါတယ်။ အဲဒါက လောကမှာတွေ့ရတဲ့ အရာရာကို အသေးဆုံးအစိတ်အပိုင်များ ပေါင်းစပ်ရာကဖြစ်ပေါ်လာတယ်ဆိုတဲ့ idea ပါ။ ဒါကို atomic theory လို့ခေါ်ပါတယ်။ ပလေတိုးနစ်ထုထည်တွေဟာ ဘက်ညီပါတယ်။ လှပပါတယ်။ နောက်တစ်ခုက ၅ မျိုးပဲရှိပါတယ်။ နှောင်းပိုင်းပညာရှင်တွေက သူတို့ရဲ့အရည်

အသွေးမျိုးစုံကိုလေ့လာခဲ့ကြပါတယ်။ ပလေတိုအရစ္စတိုတယ်အပါအဝင်ဂရိတွေးခေါ်ရှင်တွေရဲ့ အရာရာဟာ အသေးဆုံးအခြေခံ ပစ္စည်းတွေပေါင်းစပ်ရာက ဖြစ်လာတဲ့ဆိုတဲ့ အယူအဆဟာ ခေတ်သစ် Atomic theory ရဲ့ foundation ပါ။ ခုအခါမှာ ပုံဆောင်ခဲမှုန်သမျှဟာ cube tetrahedron octahedron ပုံနဲ့ ဖွဲ့စည်းထားကြောင်း သိလာပါပြီ။ crystallography အကြောင်းလေ့လာရင် ဒီ platonic solid တွေရဲ့ symmetry group ဟာအရေးပါလာပါတယ်။ သက်ရှိအနေနဲ့တော့ virus တွေဟာ icosahedron ပုံရှိပါတယ်။ HIV virus ရဲ့အခွံဟာ icosahedronပါ။ Radiolaria ခေါ်တဲ့ protozoa တစ်မျိုးဟာ platonic solid ပုံအမျိုးမျိုးရှိကြပါတယ်။ ကမ္ဘာ့လေကြောင်းစီးလွှာကိုလေ့လာတဲ့ Model တချို့မှာ platonic solid ဟာ အရေးပါပါတယ်။ ပလေတိုထုထည်လို အရာများဟာ ခံ့ပါတယ်။ ဒီမျက်နှာပြင်တွေရဲ့ အရည်အချင်းကို Leonard Euler က တွေ့ရှိခဲ့ပါတယ်။ ဆက်လက်ဖော်ပြပါမည်။

Platonic solid 3

Euler က platonic solid တွေကိုလေ့လာခဲ့ရာကထူးခြားချက်တခုကိုသတိပြုမိခဲ့ပါတယ်။ ဒါက Topology ရဲ့အစလို့လဲပြောလို့ရပါတယ်။ ဒီပုံသဏ္ဌာန်တွေရဲ့ ထောင့်တွေ၊ အစွန်းတွေ၊ မျက်နှာပြင် အရေအတွက်တွေကို သူက လိုက်ရေတွက်ပါတယ် (အင်းသူ့နေရာမှာ ကျွန်တော်တို့ဆိုရင် အားအား ယားယားကွာ လို့များ တွေးမိမလား မသိဘူး။ ဟားဟား) ပြီးတော့ ပေါင်းလိုက်နုတ်လိုက် လုပ်လိုက်တော့ ဘယ်လိုလုပ်လုပ်တူတာတစ်ခု ထွက်လာပါတယ်။ Platonic solid က ၅ ခုရှိပြီး တစ်ခုနဲ့တစ်ခုမတူပါဘူး။ ဒါပေမဲ့ အွှိုင်လား ဟိုလျောက်လုပ် ဒီလျောက်လုပ် လုပ်လိုက်တာ ဒီ ၅ ခါလုံးမှာတူညီတဲ့အရာတစ်ခုကို သူသွားတွေ့ပါတယ်။



$v - e + f = 2$

ဒါကို Euler's formula လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒီနေရာမှာဖြတ်ပြောချင်တာက သင်္ချာဆိုတာဒါပါပဲ။ တစ်ခါတစ်လေမှာ တစ်ယောက်နဲ့တစ်ယောက် မတူပါဘူးလို့ ငြင်းခုန်နေရတဲ့ အရာတွေမှာ တကယ်တော့ အခက်အရွက်တွေကို ဖယ်လိုက်ရင် တနည်း ဓမ္မဓိဋ္ဌာန်ကျကျမြင် ကြည့်ရင် တစ်ခုထဲပါလားဆိုတာ တွေ့ရ တတ်တာပါဘဲ။ ဒါကြောင့်လည်း သင်္ချာဟာ သဘာဝရဲ့ ဘာသာစကားဖြစ်တယ်လို့ ပလေတိုက ယူဆခဲ့ တာပါ။ ဒါကြောင့်လည်း သူ့ရဲ့သမ္မတနိုင်ငံမှာ ကိုယ်လိုရာစွဲကိုယ်မြင်ချင်တာမြင်တဲ့ နိုင်ငံရေးသမား တွေ(သူကတော့ အနုပညာရှင်လို့သုံးတယ်) နေရာမပေးတာနေမှာပါ။

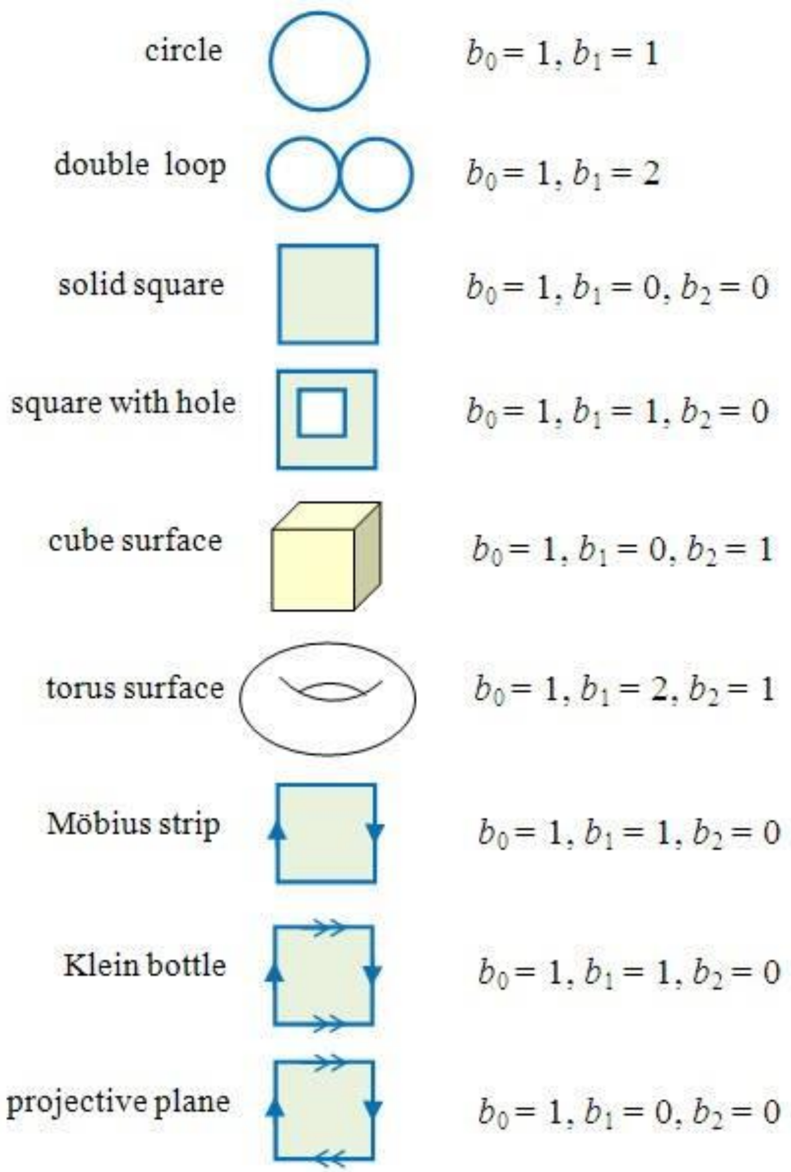
Euler's formula က

$$V - E + F = 2$$

တဲ့။V က Vertex ထောင့်အရေအတွက်ပါ။ E က Edges အစွန်းအရေအတွက်ပါ။ F က Faces မျက်နှာ ပြင်အရေအတွက်ပါ။ မယုံရင်တော့ cube နဲ့ tetrahedron လို လွယ်တဲ့ပုံတွေမှာ ရေပြီး တွက်ကြည့်ပါ။ ဒီမှာ 2 က platonic solid အားလုံးအတွက်အတူတူပါပဲ။ တကယ်တော့ sphere လို convex ဖြစ်တဲ့ လုံးဝန်းတဲ့ အရာတိုင်းဟာ ၂ ရှိပါတယ်။ ဒါကို Euler's characteristic အွှိုင်လာ လက္ခဏာလို့ ခေါ်ပါတယ်။ ဂရိအက္ခရာ ခိုင် (x နှင့်တူသည်) နဲ့ကိုယ်စားပြုပါတယ်။ ဒီမှာတော့ K နဲ့ပဲရေးတော့မယ်။

$$V - E + F = K$$

ပေါ့။ K ဟာ topology အရမတူညီတဲ့ မျက်နှာပြင် ၀ါ မတူတဲ့ပုံ သဏ္ဍာန်တွေရဲ့ ပင်ကိုယ်အရေအသွေးကို ကိုယ်စားပြုပါတယ်။ ဒီမှာ ထူးခြားမှုက V ဟာ point ဆိုတော့1 dimension E က မျဉ်းကြောင်းဆိုတော့ 2 dimension F က မျက်နှာပြင်ဆိုတော့ 3 dimension စသဖြင့်နောက်ရှေ့က sign ကလည်း အနှုတ် တလှည့်၊ အပေါင်းတလှည့်ပါ။ သင်္ချာအရ dimension ပိုများတဲ့အရာတွေ အတွက်ခုပြောတဲ့အတိုင်း ဆက်ချဲ့သွားရင် ဒါကို Betti's number လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒါတွေကိုသိရင် အသုံးကောဝင်ရဲ့လား။ ဝင်ပါ တယ်။

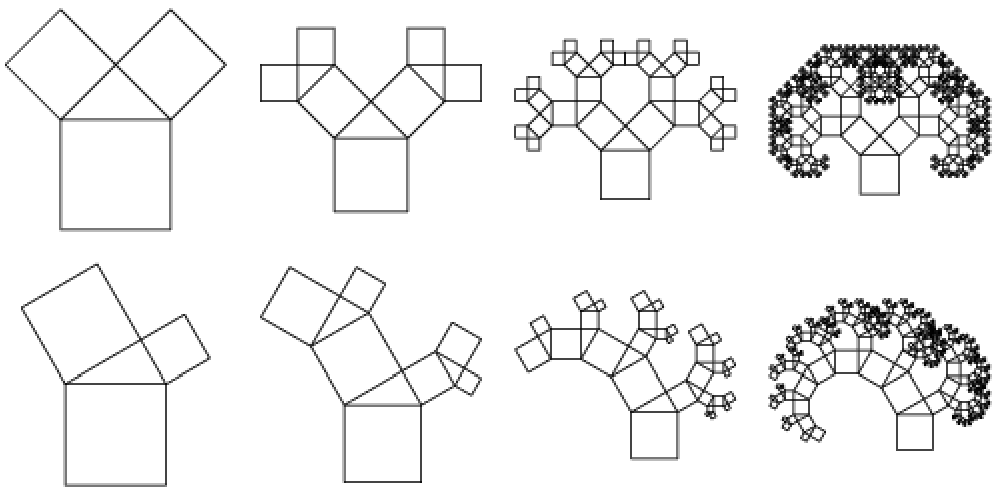


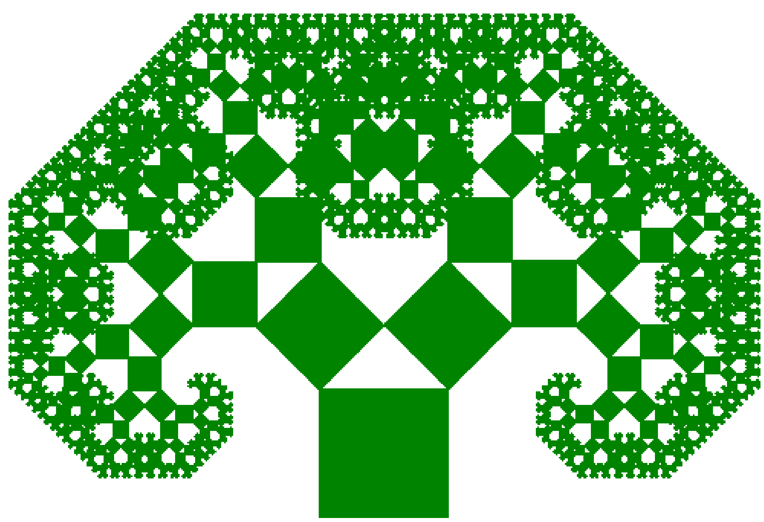
တကယ်တော့ သဘာဝတခုလုံးဟာ ပုံသဏ္ဍာန်တွေသာလျှင် ဖြစ်ပါတယ်။ စကြာဝဠာဗေဒကို လေ့လာတဲ့ အိုင်းစတိုင်းရဲ့ general relativity ဟာ သင်္ချာအရတော့ manifold များကို လေ့လာခြင်းပါ။ manifold ဆိုတာ မျက်နှာပြင်ပုံသဏ္ဍာန်တစ်ခုပါ။ မတူတဲ့မျက်နှာပြင်ကိုခွဲဖို့ မတူတဲ့ betti number

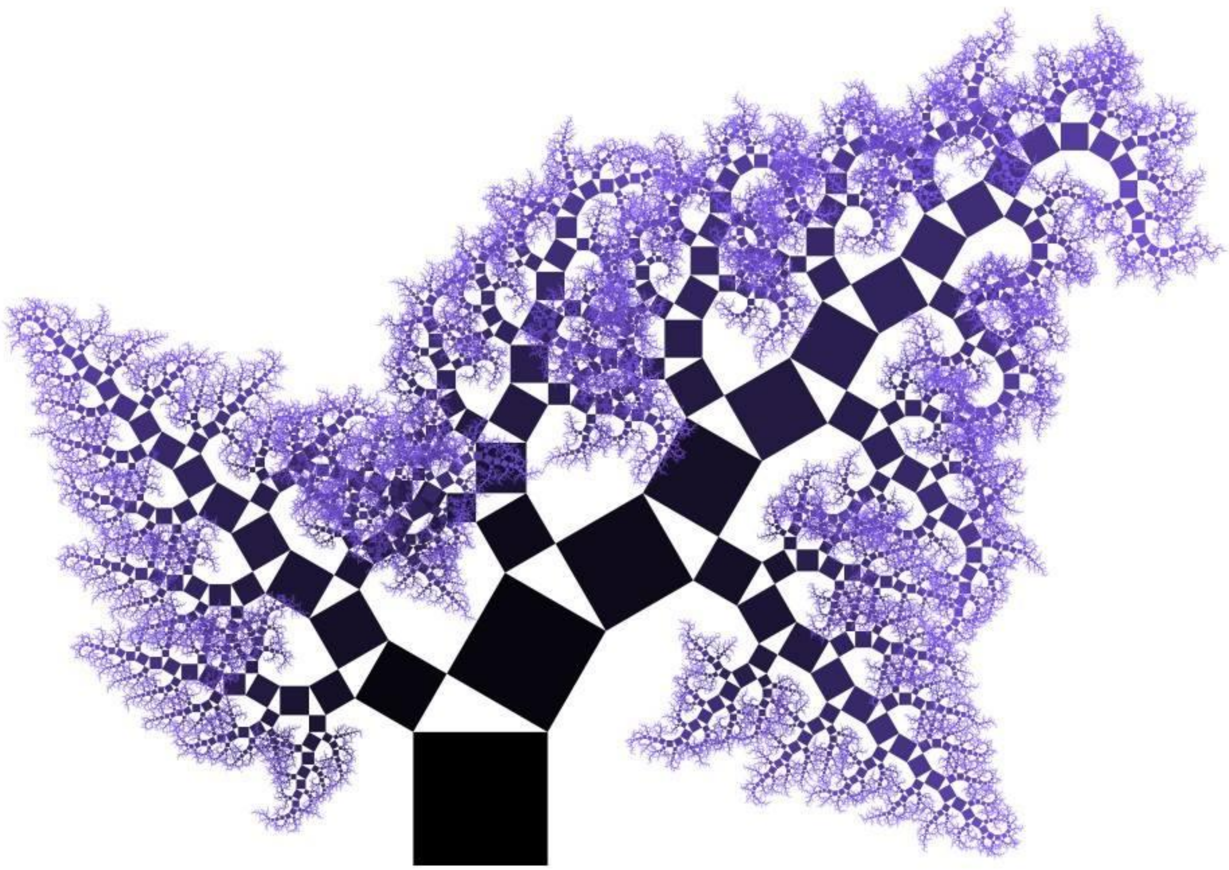
လိုပါတယ်။ သဘာဝကိုဖွဲ့စည်းထားတဲ့ အခြေခံအမှုန်များအကြောင်းကိုပြောတဲ့ ရူပဗေဒကို Standard model of particle physics လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒီphysics ရဲ့နောက်က သင်္ချာကို fiber bundle ခေါ်ပြီး ဒါဟာလည်း manifold ပါပဲ။ သဘာဝအကြောင်းကို တကယ်သိချင်ရင် ကျွန်တော်တို့ ဒါတွေကို ကျော်သွားလို့မရပါ။ နောက်တစ်ခုကတော့ နိုကင်ဆာလိုရောဂါတွေမှာ ဗီဇရဲ့နေရာကို ရှာချင်ရင် သုံးပါတယ်ဆိုတာ ဗဟုသုတအဖြစ်တင်ပြလိုက်ရပါတယ်။

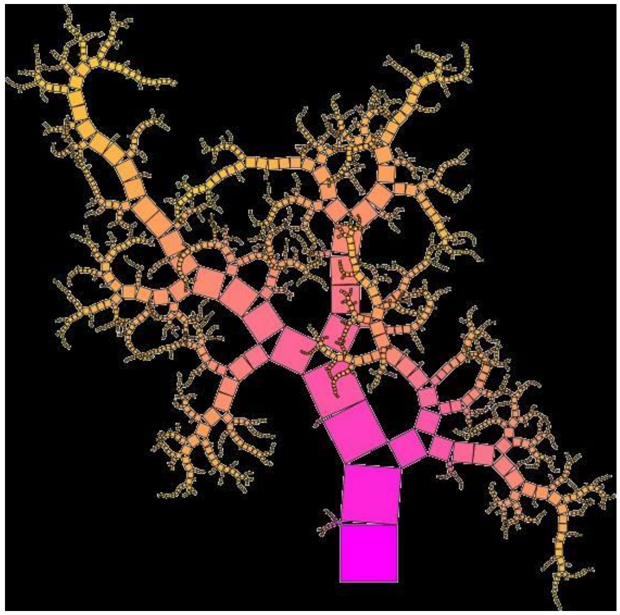
Pythagoras tree

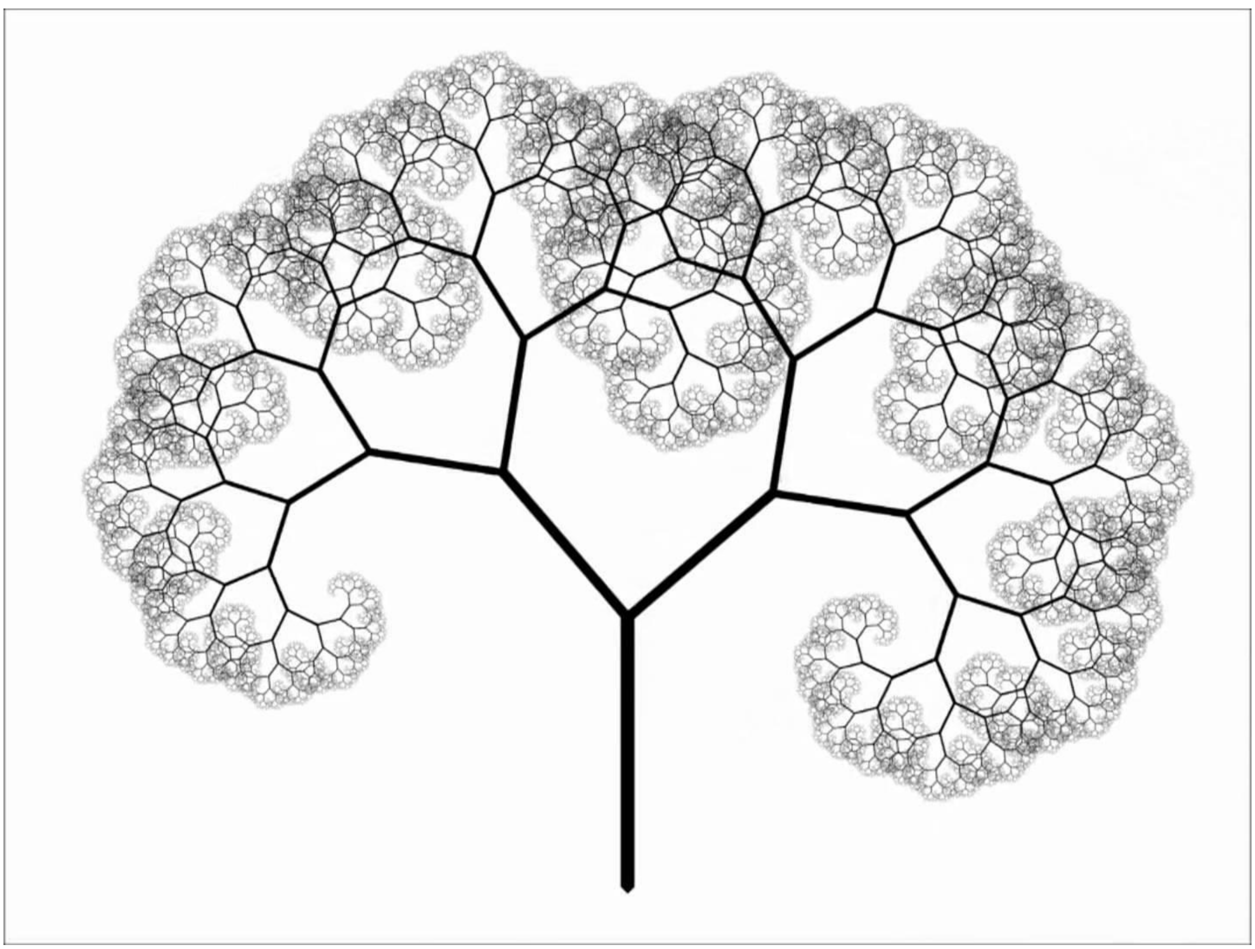
Pythagoras သစ်ပင်ဆိုတာပြင်ညီပေါ်မှာ fractal နည်းနဲ့ စတုရန်းများကိုဆွဲထားတာပါ fractal ဆိုတာက တမျိုးထဲကို ထပ်ခါထပ်ခါဆွဲတာပါ။ ဒီမှာတော့ စတုရန်းပေါ့။ စတုရန်း ၃ ခု ဆက်နေတဲ့ နေရာတိုင်းက ပိုင်သာဂိုရပ်စ်တြိဂံနဲ့တူလို့ ဒီလိုခေါ်တာပါ။ သဘာဝမှာတွေ့ရတဲ့ အရာတွေဟာ self similarity ခေါ်တဲ့ တစ်ခုလုံးက အစိတ်အပိုင်းတွေနဲ့ တူညီမှုကိုတွေ့ရပါတယ်။ self similarity ဟာ fractal နဲ့ phase transition တွေရဲ့ လက္ခဏာပါ။ pythagoras tree ကို ၁၉၄၂ မှာ ဒက်ချ်လူမျိုး Albert E Bosman ကတီထွင်တာပါ။





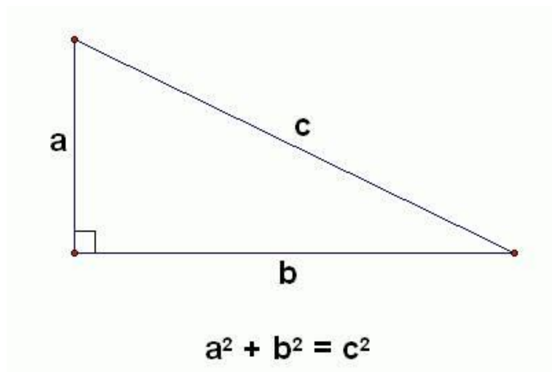




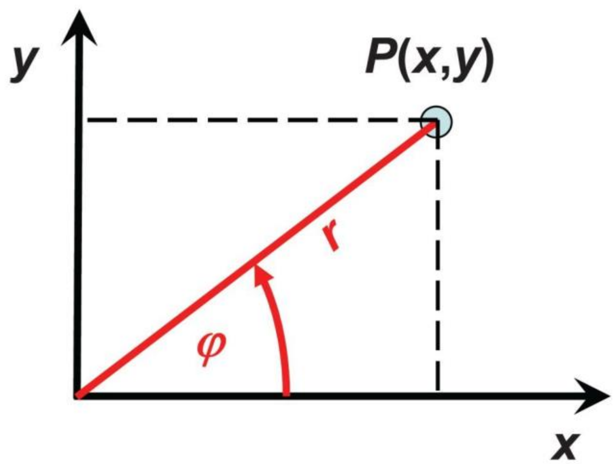


General relativity

အိုင်းစတိုင်းရဲ့ General relativity ကရေးရရင် လက် ၂ လုံးလောက်ထူတဲ့ စာအုပ်ဖြစ်မှာပါ။ သူ့နောက်က သင်္ချာကို Riemannian geometry လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒီသင်္ချာကို နားလည်ဖို့ကပဲ အတော်ကြာပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ သူကလှတယ်။ အရမ်းလှပါတယ်။ သူမပါပဲ။ ရေးရမှာ မလွယ်သလို သူ့ရဲ့ အလှတွေပေးမသိရမှာလည်း နှမြောမိပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ဒီကြားထဲကပဲ ကြိုးစားပြီးရေးကြည့်ပါဦးမယ်။ အကြမ်းဖျဉ်းပေါ့။ အိုင်းစတိုင်းက ၁၉၀၅ မှာ special relativity ကိုတွေ့တော့ လိုအပ်ချက်ကိုသိတယ်။ SR မှာ acceleration မပါဘူး။ နောက် gravity မပါဘူး။ accelerated frame တွေကို defined လုပ်ရတာခတ်တယ်။ သူကြိုးစားခဲ့တာ ၁၀ နှစ်ကြာသွားတယ်။ idea ရပြန်တော့ ဘယ်သင်္ချာနဲ့ ရေးရမှန်း မသိခဲ့ဘူး။ သူ့သူငယ်ချင်း ဂရော့စ်မန်းအကူအညီနဲ့ သင်္ချာကို ရှာတွေ့ခဲ့တယ်။ နှစ်ပေါင်း ၁၀၀ စောပြီး Riemann တွေ့ခဲ့တဲ့ Geometry ပါ။ SR ဟာ သင်္ချာအရပြောရရင် သိပ်မခက်ပါဘူး။ Mankowski space ကအခြေခံပါ။ ဒါတွေပြောဖို့ဆို ကျွန်တော်တို့ Pythagoras ကနေပြန်စရမှာပါ။ pythagoras theoram က$a^2 + b^2 = c^2$ ပါ။



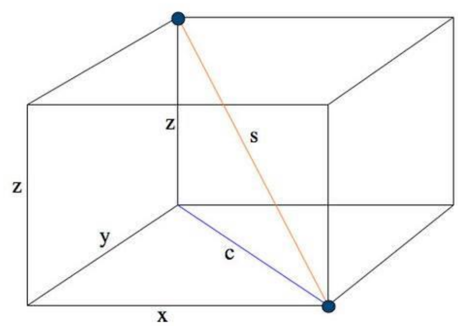
ဒါကို Cartesian frame မှာ ယူသုံးမယ်ဆိုရင် $x^2 + y^2 = r^2$ ဆိုဖြစ်လာမှာပါ။ r က ဗဟိုမှတ်ကနေ ကွာတဲ့အကွာအဝေးပါ။ ဒီနည်းနဲ့ frame တခုက ကြိုက်ရာအမှတ်ကို ကျွန်တော်တို့တွက်ထုတ်နိုင်ပါတယ်။



ဥပမာသင်က မြို့လယ်နာရီစင်မှအရှေ့မြောက်ဘက် ၅ မိုင်အကွာမှာရှိတယ်ဆိုပါစို့ နာရီစင်မှ အရှေ့ဘက် သို့ ၃ မိုင်သွားပါ ထိုမှ မြောက်ဘက်သို့ ၄ မိုင်သွားလျှင် ပိုင်သာဂိုရပ်စ်အရ

3^2 + 4^2 = 5^2

မှ သင်ရှိနေသောနေရာအမှတ်ကို Cartesian coordinate frame အားဖြင့် တိတိကျကျပြောနိုင်ပါပြီ။ ဤညီမျှခြင်းမှာ 2 dimension x နှင့် y အတွက်ဖြစ်ပါသည်။ 3 dimension အတွက်



$$c^2 = x^2 + y^2 \qquad s^2 = c^2 + z^2$$

$$\therefore \quad s^2 = x^2 + y^2 + z^2$$

x^2 + y^2 + z^2 = s^2

အခြားအပိုဒိုင်မင်းရှင်းများအတွက်လည်းဤနည်းဖြင့်တိုး၍ရေးနိုင်ပါသည်။

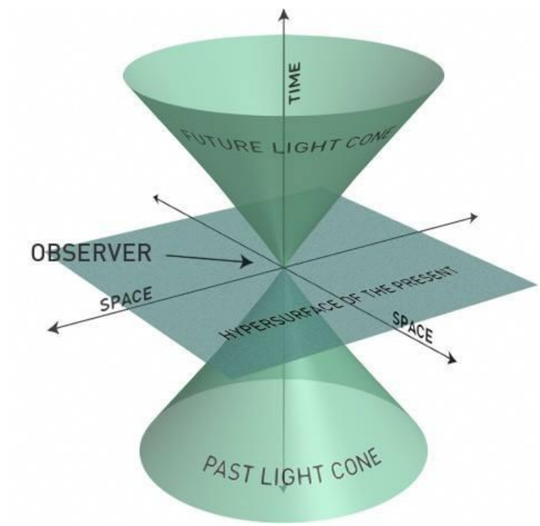
ဆက်လက်ဖော်ပြပါမည်။

General relativity 2

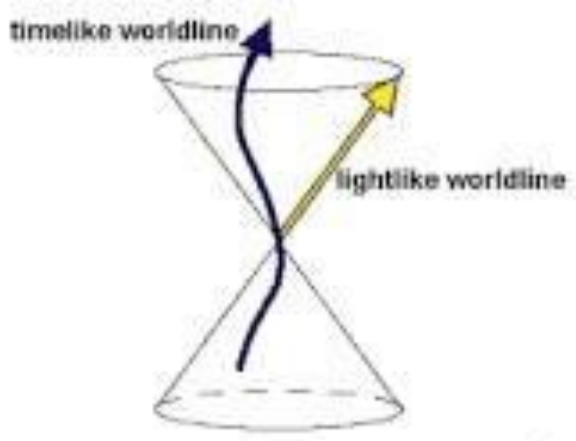
SR ရဲ့အနှစ်ချုပ်က နိယာမများဟာ Lorentz transformation အောက်မှာမပြောင်းလဲရပါဘူး။ ဖြတ်ပြောချင်တာက ဒီပို့စ်ကို special relativity ပို့စ်ဖတ်ပြီးမှ ဆက်ဖတ်ရင်ကောင်းပါတယ် frame တခုမှတခု ပြောင်းလဲခြင်းကို သင်္ချာအရ transformation လို့ခေါ်ပါတယ် လောရင့်ပြောင်းလဲခြင်း ဆိုတာအိုင်းစတိုင်းရဲ့ SR equation ကိုပြောတာပါသချ်ာအရ frame ဟာစတုရန်းနဲ့တူတယ် ဆိုရင် လောရင့်ပြောင်းလဲခြင်းကအဲဒီစတုရန်းကိုလှည့်တာ(rotation)နဲ့တူပါတယ်ဆိုလိုတာကမြောက်ဘက်ကို အရှေ့ဘက်သို့လှည့်နိုင်သလို တောင်ဘက်ကို အပေါ်ဘက်သို့ လည်းလှည့်နိုင်ပါတယ်မြောက်ဘက်ကို အနာဂါတ်သို့လှည့်နိုင်သလို အတိတ်ကိုတောင်ဘက်သို့လှည့်နိုင်ပါတယ်။ ရှုပ်သွားပြီထင်ပါတယ်။ အရေး ကြီးဆုံးအချက်က ဘယ်လိုလှည့်လှည့် နိယာမဟာလှည့်ခြင်းအောက်မှာ အတူတူပါပဲ။ ဒါကို Symmetry လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒီလို rotation ပေါင်းစုံအောက်မှာ မပြောင်းလဲတာကဘာလဲ။ အဲဒါက invariant interval ပါပဲ။ တနည်း ပိုင်သာဂိုးရပ်စ် သီဝရမ်က r^2 ပါပဲ။ ဘယ်လောက်လှည့်လှည့် မပြောင်းလဲတာ ဒီအကွာ အဝေးပါ။ ဒီအကွာအဝေးမပြောင်းတဲ့နောက်မှာ ဒီအကွာအဝေးက တည်ဆောက်ယူထားတဲ့ အရာများ ဥပမာ velocity acceleration force စသဖြင့်အားလုံးဟာ မပြောင်းလဲတော့ပါ။ မင်ကောစကီး spacetime အကြောင်းပြောလို့ရပါပြီ။ Pythagoras ရဲ့ equation မှာအပေါင်းလက္ခဏာများသာ ပါတာကို သတိပြုမိမှာပါ။ ဒါကို euclidean လို့ခေါ်ပါတယ်။ အနှုတ်လက္ခဏာပါရင် အဲဒီ ပြင်ညီ space ကို Minkowskian လို့ခေါ်ပါတယ်။ ds^2 = t^2 - x^2 - y^2 - z^2 ။

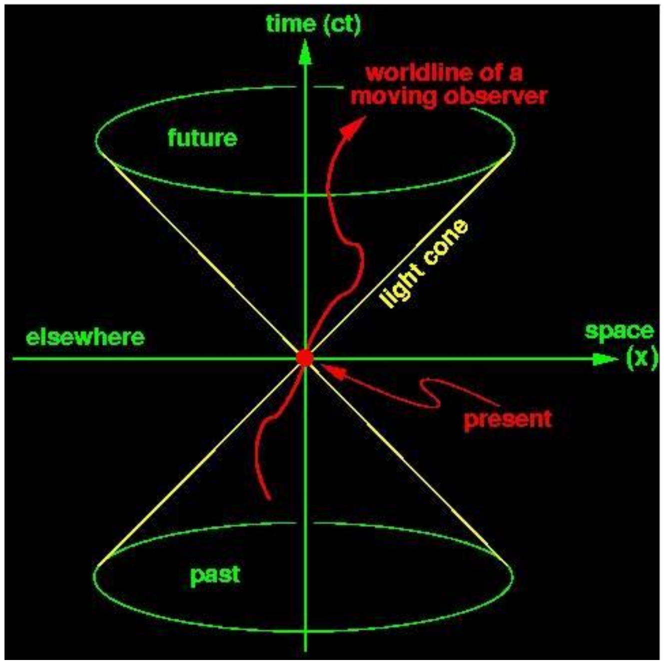
General relativity 3

minkowski space မှာ ပြားသော နေရာ flat space ဖြစ်ပါသည်။ topology အားဖြင့် (ဆိုလိုသည်မှာ အတိုင်းအတာအတိအကျထည့်မတွက်လျှင်) ယူကလစ်ဒီယံ စပေ့စ် (ပြင်ညီ)နှင့် တူညီပါ သည်။ ကွဲသောအချက်မှာ အတိုင်းအတာကိုထည့်တွက်လျှင် pythagoras equation ၌ minus sign များ ပါလာခြင်းဖြစ်ပါသည်။ သို့မှသာ rotation အောက်၌ interval (ဖြစ်ရပ် ၂ခု ကြားအကွာအဝေး) မှာ မပြောင်းလဲနိုင်ပါ။ အောက်တွင် minkowski spce ပုံကိုပြသထားပါသည်။



cone ကန်တော့ချွန် ၂ ခုဦးချင်းဆက်ထားသည်နှင့်တူပါသည်။ ဦး ၂ ခုဆက်ထားသော အလယ်မှတ်မှာ ယခုပစ္စုပ္ပန် ဖြစ်ပြီး အပေါ် cone မှာ အနာဂါတ်ဖြစ်စဉ်အားလုံးကိုကိုယ်စားပြုပါသည်။ အောက် cone မှာ ယခုဖြစ်စဉ်ကို လွှမ်းမိုးနိုင်သောအတိတ်ဖြစ်စဉ်အားလုံးကို ကိုယ်စားပြုပါသည်။ ၄၅ ° cone ၏ အနားသတ် မျက်နှာပြင်မှာ အလင်းသွားနိုင်သောနယ်မြေဖြစ်ပါသည်။ ကျန်သော massive ဖြစ်သောအရာတိုင်း cone အတွင်းမှသာသွားနိုင်သည်။

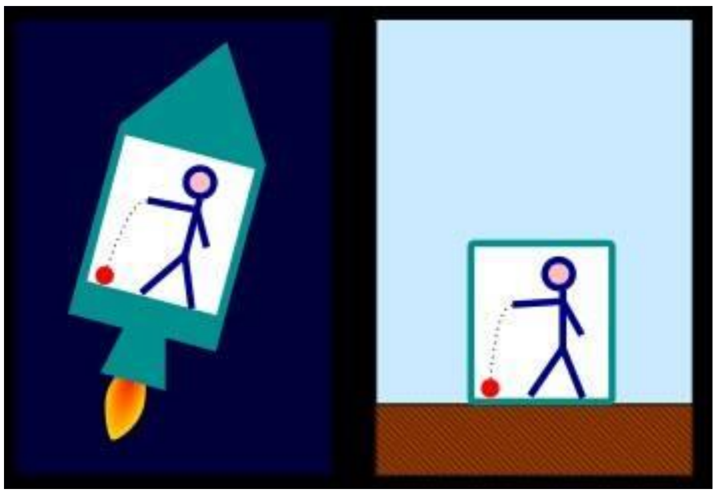




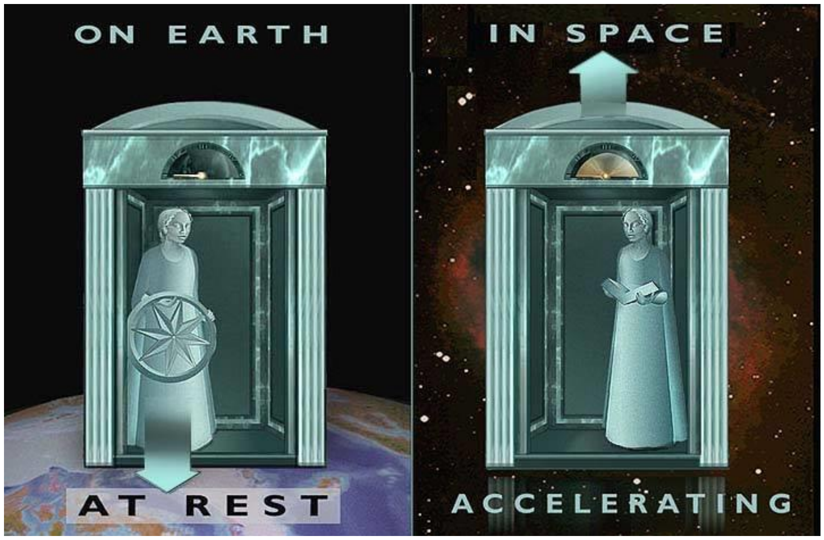
မင်ကောစကီးပြင်ညီ၏ အရေးကြီးဆုံးအချက်မှာ ၎င်းသည် Inertial frame (၎င်းပေါ်သို့ အား သက်ရောက်ခြင်းမရှိသော) ဖြစ်ပြီး ယင်းပေါ်၌သွားသော အလင်း၏ လမ်းကြောင်းမှာ မျဉ်းဖြောင့် ဖြစ်နေခြင်းဖြစ်ပါသည်။

General relativity 4

တစ်နေ့တွင်အိုင်စတိုင်းမှာ အတွေးတစ်ခုကြောင့် ထခုန်မိလောက်အောင် ဝမ်းသာသွားသည်။ ၎င်းကိုဓာတ်လှေကားအတွေးစမ်းသပ်ချက် Thought experiment ဟုခေါ်ပါသည်။ သီဝရီ ရူပဗေဒ ပညာရှင်များမှာ စမ်းသပ်ချက်ကိုလက်တွေ့လုပ်ခဲပါသည်။ စနစ်တကျ တွေးကြံခြင်းဖြင့်သာ သူတို့၏ ရင်သွေး သီဝရီများကို ဖန်တီးလေ့ရှိပါသည်။ ဆိုပါစို့။ ဓာတ်လှေကားထဲတွင်လူတစ်ဦးလိုက်ပါသွားသည်။ ထိုအချိန်တွင် ဓာတ်လှေကားကိုချ ည်ထားသောကြိုးပြတ်ကျသွားသည် ထိုအခါလူမှာ ပေါ့ကနဲခံစားရပြီး လေထဲလွင့်နေပေမည်။ ၎င်းကို free fall ဟုခေါ်သည်။ ယခုခေါတ်တွင်တော့ free fall ခုန်ချသော ဇာတ်ကားများကို မိတ်ဆွေတို့ကြည့်ဖူးသောကြောင့် နားလည်မည်ထင်ပါသည်။



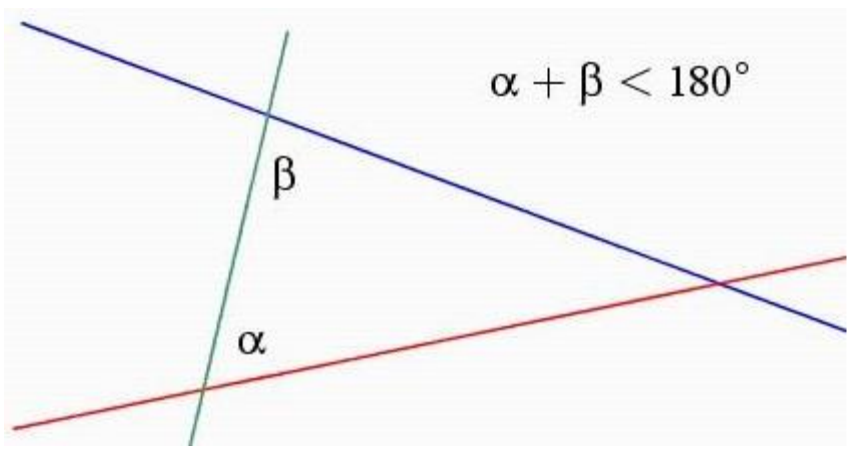
ဤအချိန်တွင် ဓာတ်လှေကားကော လူပါပြုတ်ကျပြီး free fall ဖြစ်နေသဖြင့် လူမှာ gravity ဆွဲအားကို မခံစားရပါ။ ကမ္ဘာပေါ်တွင်ဖြစ်သော်လည်း ကမ္ဘာ့ဆွဲအားစက်ကွင်းတွင်းဖြစ်သော်လည်း free fall state သည်ဆွဲအားမဲ့ပါသည်။ ဆွဲအားစက်ကွင်းများ လုံးဝမရှိသော vacuum အာကာသတွင်းမျောလွင့် နေသောအခြေအနေနှင့် ဤ free fall အခြေအနေမှာထပ်တူညီပါသည်။ အိုင်းစတိုင်းက ဤ အတွေးကို သူ့ဘဝရဲ့အပျော်ဆုံးအတွေးလို့ ပြန်ပြောပြပါတယ်။ ဒါကို equivalence principle လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒီ ၂ ခု ထပ်တူညီတယ်ဆိုပေမဲ့လည်း အချိန်တိုင်းမှာတူတာတော့မဟုတ်ပါဘူး။ very moment ခဏတာ အတွင်းမှာသာတူတာပါ။ တူတော့ဘာဖြစ်လည်း။ ဆိုလိုချင်တာက accelerated frame in gravity ဆိုတာ(ဒီမှာ free fall အခြေအနေကိုဆိုလိုသည်)။ inertial (rest) frame in vacuum (ဆွဲအားမရှိတဲ့ နေရာ) နဲ့အတူတူပဲလို့ဆိုလိုပါတယ်။ ပြောချင်တာက accelerated frame ဆိုတာလည်း ကမ္ဘာလို ဆွဲအား ရှိတဲ့ ဝန်းကျင်မှာတော့ ခဏတာအတွင်း inertial frame လို့ယူဆလို့ရပါတယ်။



ဒါဆို မင်ကောစကီးစပေ့နဲ့ ကိုယ်စားပြုနိုင်ပါပြီ။ ဒီစပေ့ပေါ်မှ နိယာမတွေရေးနိုင်ပါပြီ။ ဆက်လက်ဖော်ပြပါမည်။

General relativity 5

Equivalence principle မှာ ၂ လမ်းသွားဖြစ်သည်။ accelerated frame မှာ inertial frame နှင့်တူသလို inertial frame မှာလည်း accelerated frame ပင်။ ကမ္ဘာပေါ်တွင်ရပ်နေသောသူ (ဆွဲအားတွင်ရှိသူ)နှင့် အာကာသတွင် accelerated ဖြစ်နေသူမှာ အတူတူပင်။ ထို့ကြောင့်ဆွဲအား (gravity) ကို acceleration အဖြစ်ပုံဖော်နိုင်ပါသည်။ geometry အရ inertial frame ကို မင်ကောစကီးစပေ့ (flat space) အဖြစ်ပုံဖော်နိုင်ကြောင်း ယခင်ပို့စ်တွင်ပြောခဲ့ပြီးပါပြီ။ accelerated frame ကိုကော geometry အရပြောနိုင်လား? ဟုတ်ကဲ့ပြောနိုင်ပါတယ်။ ဒီ အကြောင်းကိုတော့ ယူကလစ်ကစ မှဖြစ်မှာပါ။ ယူကလစ်ဟာပထမဆုံးသင်္ချာစာအုပ်ကို ရေးခဲ့သူပါ။ axiom ၅ ခုနဲ့စပြီး ကျန်တာအားလုံးက ဒီaxiom 5 ခုရဲ့ ရလာဒ်များပါ။ သူ့နောက်ပိုင်းသင်္ချာပညာရှင်တွေဟာ သူ့ရဲ့ axiom နံပါတ် ၅ နဲ့ပါတ်သတ်လို့ မရှင်းခဲ့ပါဘူး။ Axiom 5: မျဉ်းဖြောင့် ၂ ကြောင်းကို တတိယမျဉ်းပြတ်ကဖြတ်တဲ့အခါ အတွင်းထောင့် ၂ ခု ပေါင်းလာဒ်က ၁၈၀ ° ထက်ငယ်ခဲ့ရင် အဲမျဉ်း ၂ကြောင်းဟာ အဲဘက်ခြမ်းမှာ တစ်နေရာရာမှာဆုံမယ်။ ရှုပ်နေရင် စာမဖတ်ပဲ အောက်ကပုံသာကြည့်လိုက်ပါ။



ရှင်းမှာပါ။ ပြဿနာကနောက်ပိုင်းသင်္ချာပညာရှင်တွေ ဘယ်လိုကြိုးစားကြိုးစား သက်သေပြမရတာပါ။ Riemann နဲ့ လိုဘာချော့စကီးလက်ထက်မှာမှ ဒီ axiomဟာ ယူကလစ်မျက်နှာပြင်(ပြင်ညီကိုဆိုလိုသည်) အတွက်ပဲမှန်ကြောင်းသိလာပါတယ်။

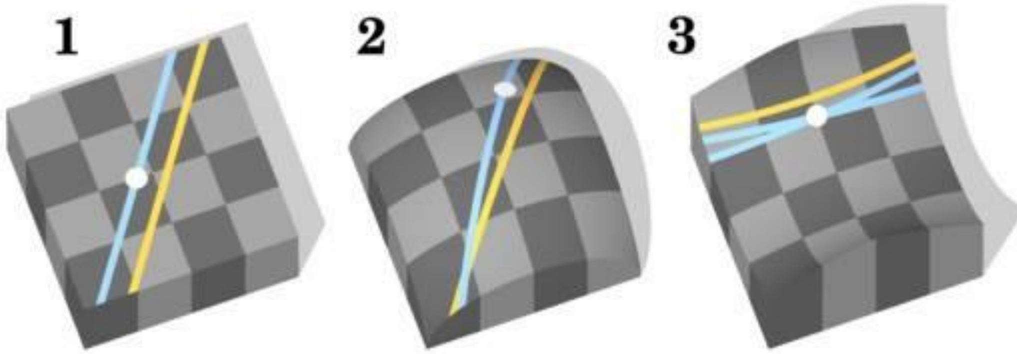
euclidian geometry

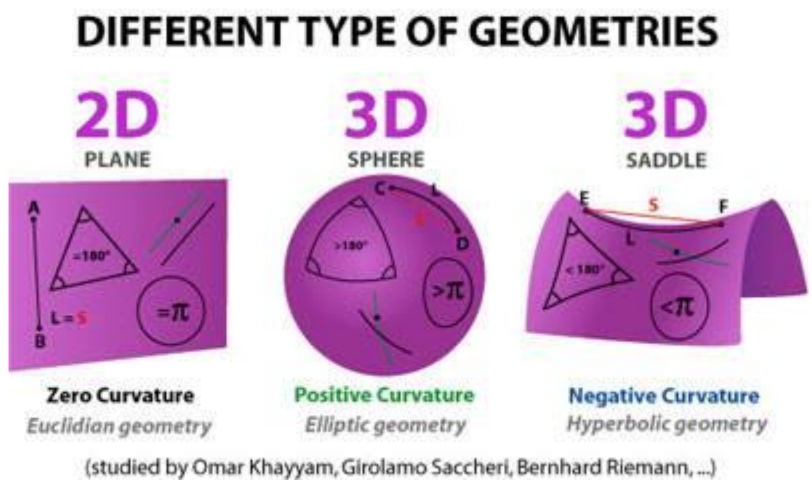
Elliptical geometry

Hyperbolic geometry

ဆိုပြီး ဂျဲသြမေထရီ ၃ မျိုးပေါ်လာပါတော့တယ်။ အောက်မှာပုံတွေပါ။

ဆက်လက်ဖော်ပြပါမည်။


1
2
3


DIFFERENT TYPE OF GEOMETRIES
2D
PLANE
3D
SPHERE
3D
SADDLE
A
B
L = S
=π
C
L
D
>π
E
S
F
L
<π
Zero Curvature
Euclidian geometry
Positive Curvature
Elliptic geometry
Negative Curvature
Hyperbolic geometry
(studied by Omar Khayyam, Girolamo Saccheri, Bernhard Riemann, ...)

General relativity 6

ရိုင်မန်နီယနီယမ်းဂျဲသြမေထရီဟာ ဘောလုံးလို မျက်နှာပြင်တွေရဲ့ အရည်အသွေးကို လေ့လာတာပါ။ ယူကလစ်မျက်နှာပြင်ကလွဲရင် ကျန်တဲ့မျက်နှာပြင်တွေကကွေးကောက်ပါတယ်။ ဒီတော့ကွေးခြင်းအကြောင်း လေ့လာရတော့မှာပါ။မျက်နှာပြင်တခုကွေးမကွေးကို လေ့လာခဲ့တာ Gauss ပါ။ ကွေးနေတဲ့မျက်နှာပြင်ဟာ အပြင်ကကြည့်မှမြင်ရတာမျိုးပါ။ သင်ဟာဘောလုံးတစ်လုံးကိုတွေ့ရင် ခုံးနေမှန်း သိပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ကမ္ဘာပေါ်မှာနေတော့သင်ဟာကမ္ဘာကြီးခုံးမှန်း အလွယ်တကူမသိပါဘူး။ ဒါပေမဲ့ဂေါ့စ်က အတွင်းမှာနေရင်းသင်နေတဲ့မျက်နှာပြင်ဟာကွေးနေလားပြန့်နေလား သိနိုင်ကြောင်းပြခဲ့ပါတယ်။ ဒါကလည်း Pythagoras theorem ရဲ့ Extension ပါပဲ။

C^2 = a^2 + b^2 (Pythagorean theorem)

r^2 = x^2 + y^2 (cartesian)

ds^2 = x^2 + y^2 + z^2 +........

(dimension extensin as you like)

ds^2 = xx + yy + zz+ ....(ခွဲရေးတာပါ)

X = x , X = y , X = z , ...

1 2 3

ဆိုရင် အားလုံးကိုပေါင်းပြီးဒီလိုရေးလို့ရပါတယ်။

X (i = 1,2,3,.......)

I

$$ds^2 = \sum_{i,j} g_{ij} dx_i dx_j$$

ဒါဆိုရင်ဒိုင်မင်းရှင်းအများကြီးရှိတဲ့ ပိုင်သာဂိုရပ်စ် ညီမျှခြင်းကိုဒီလိုရေးနိုင်ပါတယ်

ds^2 = SUM (0 to i) X X

i i

ဒါက X တွေရဲ့ရှေ့မှာမြှောက်ဖော်ကိန်း 1 ဖြစ်လို့ပါ ။ 1 မဟုတ်ပဲ ကြိုက်တဲ့ မြှောက်ဖော်ကိန်း ရှိခဲ့ရင် Matrix သင်္ချာသုံးပြီး မြှောက်ဖော်ကိန်းအားလုံးကိုစုရေးနိုင်ပါတယ်။ အဲဒါကို g လို့အမည်ပေးရင် metric tensor

ik

လို့ခေါ်ပါတယ်။ အောက်မှာ Generalised Pythagoras ရဲ့ပုံကို ပြထားပါတယ်။

$$ds^2 = g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu$$

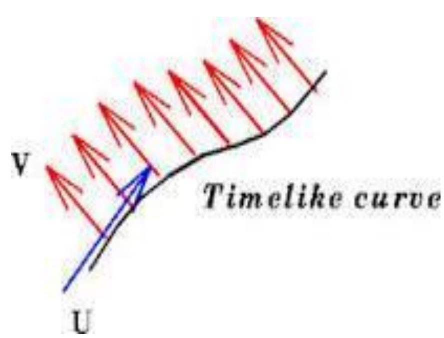
$$g_{\mu\nu} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

ik အစားဂရိ စာလုံး မြူ နျူ ကိုတွေ့မှာပါ။ subscript အစား superscript သုံးပါတယ်။ sigma symbol ကို demmy index (မြူ နျူ) တို့ကိုတွေ့တာနဲ့အလိုလို ပေါင်းရမယ်ဆိုတာ နားလည်ပြီးဖြစ်လို့ ဖြုတ်ထားပါတယ်။ အောက်ကပုံပါ။ ဒီ equation က interval ကို ဘယ်လိုတိုင်းရမလဲဆိုတာဖော်ပြတဲ့ metric equation ပါ။ အိုင်းစတိုင်းရဲ့ GR ကိုနားလည်ဖို့ဆိုသူက အရေးကြီးဆုံးပါ။

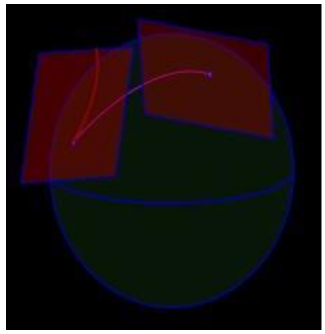
General relativity 7

Metric tensor ဟာ စရိုက်များစွာရှိတဲ့ GR ရဲ့ ဇာတ်လိုက်ပါ။ သူက စက်ကွင်း field တစ်ခုပါ။ သူက အချိန် နဲ့ နေရာကို ပေးထားတဲ့အမှတ်မှာ ဘယ်လိုတိုင်းတာရမယ်ဆိုတဲ့ information ကို code လုပ်ပါတယ်။ သူက tensor တစ်ခုပါ။ tensor ဆိုတာ vector ကို ယေဘူယျပြုထားတဲ့သင်္ချာပစ္စည်းပါ။ vector ဆိုတာကတော့ ရည်ညွှန်းရာနဲ့ပမာဏ ပါတဲ့ပစ္စည်းပါ။ သူကအချိန်နဲ့နေရာရဲ့ ကွေးညွှတ်မှုကို မှတ်တမ်းတင်ပါတယ်။ အချိန်ကွေးတယ်ဆိုတာ ဖြောင့်နေတာထက်စာရင် ပိုကြာတာကိုပြောတာပါ။ နေရာကွေးတယ်ဆိုတာလည်း ပိုဝေးတာကိုဆိုချင်တာပါပဲ။ နယူတန်သီဝရီမှာ position x က အရေးကြီးပါတယ်။ x ပေါ် ကနေကျန်တာတွေတည်ဆောက်ယူတာပါ။ GR မှာလည်း metric tensor က အရေးကြီးပါတယ်။ သူ့ကို ပထမအကြိမ် differentiate လုပ်ရင် connection ကိုရပါတယ်။ ဒုတိယအကြိမ် differentiate လုပ်ရင် curvature ကွေးနှုန်းကိုရပါတယ်။ ဒါတွေသိမှ အိုင်းစတိုင်းရဲ့ GR equation ကို နားလည်မှာမို့ ဖြည်းဖြည်းခြင်းရှင်းပြပါမယ်။ ပထမဦးဆုံး differentiate အလိုက်ပြောင်းခြင်းကို ပြောပြပါမယ်။ သင်္ကေတအနေနဲ့ df/dx ဆိုပြီးရေးရင် f ကို x ပြောင်းလဲမှုပေါ်မူတည်ပြီး ဘယ်လောက်ပြောင်းလဲသလဲလို့ နှုန်းကိုရှာတာပါ။ f ရဲ့ပြောင်းနှုန်းမို့ f ဟာ x ရဲ့ function ဖြစ်ရပါမယ်။ ဒီမှာ x က တည်နေရာ ဆိုပါတော့။ တောင်မြောက်ရည်ညွှန်းရင် f က အပေါ်အောက်ရည်ညွှန်းတဲ့ တည်နေရာဖြစ်ရင် df/dx က မြောက်ဖက်ကို နဲနဲတိုးတိုင်း အပေါ်ဖက်ကိုထောင်ထောင်တက်တဲ့နှုန်း တနည်းမက်စောက်နှုန်းကိုတိုင်းတာပါ။ ဒါက ဥပမာပါ။ ဒီနည်းနဲ့ရှိသမျှ နှုန်းအမျိုးအစားပေါင်းစုံကို အလိုက် ပြောင်းနဲ့ တွက်ယူနိုင်ပါတယ်။ metric ကို g လို့ရေးမယ်။ သူက အချိန်နေရာx y z t ရဲ့ function ဖြစ်မယ်ဆိုရင် dg/ dx က connection ပါ Connection ကိုနားလည်ဖို့ parallel transport ကိုသွားကြစို့ (ဖြေးဖြေးဖတ်ပါ ယခုရေးနေသော အကြောင်းမှာ အိုင်းစတိုင်းရဲ့ GR ဖြစ်ပါတယ်။ အိုင်းစတိုင်း စရေးတုန်းက ဒါကိုနားလည်တဲ့ ပညာရှင် ၂ယောက်ပဲရှိပါတယ်တဲ့။ နားမလည်လဲကိစ္စမရှိပါ။

ဆက်လက်ဖော်ပြပါမည်။

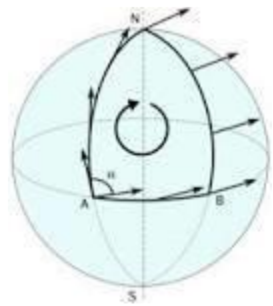


$$\Gamma^{m}_{ij} = \frac{1}{2} g^{ml} \left(\partial_j g_{il} + \partial_i g_{lj} - \partial_l g_{ji} \right) \qquad (16)$$



General relativity 8

Vector ဆိုတာ direction ညွှန်းရာနဲ့ magnitude ပမာဏ ကို code လုပ်ထားတဲ့သင်္ချာပစ္စည်းပါ။ ကျွန်တော်တို့တွေကအများအားဖြင့် vector ကို မြှားသေးသေးအဖြစ် မြင်ကြည့်လေ့ရှိပါတယ်။ ဥပမာ အားဖြင့် မြေပုံပေါ်မှ လေတိုက်နှုန်းတွေကို မြှားတွေနဲ့ကိုယ်စားပြုတာမြင်ဖူးမှာပါ။ ဒါပေမဲ့ ဒါဟာ အမြဲတော့ မမှန်ပါ။ ပြင်ညီပေါ်မှာဒီလိုကိုယ်စားပြုနိုင်ပေမဲ့ ကွေးနေတဲ့ မျက်နှာပြင်။ ဥပမာ စက်လုံးပေါ်မှာတော့ ဒါကအဆင်မပြေလှပါဘူး။ ချွန်ထွက်နေတဲ့မြှားကြီးကစက်လုံးမျက်နှာပြင်နဲ့ကင်းလွတ်နေလို့ပါ ပြင်ညီပေါ်မှာ vector တခု ကို အမှတ်တစ်နေရာမှတစ်နေရာကို direction မပြောင်းပဲရွှေ့တာကို parallel transport လို့ခေါ်ပါတယ်။ အပြိုင် ပို့ဆောင်ခြင်းပေါ့။ စက်လုံးလိုကွေးညွှတ်တဲ့မျက်နှာပြင်မှာတော့ ဒါဟာ ခက်ခဲတဲ့ ပြသနာတစ်ရပ်ပါ။ ဥပမာအားဖြင့် ကမ္ဘာလုံးကို တွေးကြည့်ပါ။ မြောက်ဝန်ရိုးစွန်းမှာ ဂရိစစ်သည် တစ်ယောက်ကလှံတချောင်းကိုင်ပြီးရပ်နေတယ် ဆိုပါစို့။ လှံက အဲ point မှာ ရေပြင်ညီ ကိုင်ထားတယ် ပေါ့။ နောက်တော့ အောက်က ပုံကစက်လုံးမှာအမှတ် A ဆီကိုလှံရေပြင်ညီကိုင်ရင်း သွားတယ်။ သင်္ချာအရ တော့ tangential ပေါ့။



လမ်းက ၂ ခုရှိတယ်။ တစ်ခုက A ကို တိုက်ရိုက်သွားတာနော်။ တစ်ခုက B ကတဆင့် A ကိုသွားတာ။ A ကိုရောက်တဲ့အချိန် သူ့လက်ထဲကလှံ ရဲ့ direction ဟာလမ်းကြောင်းပေါ်မူတည်ပြီး မတူပါဘူး ။ angle ထောင့်တစ်ခုကွာနေပါတယ်။ နောက်တစ်နည်းကတော့ N (north pole) မှတဆင့် B ထိုမှ A ထိုမှ N ဆီသို့ တပါတ်ပါတ်ခြင်းပါ။ တပါတ်ပြည့်လျင် လက်မှကိုင်ထားတဲ့ လှံတံဟာ ထောင့်တစ်ခု ကွာနေမှာပါပဲ။ ဒီဖြစ်စဉ်က ပြင်ညီပေါ်မှာဆို ထောင့်က 0 ပါ။ ကွေးနေတဲ့မျက်နှာပြင်တွေမှာသာ ထောင့်က သုညမဟုတ်တဲ့တန်ဖိုးဆောင်မှာပါ။ ဆိုလိုတာလှံရဲ့ direction ပြောင်းမှာပါ။ အဓိပ္ပာယ်က အမှတ် N ရဲ့ ကွေးခြင်းကို parallel transport လုပ်ပြီးရလာတဲ့ ထောင့်အားဖြင့်တိုင်းတာနိုင်ပါတယ်လို့ပြောတာပါ။ parallel transport ကို သင်္ချာနည်းအရပြောရင်တော့ connection ခေါ်ပါတယ်။ connection ရဲ့ အလိုက်ပြောင်းက curvature ပါ။ အိုင်းစတိုင်းရဲ့ အလိုအရတော့ spacetime မျက်နှာပြင်ဟာကွေးနေပြီး အဲဒီကွေးနေတဲ့မျက်နှာပြင်တစ်လျှောက် သွားတဲ့မည်သည့်အရာရဲ့ လမ်းကြောင်းမဆို ကွေးနေမှာပါ။ ဒါကြောင့်ဂြိုဟ်များရဲ့ပါတ်လမ်းဟာဘဲဥပုံရှိတာပါ။

Minkowski space

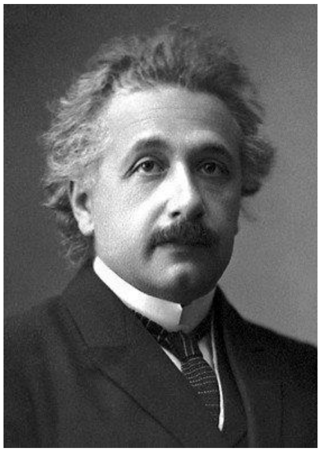
အိုင်းစတိုင်းရဲ့ special relativity ဟာ လူသားတွေရဲ့ အချိန် နေရာ ပေါ်အတွေးကို ထာဝရ ပြောင်းသွားစေပါတယ်။ ယခင်က အချိန် နဲ့နေရာဟာ အသေသတ်မှတ်ထားရတဲ့ နေရာကနေ ဖရိမ်ပေါ်မူတည်ပြောင်းလာပါတယ်။ အချိန်ပဲ ဖြစ်ဖြစ် နေရာပဲဖြစ်ဖြစ် အသေမဟုတ်တော့ပါဘူး။ ဒါတွေက ရှုသူပေါ်မူတည် ပြောင်းနေတဲ့အခါ တစ်ယောက်နဲ့တစ်ယောက်ကြား မတူတာ ဖြစ်လာနေပါတယ်။ ဒီတော့ ရူပဗေဒမှာ အားလုံး သဘောတူတဲ့အရာ ကောရှိပါသေးရဲ့လား။ ဒီမေးခွန်းကို အကောင်းဆုံး ဖြေခဲ့သူက တော့ဟာမန်းမင်ကောစကီးပါ။ သူက သင်္ချာပညာရှင် အိုင်းစတိုင်းရဲ့ဆရာပါ။ သူ့ရဲ့အိုင်ဒီယာ အစက ပွိုင်ကာရေး က စ တာပါ။ ပွိုင်ကာရေးက အချိန်ကို imaginary number i နဲ့သာ မြှောက်မယ်ဆိုရင် အချိန်ရဲ့ dimension ဟာ နေရာနဲ့အတူတူဖြစ်နိုင်ကြောင်းပြခဲ့ပါတယ်။ ဒါကိုသုံးပြီး မင်ကောစကီးက မက်စ်ဝဲလ်ရဲ့ လျှပ်စစ်သံလိုက်လှိုင်းဟာ ဖရိမ်ပေါ်မမူတည်ကြောင်းပြနိုင်ခဲ့ပါတယ်။ နောက်တစ်ဆင့်က တော့ အိုင်းစတိုင်းရဲ့ special relativity က postulate ၂ ခုရဲ့အကျိုးဆက်က ဒီ ၄ ဒိုင်မင်းရှင်းရှိတဲ့ မင်ကောစကီး မျက်နှာပြင်ဖြစ်ကြောင်းပါပဲ။ မင်ကောစကီး မျက်နှာပြင် ဟာဒိုင်မင်းရှင်း ၄ ခု ရှိတဲ့ မျက်နှာပြင်ပါ။ ဒီမတိုင်မှီက Euclidean space ခေါ်တဲ့ မျက်နှာပြင်ကိုသာ သုံးခဲ့ကြတာပါ။ ဒီမျက်နှာပြင်ပေါ်မှာ a^2 = b^2 + c^2 ဆိုတဲ့ ပိုင်သာဂိုရပ်ရဲ့နိယာမဟာ မှန်ပါတယ်။ မင်ကောစကီး မျက်နှာပြင်ကတော့ အချိန်ဆိုတဲ့ဒိုင်မင်းရှင်းကို ထပ်ထည့်ပြီးလက္ခဏာပြောင်းထားတာပါ။

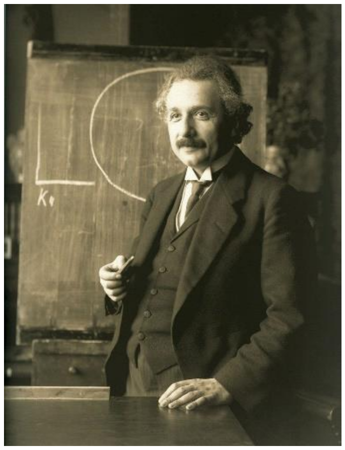
ds^2= c^2dt^2 -x^2-y^2-z^2

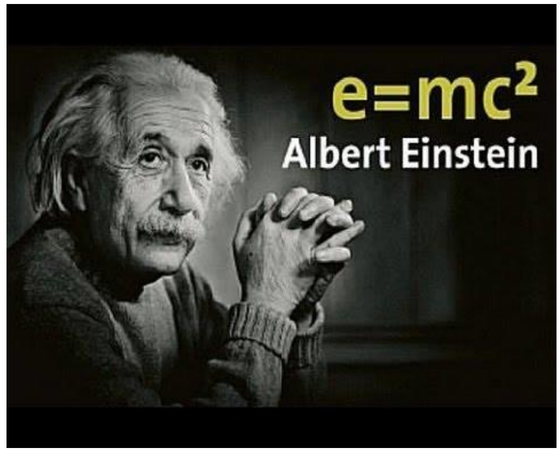
ပါ။ ဒီမျက်နှာပြင်မှာ မပြောင်းလဲတဲ့ အရာကတော့ ds^2 ပါ ဒါကဖြစ်စဉ် ၂ခုကြားက အကွာအဝေးဖြစ်ပြီး ဒီအကွာအဝေးဟာ ဖရိမ်အားလုံးအတွက် အတူတူပါပဲ။ ရှုသူအားလုံး သဘောညီကြတယ်ပေါ့။ အချိန်ရဲ့ အတိုင်းအတာ ဒါမှမဟုတ် အလျား တစ်ခုရဲ့အတိုင်းအတာကို တစ်ယောက်နဲ့တစ်ယောက် သဘောမတူရင်တောင်မှ ဒီအကွာအဝေးကတော့ မပြောင်းလဲပါ။ ဒါကို invariant လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒီကနေ တည်ဆောက်တဲ့နိယာမကလည်း မပြောင်းလဲတော့ ပါအရင်ပို့စ်တွေကပြောခဲ့တဲ့ လောရင့် ပြောင်းလဲခြင်းကို မှတ်မိမှာပါ။ ဒီပြောင်းလဲခြင်းမှာ နေရာရွှေ့ခြင်း၊ လည်ခြင်းနဲ့ အလျင်ပြောင်းလဲခြင်းဆိုပြီး ၃ ပိုင်းပါပါတယ်။ နေရာရွှေ့ခြင်းရဲ့အောက်မှာ ds^2 ဟာ မပြောင်းပါဘူး။ လည်ခြင်း rotation အောက်မှာလည်း ဒါကမပြောင်းပါဘူး။ ဥပမာအနေနဲ့ စက်ဝိုင်းရဲ့ အချင်းဝက်ဟာ စက်ဝိုင်းလည်ခြင်းအောက်မှာ မပြောင်းသလိုပါပဲ။ ဒါဆို အလျင်ပြောင်းခြင်း boost ကကောသူကလည်း လည်တာနဲ့ အတူတူပါပဲ။ ဒါကို Hyperbolic rotation လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒီဟိုက်ပါဘိုးလစ် လည်ခြင်းရဲ့ ထောင့်ဟာ အလျင်ပြောင်းခြင်းရဲ့ အလျင် v နဲ့တူပါတယ်။ တကယ်တော့ ကျွန်တော်တို့ဟာ မင်ကောစကီးမျက်နှာပြင်မှာနေတဲ့ သတ္တဝါများဖြစ်ပါကြောင်း။

Special relativity 1

Dr Albert Einstein က genius ဆိုတဲ့စကားလုံးရဲ့ မပျောက်ဆုံးနိုင်တဲ့သင်္ကေတပါ။ ဆံဖြူဖြူ ပွယောင်းယောင်း အေးချမ်းတဲ့မျက်နှာဝိုင်းဝိုင်းနဲ့သူဟာလူသားရဲ့တွေးခေါ်နိုင်မှုကိုအဆုံးနီးပါးပို့ ဆောင်ခဲ့သူပါ။ ငယ်စဉ်ကစာညံ့တယ်လိုသတ်မှတ်ခံရသူ သူဟာသူရဲ့ငယ်ဘဝကစတင်ခဲ့တဲ့ သိလိုစိတ်မှာပဲ ဘဝတစ်လျှောက်လုံးပျော်ဝင်ပြီးအဖြေကိုရှာတွေ့ခဲ့သူပါ။ သူဘာတွေတွေ့ခဲ့လဲသဘာဝကို အခြေခံကျကျ ဘယ်လိုမြင်ရမယ်လို့သူက လူသားတွေကို သင်ကြားပေးခဲ့လဲလေ့လာကြည့်ရအောင်ပါ။







အိုင်းစတိုင်းဟာစာတမ်း၂၀၀ ကျော်ပြုစုခဲ့ပါတယ်။ ဒီအထဲမှာ အရေးကြီးဆုံးတွေက

Brownian motion

photoelectric effect

Special relativity

General relativity

Bose-Einstein condensate

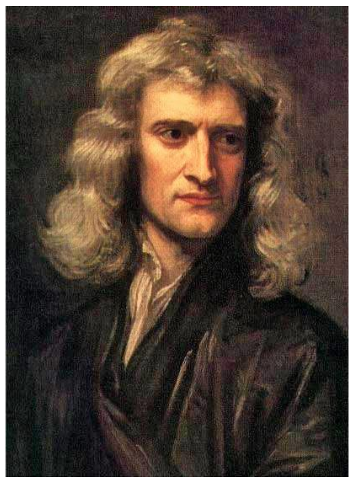
EPR paradox စသဖြင့်ပါ။

ခုခေါတ်မှာ touch screen ကို သုံးပြီးခုလို smart phone တွေကိုသုံးနေနိုင်တာ၊ မီးမရတဲ့ နေရာတွေမှာ solar panel တွေနဲ့ မီးရနေတာဟာ သူ့ရဲ့ photoelectric effect တွေ့ရှိမှုကြောင့်ပါ။ သူ Nobel ဆု ရခဲ့တာလဲ ဒီ effect ကြောင့်ပါ။ special relativity ကတော့ သဘာဝအပေါ် အမြင်ကို လုံးဝ ပြောင်းသွားစေတဲ့ concept ပါ။ ဒါကိုနားလည်ဖို့ သူ့မတိုင်ခင်က ပြသနာအချို့ကိုနားလည်ဖို့ လိုပါတယ်။ ဒါကိုသူဘယ်လိုရှင်းခဲ့လဲ။

to be continued.....

special relativity 2

နယူတန် နိယာမဟာသိပ္ပံရဲ့ ပထမဆုံးသောအောင်မြင်မှုပါ။ ကမ္ဘာကိုလကပါတ်နေတာ၊ ဒီရေတွေတိုးတာ ပန်းသီးမြေပေါ်ကြွေကျတာ၊ အမြောက်ဆံပစ်တာ စသဖြင့်များစွာသောအကြောင်းအရာ တွေကို ညီမျှခြင်း ၃ ကြောင်းနဲ့ရှင်းပြနိုင်ခဲ့ပါတယ်။ စကားအရပြောရရင် သူ့ရဲ့ ဒုတိယနိယာမက အခရာကျပါတယ်။ အဟုန် ပြောင်းလဲခြင်းသည် အားနှင့်တိုက်ရိုက်အချိုးကျသည်လို့ ဆိုပါတယ် ။ သို့ရာတွင် ၎င်း ညီမျှခြင်းမှာနေရာတိုင်းတွင် မမှန်ပါ။ inertial frame တွင်သာမှန်ပါသည်။ ဂယ်လီလီယိုက စကြာဝဠာတွင် သင်တယောက်တည်းရှိသည့်အခါ သင်သည်ရပ်နေမှာလား၊ ရွေ့နေမလားဟု မေးမြန်းခဲ့ပါသည်။ သင်ကောမည်သို့ထင်ပါသလဲ။



အားသက်ရောက်ခြင်းမခံရသော နေရာတစ်ခုသည် ရပ်နေပါကရပ်မြဲရပ်နေပြီး ရွေ့နေပါက ကိန်းသေအလျင်ဖြင့်ရွေ့မြဲရွေ့နေပါမည်။ ၎င်းကို ဤသို့အားသက်ရောက်မခံရသောနေရာ frame ကို inertial frame ဟုခေါ်ပါသည်။ ယင်းမှာနယူတန်၏ ပထမနိယာမဖြစ်ပြီး ၎င်း Inertial frame တွင်သာ နယူတန်၏ ဒုတိယနိယာမ f = ma မှာမှန်ပါသည်။

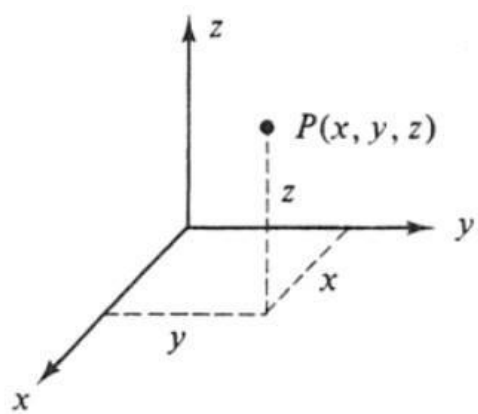
ဒါနဲ့စကားမစပ် စကြာဝဠာမှာသင်တယောက်ထဲရှိလျှင် ရပ်နေမှာလား၊ ရွေ့နေမလား cb မှာ ဆွေးနွေးကြည့်ပါလား။

to be continued……

Special relativity 3

Frame ဆိုတာက ဘာကိုဆိုလိုချင်တာလဲ။ ဒါကိုစခဲ့တာက Descartes ပါ။ သူက I think so I am ငါတွေးတယ် ဒါကြောင့်ငါရှိတယ်လို့ပြောခဲ့တဲ့ တွေးခေါ်ရှင်၊ သင်္ချာပညာရှင်ပါ။ Cartesian coordinate က သူ့ရဲ့ရူပဗေဒ ကိုအုတ်မြစ်ချမှုပါ။ x axis နှင့် y axis ပါတဲ့ ပြင်ညီကို လူတိုင်းတွေ့ဖူးမှာပါ။ ဒီပြင်ညီဟာ frame ပါပဲ။

Frame of reference လို့လဲခေါ်ပါတယ်။



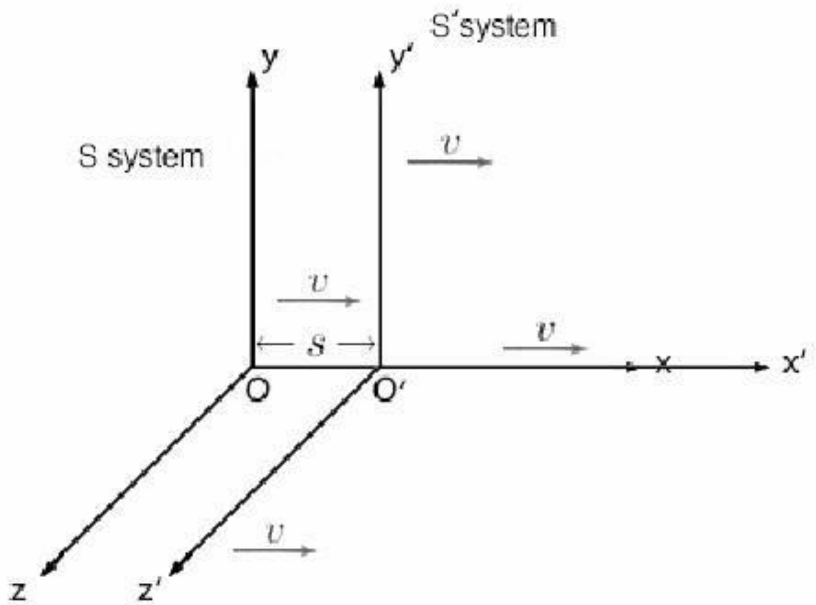
ဒီနည်းနဲ့ ကျွန်တော်တို့ပါတ်ဝန်းကျင်မှာဖြစ်ပျက်သမျှကို တိတိကျကျမှတ်တမ်းတင်နိုင်ပါတယ်။ သင်ဟာ သင်ရှိတဲ့နေရာကို တယောက်ယောက်ကိုချိန်းမယ်ဆိုရင် frame of reference ဟာ မရှိမဖြစ် လိုအပ်ချက်ပါ။ နာရီစင်ရဲ့မြောက်ဖက်မှာငါရှိနေတယ်။ ဒါက one dimensional coordinate ပါ။ နာရီစင်ကို zero လို့ယူ reference လုပ်ပြီး ကိုယ့်ရဲ့တည်နေရာကို သူများနားလည်အောင်ညွှန်တာပါ။

Cartesian coordinate ကြောင့် f = ma လို ညီမျှခြင်းတွေကတွက်ချက်နိုင်တာပါ။ Frame တွေမှာ ရပ်တည်နေတဲ့ frame တွေရှိသလို ရွေ့နေတဲ့ frame လဲရှိပါတယ်။ ဥပမာ ရထားပါ။ ရထားပေါ်မှာသင်ရှိနေရင် အပြင်ကိုသာမကြည့်မိရင် သင့်အတွက်တော့သူကလည်းရပ်နေတဲ့ frame

တစ်ခုပါ။ အပြင်ကလူအတွက်တော့ သင်ကရွေ့နေတဲ့ frame ပေါ်မှာပါ။ Frame ရဲ့အလျင်နှုန်းကလည်း ကိန်းသေနှုန်းနဲ့ရွေ့တာနဲ့ တိုးလိုက်လျော့လိုက် acceleration ရှိတာနဲ့မတူပါ။ နယူတန်ရဲ့နိယာမက ကိန်းသေအလျင်နဲ့ရွေ့နေတဲ့ frameပေါ်မှာသာမှန်ပါတယ်။ Frame ကို x y နဲ့သာမကပဲ x t (x က နေရာ t က အချိန် x y z t ဆို အလျား၊ အနံ၊ အမြင့်၊ အချိန် ၄မျိုးလုံးပေါ့) နဲ့လဲ ပြုလုပ်နိုင်ပါတယ်။

Special relativity 4

Inertial frame တွေကလောကမှာအများကြီးပါ။ ကိန်းသေအလျင်နဲ့ရွေ့လျားနေတဲ့ ရထားတွေ၊ ကားတွေ၊ သင်္ဘောတွေအားလုံးဟာ Inertial frame များပါ။ နယူတန် second law က ဒါတွေ အားလုံးမှာ မှန်ပါတယ်။ ဒီလိုမှန်ဖို့ frame တစ်ခုက နောက်တစ်ခုကို ပြောင်းတဲ့ညီမျှခြင်းရှိရပါတယ်။ ဒီညီမျှခြင်း အောက်မှာ newton law ဟာ ပုံစံတမျိုးပဲရှိရပါတယ်။ ဆိုလိုတာက ဘယ် frame မှာပဲ ဒီညီမျှခြင်းကို ရေးရေး f = ma ဆိုတဲ့ ပုံပဲရှိရပါတယ်။ ဒါကို ဂယ်လီလီယံ relativity လို့ခေါ်ပါတယ်။



$$\left.\begin{aligned} x' &= x - vt \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= t \end{aligned}\right\} \text{Galilean Transformation Equations}$$

$$\left.\begin{aligned} x &= x' + vt' \\ y &= y' \\ z &= z' \\ t &= t' \end{aligned}\right\} \text{Galilean Inverse Transformation Equations}$$

ညီမျှခြင်းအားဖြင့်

x '=x -vt

t' = t

x' က inertial frame နောက်တခု x ကလည်းinertial frame ပဲ x' နဲ့တော့မတူဘူး။ t က အချိန်ဒီမှာ t' နဲ့ t ကတူတယ်လို့နယူတန်ကယူဆလို့ပါ။ အားလုံးအတွက် တစ်ခုတည်းသော အချိန်ရှိတယ်လို့ နယူတန်က ယူဆခဲ့တယ်။

Wagon reference frame Ground reference frame

v က ကိန်းသေvelocity ပါ။ နယူတန်နိယာမဟာ ဂယ်လီလီယန် relativity အောက်မှာ မပြောင်းလဲပါဘူး။ calculus နားလည်ရင်တော့ f = ma ထဲမှာ x'= x -vt ကို ထည့်တွက်ကြည့်ပါ။ မပြောင်းတာတွေ့ရပါလိမ့်မယ်။ နောက်တစ်ခုက နယူတန်ညီမျှခြင်းဟာ rotation (space ကို လှည့်ခြင်း အောက်မှာ ဆိုလိုတာက x direction ကို y သို့ z သို့ပြောင်းလှည့်ခြင်းအောက်မှာ) မပြောင်းလဲပါဘူး။ ဒါကို Galilean group လို့ခေါ်ပါတယ်။ group theory ဆိုတာ symmetry အကြောင်းကို လေ့လာတဲ့ သင်္ချာ သူ့အကြောင်းတော့ နောက်မှရေးပါတော့မယ်။

to be continued......

Special relativity 5

Leibniz ဟာနယူတန်နှင့်အပြိုင် calculus ကိုထွင်ခဲ့တဲ့သင်္ချာပညာကျော်ပါ။ သူက နယူတန်ရဲ့ absolute space and absolute time ကိုလက်မခံခဲ့ပါဘူး။

Absolute လုံးဝဥသုံဆိုတာ ဒီနေရာမှာတော့ space ဆိုရင် ဘယ် frame က ကြည့်ကြည့် (ဒီနေရာမှာ ကြည့်ကြည့်ဆိုတာ တိုင်းတာဒါကိုဆိုလိုပါတယ်) ဘယ်သူကတိုင်းတိုင်း အတူတူဖြစ်နေတဲ့ အကွာအဝေးကို ဆိုလိုတာပါ။ ဥပမာ ကမ္ဘာပေါ်က မဟာတံတိုင်းဟာ သူ့အပေါ်ကတိုင်းတိုင်း၊ အာကာသ ကတိုင်းတိုင်း၊ အင်္ဂါဂြိုဟ်ကတိုင်းတိုင်း သင့်လျော်တဲ့ unit နဲ့ဆို အတူတူဖြစ်ရမယ်လို့ ဆိုလိုတာပါ။ ဒီလိုပဲ အချိန်နဲ့ပါတ်သက်ရင်လည်း လူတစ်ယောက်ရဲ့အချိန်နှင့် နောက်တစ်ယောက်ရဲ့ အချိန်ကတူညီမှရမယ်လို့ ကျွန်တော်တို့တွေခုချိန်ထိမြင်နေတုန်းပါ။ ဒါမှလည်း သမီးရည်းစား ချိန်းတွေ့ဖို့ ကိစ္စက လွယ်ကူမှာ မဟုတ်ပါလား။ သူ့အချိန်နှင့်ကိုယ့်အချိန်လွဲနေရင် ကောင်မလေးက သူ့ကိုမလေးစားဘူးဆို စိတ်ကောက် သွားနိုင်ပါတယ်။ အဲတာကအကြီးကြီး shock ပါ။

နယူတန်က သီဝရီတခုလက်တွေ့ဖော်ထုတ်နိုင်ဖို့အတွက် နောက်ခံကားချပ်ဇာတ်ခုံဖြစ်တဲ့အချိန်နဲ့နေရာ ကိုအသေ(absolute) လုပ်ခဲ့ရပါတယ် frame ကိုလုပ်ထားတဲ့x နဲ့ t သို့မဟုတ် အချိန်နဲ့နေရာ ဟာ

အသေပါ။ ဒီတော့ frame ကလည်း အသေပေါ့။ လိုက်ဘ်နစ်ကတော့ လက်မခံပါ။ ဒါကြောင့် ဝေဖန်ခဲ့ပါတယ်။ စကားမစပ် ကဲကုလပ်စ် အကြောင်းနည်းနည်းပြောပြပါမယ်။ ကမ္ဘာပေါ်မှာ သဘာဝမှာ အရာရာတိုင်းဟာ ဖြစ်ပျက်ပြောင်းလဲနေတာပါ။ ပြောင်းလဲတိုင်းမှာပြောင်းလဲနှုန်း အနေးအမြန်ဆိုတာရှိပါတယ်။ ပြောင်းလည်းမှုတိုင်းကလည်း တစ်ခုခုပြောင်းတော့မှ နောက်တစ်ခုခုကလိုက်ပြောင်းတာပါ။ ဥပမာ တောင်ခါးပန်းတစ်ခုကို တက်တယ်ဆိုပါတော့။ သင်ကရှေ့ကိုတိုးလေ အပေါ်ကိုတက်သွားလေပါ။ ဒါကို မတ်စောက်မှုလို့ခေါ်ပါတယ်။ရှေ့နည်းနည်းတိုးရုံနဲ့ အပေါ်များများရောက်ရင် ဒါအတော်မတ်တယ်လို့ ပြောပါတယ်။ ဒီသဘောတရားကိုပြောတဲ့သင်္ချာ differential calculus ပါ။ အမှန်တော့ အပြောင်းလဲတွေ အကြောင်း လေ့လာတဲ့သင်္ချာဖြစ်ပြီး လောကတစ်ခုလုံးက ပြောင်းလဲနေတော့ နိယာမတွေကို ဒီသင်္ချာနဲ့ ရေးမှရတာ မဆန်းပါဘူး။ စိတ်ဝင်စားဖို့ တကယ်ပဲ ကောင်းပါတယ်။ သင်္ချာဟာ တွေးပုံတွေးနည်းပါ။ စနစ်တကျလုပ်ထားတဲ့တွေးနည်းပါ။ တွက်ရတဲ့အရာမဟုတ်ပါ။

to be continued……

special relativity 6

အိုင်းစတိုင်းမတိုင်ခင် အဖြစ်အပျက်နောက်တစ်ခုကတော့ James clerk Maxwell ပါ။ သူက လျှပ်စစ်နဲ့ သံလိုက်စက်ကွင်းကို ပေါင်းစပ်ခြင်းဖြင့် အလင်းကိုတွေ့ခဲ့ပါတယ်။ သူ့ရဲ့အလင်းဟာ ကိန်းသေအလျင်ဖြစ်ပြီး ဘယ် frame ကတိုင်းတိုင်း ဒီဂဏန်းပါပဲ။

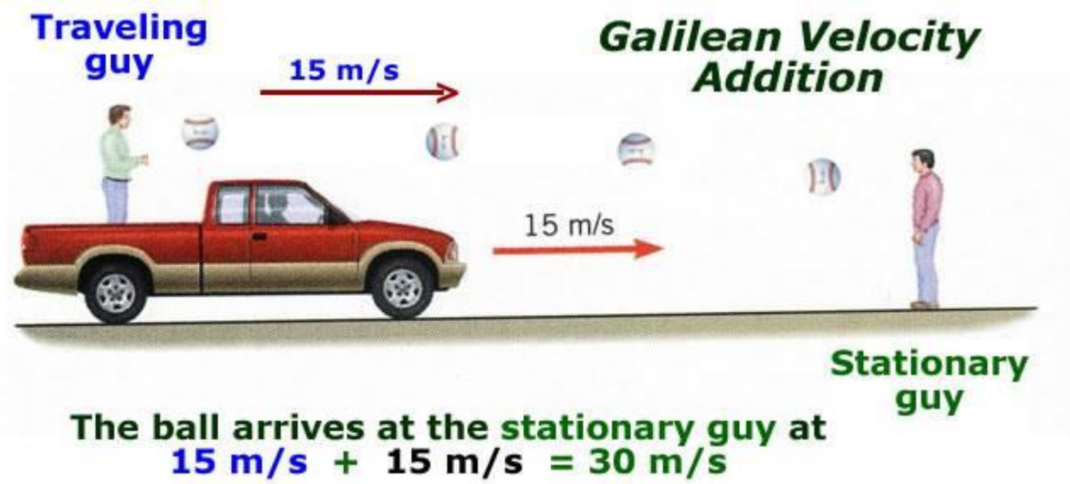
c = 299792458 m/s

c က exact ပါ။ အရမ်းတိကျတဲ့ကိန်းဂဏန်းတစ်ခုပါ။ နောက်ဒီကိန်းက ဘယ်နေရာကတိုင်းတိုင်းဒီကိန်းပါ။ ပြေးနေတဲ့ရထားပေါ်မှာလည်း ဒီကိန်းပါ။ လွန်းပျံယာဥ်ပေါ်က ထုတ်လွှတ်လည်း ဒီကိန်းပါ။ ပြီးတော့ ဒါဟာ လက်တွေ့စမ်းသပ်မှုက အကြိမ်ကြိမ်ပြုလုပ် ထောက်ခံထားတဲ့ အချက်ပါ။ ပထမဆုံးအလင်းအလျင်ကို တိုင်းလို့ရနိုင်တယ်လို့သတိပြုမိသူက အိုလေရိုးမားပါ။ နက္ခတ္တပညာရှင်ပါ။ ဂျူပီတာရဲ့အတွင်းဆုံးလ အိုင်အိုရဲ့ပါတ်လမ်းကိုတိုင်းတော့ ကမ္ဘာနဲ့နီးရင်တိုပြီး ဝေးရင်းတူညီတဲ့ပမာဏနဲ့ရှည်ကြောင်းသတိပြုမိခဲ့တယ်။ သူက ဒါဟာ လ က လွှတ်တဲ့အလင်းရဲ့အလျင်ဟာ ကိန်းသေဖြစ်လို့ပဲ ဖြစ်ရမယ်လို့ စဉ်းစားခဲ့တယ်။

နောက်တော့လည်နေတဲ့မှန်တွေသုံးပြီး အလင်းအလျင်ကို အတော်လေးတိတိကျကျ တိုင်းလာနိုင်ပါတယ်။ အဲနောက်တော့အလင်းနဲ့ပတ်သက်လို့ သီဝရီဖုံးကွဲမှုဖြစ်ပါလေရော။ မက်စ်ဝဲလ်က အလင်းအလျင်ဟာ Constant လို့သက်သေပြလို့ပါ။ ဂယ်လီလီယန် relativity အရဆိုပါတော့။ သင်က ပလတ်ဖောင်းပေါ်မှာ ပလတ်ဖောင်းမင်းသားလုပ်နေတယ်။ ဘေးကရထားတစ်စင်းက အလျင် v နဲ့ ဖြတ်သွားတယ်။ ရထားပေါ်က မီးလုံးကအလင်းကို c နဲ့ ထုတ်လွှတ်တယ်။ ရထားပေါ်ကတိုင်းရင်အလျင် c လို့ဆိုလိုတာပါ။ ပလတ်ဖောင်းမင်းသားသင်က ဂယ်လီလီယို relativity အရဆို

$c' = c + v$

လို့ရပါမယ်။



မက်စ်ဝဲလ်က c ဟာ မပြောင်းဘူးလို့ပြောထားပေမဲ့ ဂယ်လီလီယိုကပြောင်းတယ်တဲ့ ။ ဘယ်ဟာမှန်သလဲ ၁၈၈၇ မှာ မိုက်ကယ်ဆန်နှင့် မော်လေက ဘာသူမှန်လည်းသိဖို့ စမ်းသပ်ချက်လုပ်ခဲ့တယ်။ ရလာဒ်က အလင်းအလျင်ဟာ ကိန်းသေ။ မက်စ်ဝဲလ်မှန်တယ်။ ဘာတွေဖြစ်ကုန်ပြီလဲ။ နယူတန်မှားနေလား၊ ဂယ်လီလီယိုမှားနေလား။ ဘာမှားနေတာလဲ။ ဒီကိစ္စကိုနှစ်ပေါင်း ၅၀ တိုင် ပညာရှင် အကျော်အမော်တွေမဖြေရှင်းနိုင်ခဲ့ပါ။ တစ်နေ့တော့ မှတ်ပုံတင်ရုံးကမထင်မရှား စာရေးလေးတစ်ယောက်က ပြောတယ်။ ဒီလိုဒီလိုအတွေးကို ပြောင်းလိုက်ရင် ဒီပြဿနာက ပြေလည်သွားမှာပါတဲ့။ ဘယ်လိုပြောင်းလဲရမှာလည်း။

to be continued..........

special relativity 7

အိုင်းစတိုင်းက သူ့သီဝရီကို Postulate ၂ ခုနဲ့စခဲ့ပါတယ်။ ပထမတစ်ခုကprinciple of relativity သဘာဝရဲ့နိယာမဟာ ဘယ် frame ကပြောပြောအတူတူပဲဖြစ်ရပါမယ်။ ဒါကရှင်းပါတယ်။ ကမ္ဘာပေါ်မှာ နိယာမက တစ်ခု၊ အင်္ဂါဂြိုဟ်ပေါ်မှာ နောက်တစ်ခု၊ ယခုအချိန်မှာ တစ်ခု၊ အရင်တုန်းကတစ်ခုဆိုရင် အဲနိယာမကို နိယာမလို့တောင် မခေါ်သင့်တော့ပါဘူး။ ဒီတော့ frame တိုင်းမှာ နိယာမရဲ့ပုံစံ (equationရဲ့ ပုံစံ) တူဖို့ရန် equation နဲ့ frame ရဲ့ အခြေခံဖြစ်တဲ့ အချိန် နဲ့ နေရာကို frame S နဲ့ frame S' ကြားမှာ ဆက်သွယ်တဲ့ နောက်ထပ်ညီမျှခြင်းတစ်ခုရှိရမှာပါ။ ဒီမှာ S က ကြိုက်ရာ inertial frame တစ်ခုကို ဆိုလိုပြီး S' (s prime လို့ဖတ်ပါ) က S နဲ့ မတူတဲ့ S နှင့်နှိုင်းယှဉ်ရင် (relative to) velocity v နဲ့သွားနေတဲ့ နောက်ထပ် inertial frame တစ်ခုပါ။ ဒါကြောင့် principle of relativity လို့ခေါ်တာပါ။ ဒုတိယ Postulate က constancy of speed of light အလင်းအလျင်ဟာ Vacuum မှာဆို ဘယ် frame က တိုင်းတိုင်း ကိန်းသေပါ။ ဒီpostulate 2 ခု ကိုလက်ခံမယ်ဆိုရင် ပြောင်းလဲဖို့လိုတာကဘာလဲ ။ အလင်း အလျင်ဟာကိန်းသေဖြစ်တယ်။ frame တိုင်းမှာ တူရမယ်။ ဒါဆို ဂယ်လီလီယိုရဲ့ relativity equation ပုံစံကို ပြောင်းသင့်တယ်။ ဒါဆိုနယူတန်သီဝရီကိုလည်း နည်းနည်းပြောင်းရမယ်။

$x' = x - vt$

$t' = t$

အစား

$x' = r(x - vt)$

$t' = r(t - b\,vx)$

ဆိုပြီး အိုင်းစတိုင်းက equation ကိုထပ်ဖြည့်လိုက်တယ်။ ဒီမှာ

x' က S' frame မှာရှိတဲ့ position

x က S frame မှာရှိတဲ့ position

t' က S' frame မှာရှိတဲ့ time

t က S frame မှာရှိတဲ့ time

v က S' နဲ့ S ကြားက relative velocity

r က ညီမျှခြင်းကိုပြင်ရင် လိုအပ်မဲ့ factor

b က vx ကိုdimensional consistancy ဖြစ်ဖို့ထည့်ထားတာပါ။

b = 1/ c^2 ပါ

r နဲ့ b ကိုခဏ ဖယ်ကြည့်ရင် equation ၂ ကြောင်းဟာ symmetric ဖြစ်တာဘက်ညီတာကိုတွေ့ရမှာပါ။

x' = x - vt

t' = t - vx

X = (x ; t)

X' ▯ x' ; t')

လို့ matrix နည်းနဲ့ခြုံ့ရေးရင်equation ကတကြောင်းထဲဖြစ်သွားမှာပါ။ matrix equation ပေါ့။

X' = RX

R က 2 × 2 matrix ပါ။ သူ့ထဲမှာ r ပါပါတယ်။ r ရဲ့ တန်ဖိုးက

r = square root of 1 / (1 - v^2 / c^2) ပါ။

$$\begin{pmatrix} ct' \\ x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma & -\gamma\beta & 0 & 0 \\ -\gamma\beta & \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} ct \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

အိုင်းစတိုင်းဟာဒီညီမျှခြင်းကို ဖန်တီးလိုက်ခြင်းအားဖြင့်အချိန်ဆိုသော သဘောတရားနဲ့ နေရာဆိုသော သဘောတရားဟာကွဲပြားသယောင်ရှိပေမဲ့ အတူတူသာဖြစ်ကြောင်းပြောပြခဲ့ခြင်းပါ။ အချိန်ဆိုတာ နေရာတစ်မျိုးသာ ကျွန်တော်တို့ဟာ သုံးဘက်တိုင်းလောကမှာနေထိုင်ခြင်းမဟုတ်ပဲ လေးဘက်တိုင်း စကြာဝဠာ အလျားအနံအမြင့်အချိန်တနည်း x y z t ဆိုသော ဇာတ်ခုံမှာ နေထိုင်လှုပ်ရှားကပြနေသော ဇာတ်ရုပ်များဖြစ်ကြောင်း ရှင်းပြခဲ့ပါတယ်။

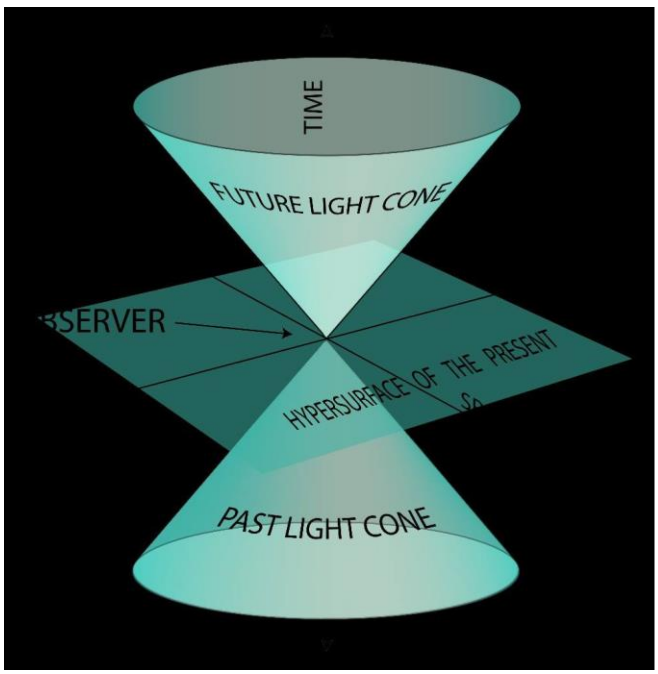
to be continued......

Special relativity 8

အိုင်းစတိုင်းရဲ့ ညီမျှခြင်းကို အရင်ပို့စ်မှာမြင်ဖူးအောင်ပြခဲ့ပြီးပါပြီ။ အသေးစိတ်ရေးဖို့ အခက်အခဲရှိတာကို ခွင့်လွှတ်ပါ။ ဒီညီမျှခြင်းကဘာများအရေးပါလဲ။

ဟုတ်ကဲ့။

အဲညီမျှခြင်းကို ဟိုပြောင်းဒီပြောင်းလျှောက်လုပ်လိုက်ရင် အရေးကြီးတဲ့သဘာဝရဲ့ဖြစ်စဉ်များ ဘွားဘွားကြီးပေါ်လာတာပါ။ အလင်းအလျင်လောက်မြန်လာရင် အရာဝတ္ထုများဟာ ဦးတည်ရာဘက်မှာ တိုဝင်လာတယ်။ အလင်းအလျင်လောက်မြန်လာရင် အချိန်ဟာနှေးကွေးပြီး နောက်ဆုံးရပ်တန့်သွားတယ်။ အလင်းအလျင်လောက်မြန်လာရင် ဒြပ်ထုဟာတဖြည်းဖြည်းတိုးလာပြီး နောက်ဆုံးတွင် စကြာဝဠာ တစ်ခုလုံး၏ အလေးချိန်ဖြစ်လာမည်။ ထို့ကြောင့် ဒြပ်ထုများသောအရာများကို အလင်းအလျင်ဖြင့် သွားစေရန် မဖြစ်နိုင်ပါ။



သင့်အချိန်နှင့်ကျွန်တော့်အချိန်မတူပါ။ လူတိုင်းအရာတိုင်းမှာ ကိုယ်ပိုင်အချိန်ရှိတယ်။ သူ့ကြာချိန်နဲ့ ကိုယ့်ကြာချိန်မတူတာကို ဆိုလိုတာပါ။ တပြိုင်နက်တည်းဖြစ်သောအဖြစ်အပျက်မရှိပါ။ မင်း နဲ့ ငါ 123 ရေပြီးတပြိုင်နက် လုပ်ကြမယ်ဆိုတာမျိုးက အဓိပ္ပာယ်မရှိပါ။ ကျွန်တော်တို့ရဲ့မြန်ဆန်မှုက အလင်းအလျင်နှင့် ယှဉ်ရင် တအားနှေးနေလို့သာ အဓိပ္ပာယ်ရှိသယောင် ထင်ရတာပါ။ ညကာလမှာ ကျွန်တော်တို့ကြည့်မိတဲ့ ကြယ်တွေဟာ အတိတ်ကကြယ်တွေပါ။ တစ်နည်း ကျွန်တော်တို့ဟာအတိတ်ကိုသာမြင်ရပြီး ပစ္စုပ္ပန်ကို မမြင်နိုင်၊ မသိနိုင်ပါ။ ဒြပ်ထု mass ဟာ စွမ်းအင်တစ်မျိုးပါ။

E = mc^2

ဒါတော့ လူအတော်များများ သိကြပါတယ်။ အဟုန် mv ဟာ စွမ်းအင်တစ်မျိုးပါ။ အကြောင်းအကျိုး သက်ရောက်နိုင်စွမ်းမရှိသော causality မရှိသော စကြာဝဠာ၏ အစိတ်အပိုင်းများရှိသည်။ မည်သည့်အရာမှ အလင်းထက်မြန်အောင် မသွားနိုင်ပါ။ အထက်ပါအချက်များက သူ့ညီမျှခြင်းက ဟောကိန်းထုတ်ခဲ့ပြီး လက်တွေ့စမ်းသပ်မှုက ထောက်ခံထားသော သိပ္ပံတွေ့ရှိချက်များပါ။ အောက်မှာ အဲ့အချက်များကို ပြောပြသော equation ပုံများကိုတင်ပေးထားပါတယ်။ မြင်ဖူးယုံပါ။

$$\frac{L'}{L} = \sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2} \qquad \frac{L'}{L} = \sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

$$\frac{m'}{m} = \frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}} \qquad \frac{m'}{m} = \frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$$

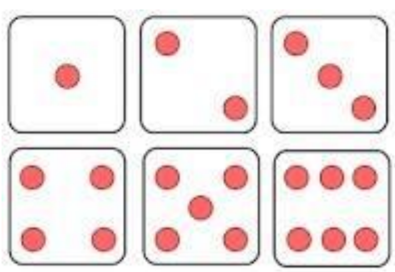
$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

Where
m = mass of object in motion
m_o = rest mass of object

၁၉၀၅ ခုနှစ်မှာ အိုင်းစတိုင်းဟာ မထင်မရှားစာရေးလေးဘဝကနေ ထင်ရှားတဲ့ genius တစ်ယောက်ဖြစ်လာခဲ့ပါတယ်။ သူ့နောက်ပိုင်းမှာ ကျွန်တော်တို့ရဲ့ စကြာဝဠာဟာ 4 dimensional Mankowski space ဖြစ်မှန်းသိခဲ့ရပါကြောင်း အကျဉ်းမျှတင်ပြအပ်ပါတယ်။

ကံရဲ့သင်္ချာ

ဒီနေ့တွတ်ပီ ကံမကောင်းပါလား။ ကျွန်တော်တို့ကြိုက်တဲ့ မြိုင်ရာဇာတွတ်ပီရဲ့ စကားလေးပါ။ သူဘာကိုဆိုလိုချင်တာလဲ? ကံဆိုတဲ့စကားကိုထည်လဲ သုံးကြပေမဲ့ တကယ်တော့ ဒါဟာ calcium ကွေကာပါ။ ကိုယ့်အတွေးနဲ့ ကိုယ်သောက်နေကြတာပါ။ ကံကောင်းတယ်ဆိုတာ တချို့ကလဲ အလုပ်ကောင်းလို့ (ကြိုးစားလို့) တစ်ချို့ကလည်း lucky ကောင်းတာတစ်ချို့လဲ ရှေ့ဘဝကကောင်းခဲ့လို့ အမျိုးမျိုး ကိုယ့်အဓိပ္ပာယ်နဲ့ ကိုယ်ပြောကြတာပါ။ အင်္ဂလိပ်မှာတော့ သဲကွဲတယ်ပြောရမလား။ fate destiny luck unlucky စသဖြင့်ရှိပါတယ်။ ခုဒီပို့စ်မှာရေးချင်တာကတော့ luck ပါ။ chance ဆိုရင်တော့ပိုမှန်ပါတယ်။ အံစာတုန်းခေါက်တဲ့အခါ ကိုယ်ကျချင်တာ ကျသလိုမျိုး ဖြစ်ချင်တာဖြစ်နေတဲ့လောကထဲမှာ ကျပမ်းဖြစ်စဉ်တွေအကြောင်း စနစ်တကျလေ့လာထားတဲ့ သင်္ချာတစ်ခုနဲ့ မိတ်ဆက်ပေးချင်တာပါ။ သူကတော့ probability ပါ။ လေ့လာရတာ တန်ရဲ့လား။ တန်ပါတယ်။ လောကဟာ random (ကျပမ်း)ပါ။ သဘာဝကိုရေးထားတဲ့ ကွမ်တမ်ဟာကျပမ်းပါ။ အစိတ်အပိုင်းတွေအများကြီးပါတဲ့ အဖွဲ့အစည်းတိုင်းဟာ ကျပမ်းပါ။ Correlation တိုင်းဟာကျပမ်းပါ။ နောက်နေ့နေသာမှာလား၊ မိုးရွာမှာလားတောင် ကျပမ်းပါ။ ကျပမ်းတွေနေတဲ့ လောကမှာ ကံဆိုတာ ကိုယ်လိုချင်တဲ့ ကျပမ်းပါ (ကိုယ်ဖြစ်ချင် တဲ့တိုက်ဆိုင်မှု) probability ဟာ ကျပမ်းများကိုလေ့လာပါတယ်။

Probability ဟာလောင်းကစားသမားတွေနဲ့ စခဲ့တဲ့သင်္ချာ။ ဘလေ့စ်ပါစကယ်ကို အံစာတုန်းသမား တစ်ယောက်က စာရေးရင်းလှမ်းမေးရာက သင်္ချာဖြစ်လာတဲ့ဘာသာရပ်ပါ။ ဒီတော့ ကျွန်တော်တို့လည်း ကြွေအံပစ်ကြည့်ကြရအောင်။

to be continued........

ကံရဲ့သင်္ချာ (၂)

၁၇ ရာစုမှာ ဘလေ့စ် ပါစကယ် က ကိန်းတွေနဲ့ တည်ဆောက်ထားတဲ့ တြိဂံတစ်ခုကို တွေ့ခဲ့ပါတယ်။ ဒါကို ပါစကယ် တြိဂံလို့ ခေါ်ပါတယ်။

1

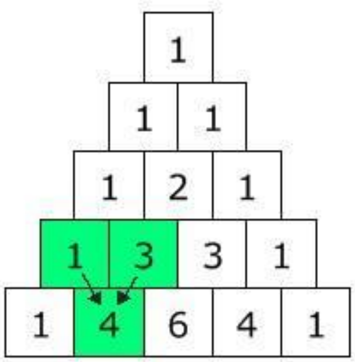
1 1

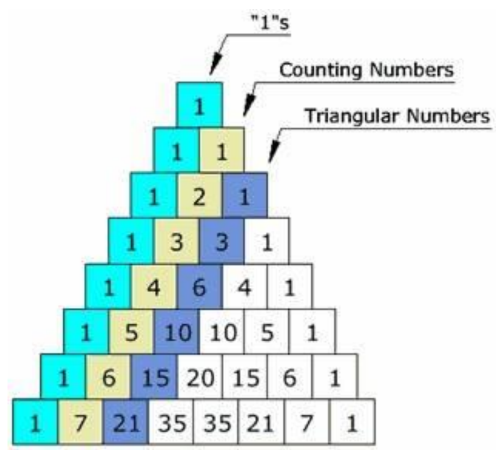
1 2 1

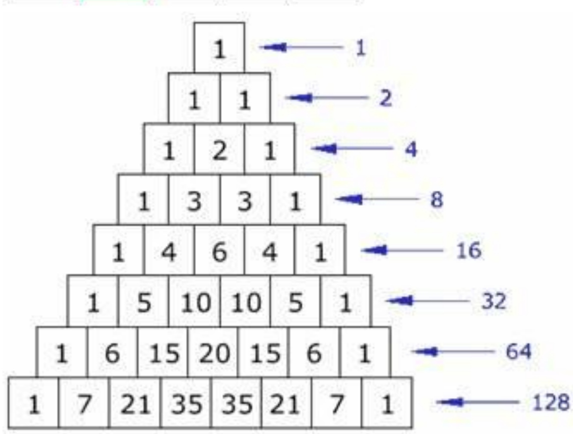
1 3 3 1

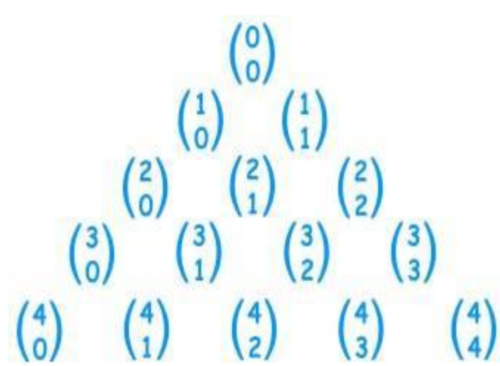
1 4 6 4 1

1 5 10 10 5 1









ပါစကယ် တြိဂံကို ပါစကယ် မတိုင်ခင်ကတည်းက ဂရိ၊ အိန္ဒိယ၊ တရုတ်နှင့် အာရေဗျတွေက တွေ့ခဲ့ပါတယ်။ အချစ်ရယ်၊ ပေါင်မုန့်တစ်လုံးရယ်၊ ဝိုင်တခွက်ရယ်နဲ့ဆို လောကဟာချမ်းသာဆိုပြီးရေးခဲ့တဲ့ ကဗျာဆရာ အိုမာခေယမ် ဟာ ၁၁ ရာစုတည်းက ဒါကိုတွေ့ခဲ့တာပါ။ ပါစကယ်တြိဂံ ကို

တည်ဆောက်ပုံကဒီလိုပါပထမ ၁ ကိုရေးတယ်အောက်မှာ ၁ နှစ်လုံးကိုရေးတယ်အောက်မှာ ၁နဲ့စပြီး ကျန်တဲ့ကိန်းတွေ ကအပေါ် ၂လုံးပေါင်းလဒ်ပါ။ဥပမာ ဒုတိယတန်းက 2 ဟာ အပေါ်က1 အပေါင်း 1 ပါတတိယတန်းက 3 ဟာ အပေါ်က 1 နဲ့ 2 ပေါင်းထားတာပါသေချာကြည့်ကြည့်ပါ ပါစကယ် တြိဂံရဲ့အတန်းတွေကိုခေါ်ပုံက 1တလုံးထဲ ရှိတဲ့အတန်းကို row 0 1 နှစ်လုံးရှိတဲ့ အတန်းကို row 1 1 2 1 အတန်းကို row 2 1 3 3 1 အတန်းကို row 3 စသဖြင့် ဒီတော့ row ရဲ့ နံပါတ်က n ဆိုရင် အဲဒီ row မှာ n + 1 ကိန်း (တနည်း column) ပါပါတယ်။ row 1 မှာ ၂ လုံး၊ row 2 မှာ ၃ လုံးစသဖြင့် row ကို n column ကို r လို့ သတ်မှတ်ရင် ဒါကို

$$\binom{n}{r}$$

လို့ရေးပါမယ်။ ဒါကဘာပြောလည်း

$$\binom{n}{r}$$

က n th row ၊ r th column မှာ ရှိတဲ့ ကိန်းကိုဖော်ပြတာပါ။ ဥပမာ

$$\binom{3}{2}$$

ဆိုရင် 3 ပါ။

$$\binom{4}{3}$$

ဆိုရင် 4 ပါ။

$$\binom{4}{2}$$

ဆိုရင် 6 ပါ။ ကော်လံကိုလည်း 0 1 2 3 စသဖြင့် 0 က စ ရေပါမယ်။ ဒါဆိုရင် နားလည်လောက်ပြီ ထင်ပါတယ်။

(n r) ကို binomial coefficients လို့ခေါ်ပါတယ်။

Binomial ဆို တာ (x + y) ^n ကိုခေါ်တာပါ။ ဥပမာ n = 2 ဆိုရင်

(x + y) ^ 2 = x ^2 + 2xy + y^2

ဒီကိန်းတန်းမှာ မြှောက်ဖော်ကိန်း တွေက

1 2 1

ဒါဟာ ပါစကယ်တြိဂံရဲ့ row 2 ပါ။ ဒီနည်းအားဖြင့် ပါစကယ်တြိဂံဟာ binomial ရဲ့မြှောက်ဖော်ကိန်းကိုချမတွက်ပဲတြိဂံမှာလိုက်ရှာနိုင်ပါတယ်။ ဒီနေရာမှာ binomial ရဲ့မသိကိန်း x နဲ့ y ကို ဒင်္ဂါးပြား တစ်ခုရဲ့ ခေါင်း နဲ့ ပန်း လို့သဘောထားကြည့်ပါ။ ဒင်္ဂါးပြား ၂ ခု ကို တပြိုင်တည်းကျွန်တော်တို့လှန်ကြည့်မယ်။ ခေါင်းတခုထဲပါတဲ့ အစီအစဉ်ဘယ် ၂ ခုရှိမလဲ?

စီကြည့်ရအောင် H က Head T က Tail ဆိုရင်

HH HT TH TT

တနည်းအားဖြင့်

1HH 2 HT 1TT

ရှေ့က 1 2 1 ဟာကျနိုင်တဲ့အစီအစဉ်ပါ။ ကျနိုင်တဲ့အစီအစဉ် ဝါ တွဲ နိုင်တဲ့ အစီအစဉ်အရေအတွက်ကို combination လို့ခေါ်ပါတယ်။

$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!}$$

ခေါင်းနဲ့ပန်း ၂ခု ရှိတဲ့ ဒင်္ဂါးပြား ၂ ခုကိုစီစဉ်ရင် အရေအတွက် 2^2= 4 ရပါတယ်။ ၃ခုကိုစဉ်ရင် 2^3= 8 ရပါတယ်။၄ ခုကို စဉ်ရင် 2^4=16 ရပါတယ်။ n ခုကိုစဉ်ရင် 2^n ရပါတယ်။ ဒါက ပါစကယ်တြိဂံရဲ့ row n ရှိကိန်းအားလုံး ပေါင်းရလာဒ်ပါ။ ဒင်္ဂါးပြား ၂ခုလှန်ပြီး ခေါင်းတစ်ခုတည်းပါတဲ့ အရေအတွက် ဆိုတာက တော့ (2 1) 2 အတန်း 1 ကော်လံမှာ ရှိတဲ့ကိန်း (သို့မဟုတ်) အစီအစဉ်အရေအတွက်ကို ခေါ်တာပါ။ ဒီမှာ ခေါင်းတစ်ခုတည်းကျနိုင်တဲ့ အစီအစဉ်အရေအတွက်က (2 1) = 2 ပါ။ HT နဲ့ TH ပေါ့။ ဒင်္ဂါး ၃ ခု လှန်မယ် ခေါင်း ၂ခုပါမဲ့ အရေအတွက် (3 2) = 3 ချရေးကြည့်ရင်

HHH

HHT HTH THH

TTH THT HTH

TTT

အဲဒီမှာ (3 2) ခေါင်း ၂ ခု ဆိုတာ HHT HTH THH ပေါ့။ ရှင်းပြီထင်ပါတယ်။ သေချာဖတ်ပြီး ပါစကယ် တြိဂံလေး ကိုယ်တိုင်ဆွဲအပျင်းပြေထိုင်ရေးကြည့်ရင် လွယ်သွားပါလိမ့်မယ်။ ပါစကယ်တြိဂံဟာ ဒီနည်းနဲ့ အစီအစဉ်အရေအတွက်ကိုတွက်ရာမှာ အကူအညီပေးပါတယ်။

ဆက်လက်ဖော်ပြပါမည်။

ကံရဲ့သင်္ချာ ၃

Binomial မြှောက်ဖော်ကိန်း(n r)ဟာ အရာဝတ္ထု n ခု ရှိတဲ့အချိန်မှာ r ခု ပါဝင်တဲ့အစီအစဉ်အရေအတွက်ကိုပေးပါတယ် သူ့ကို ပါစကယ် တြိဂံနဲ့ရှာကြည့်နိုင်သလို ဖော်မြူလာနဲ့ လည်းတွက်နိုင်ပါတယ်အရင်ပို့စ်ရဲ့နောက်ဆုံးပုံက သူ့ဖော်မြူလာပါ

n! / r!(n -r)!

! က factorial ပါ။

3! ဆိုရင် 3×2×1

4! ဆိုရင် 4×3×2×1

5! ဆိုရင် 5×4×3×2×1

n! ဆိုရင် n! × (n-1)! × (n-2)! ×......×1 ပါ

အရာဝတ္ထုများကိုစဉ်နည်းသိပြီးနောက်မှာအစီအစဉ်စုစုပေါင်းကိုတွက်နည်းသိဖို့လိုပါတယ်ဒင်္ဂါးပြားကပြန် စရင်သူ့မှာဘက်၂ ခုရှိပါတယ်

1 ပြားလှန်ရင် ကျနိုင်ချေစုစုပေါင်း 2

2 ပြားလှန်ရင် 2×2= 2^2

3 ပြားလှန်ရင် 2×2×2= 2^3

4 ပြားလှန်ရင် 2×2×2×2=2^4

n ပြားလှန်ရင် n×.....×n= 2^n ပါ

ကြွေအံပစ်ကြမယ်။အံစာတုံးမှာ မျက်နှာ ၆ ဖက်ပါတယ်။ ကျနိုင်တာတွေက 1 2 3 4 5 6 စုစုပေါင်း ၆ ခု

1 လုံးပစ်ရင် စုစုပေါင်း 6= 6^1

2 လုံးပစ်ရင် 6×6=6^2

3 လုံးပစ်ရင် 6×6×6=6^3

4 လုံးပစ်ရင် 6×6×6×6=6^4

n လုံးပစ်ရင် 6^n ပေါ့

ဖဲချပ် ပိုကာရိုက်ကြမယ်။

စပိတ် ဟတ် ထောင့် ညှင်း ၄ ပွင့်

၁ ပွင့်ကို ၁၃ ချပ်

စုစုပေါင်း ၅၂ ချပ်

52 ချပ်ပါဖဲထုပ်

1 ထုပ်စီရင် 52

2 ထုပ်စီရင် 52^2

n ထုပ်စီရင် 52^n

ရှင်းလောက်ပြီလို့ယူဆပါတယ်။ Probability ဟာဘာလဲ? ဆိုတဲ့မေးခွန်းကိုဖြေလို့ရပါပြီ။

Probability ဟာ ဖြစ်နိုင်သမျှအစီအစဉ်အားလုံး(total probable state) ထဲက ကိုယ်စိတ်ဝင်စားတဲ့ အစီအစဉ် (interest event) ရဲ့ အချိုးအစားဖြစ်ပါတယ်။ ဒင်္ဂါး ၁ ပြားလှန်ပြီး ခေါင်းကျနိုင်ခြေသိချင်ရင် 1/2 ။ 2 ပြားလှန်မယ် ခေါင်းတခုထဲ ပါနိုင်ခြေ စုစုပေါင်းအစီအစဉ်က 2^2

ခေါင်းတခုထဲက (2   1 ⍰ 2

probability = (2   1)/ 2^2

= 2/4 = 1/2 = 0.5

3 ပြားလှန်မယ် ခေါင်း ၂ ခုကျနိုင်ခြေ စုစုပေါင်း= 2^3=8 ။ ခေါင်း ၂ ခုအစီအစဉ် = (3   2 ⍰ 3

probability = 3/8

ဆက်လက်ဖော်ပြပါမည်။

ကံရဲ့သင်္ချာ ၄

အံစာတစ်တုံးကို ခေါက်တဲ့အချိန်မှာကြိုက်ရာ ဂဏန်းရဲ့ Probability(p လို့ပဲဆက်သုံးသွားပါမည်)။ ဟာ equally likely ပါ။ အားလုံးဖြစ်တန်ခြေတူပါတယ်။ အားလုံး 1/6 ပေါ့။ ဒါပေမဲ့ဆိုပါစို့။ အံစာ ၂ တုန်း ခေါက်ပြီးပေါင်းလာဒ်ကိုယူမယ်။ အရာအားလုံးဟာ ပြောင်းလဲသွားပါပြီ။

+	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7
2	3	4	5	6	7	8
3	4	5	6	7	8	9
4	5	6	7	8	9	10
5	6	7	8	9	10	11
6	7	8	9	10	11	12

ဒီဇယားက ပေါင်းလာဒ်ရဲ့ ဖြစ်နိုင်ခြေကိုပြတာပါ။ စုစုပေါင်းဖြစ်နိုင်ခြေ 36 ရှိရမှာ။ 7 ရဲ့ ကျနိုင်တဲ့ အရေအတွက် 6 ခုရှိပါတယ်။

P (7)= 6/36 = 1/6 ပါ။

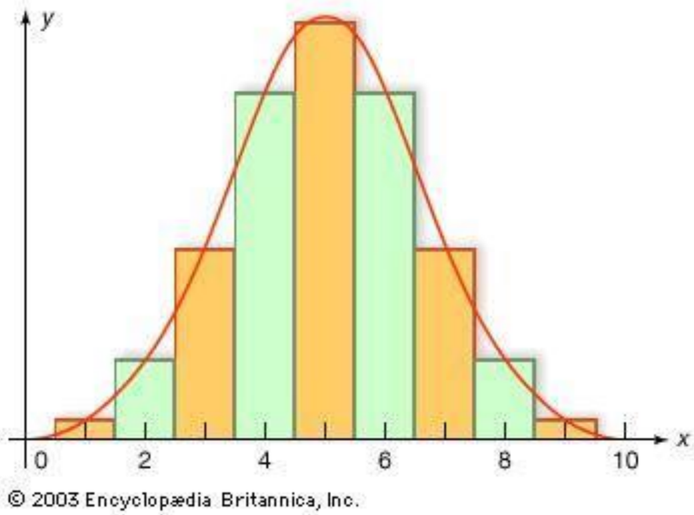
p(1)=0

p(12)= 1/36

p(2)= 1/36

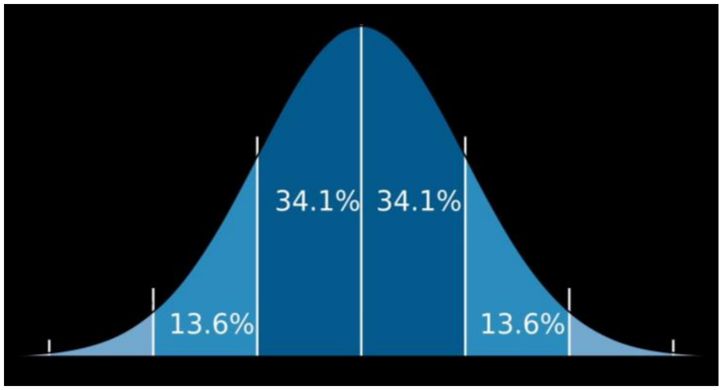
p(4)=3/36

အံစာ၂ တုံးခေါက်ပြီးတဲ့နောက်မှာတော့ p(sum)ရဲ့တန်ဖိုးဟာအကုန်အတူတူမဟုတ်တော့ပါဘူး။ equally likely မဟုတ်ပဲ ပိုဖြစ်နိုင်တဲ့အရာ၊ ရှော့ဖြစ်နိုင်တဲ့အရာတွေပေါ်လာပါပြီ။ p(1) လို ဟာမျိုးဆိုရင်တော့ သေချာမှုတစ်ခုတောင်ဖြစ်နေပါပြီ။ ဘယ်တော့မှမကျဘူးဆိုတာ သေချာနေပါပြီ။ p(7) ရဲ့ ကျနိုင်ခြေက တော့ အများဆုံးပါ။ ဒီနည်းနဲ့ အစိတ်ပိုင်းပေါင်းများစွာ ပေါင်းစပ်တဲ့အခါ နဂိုကမမြင်ရတဲ့သေချာမှုတချို့က မသေချာမှုတွေကြားက မွေးဖွားလာပါတယ်။ တကယ်လို့သာ အံစာတုန်းပေါင်းများစွာ ပေါင်းစပ်မယ်ဆိုရင် ဖြစ်လာတဲ့ event တွေ မှာတစ်ချို့က တခြားအရာတွေထက်ပိုဖြစ်တန်စွမ်းလာမှာပါ။ ကျွန်တော်တို့ ဒါကို မြင်ကြည့်ဖို့ graph တစ်ခုဆွဲနိုင်ပါတယ် graph မှာ အလျားလိုက်မျဉ်းက event ရဲ့ value ကို ကိုယ်စားပြုပြီး ဒေါင်လိုက်မျဉ်းက event တစ်ခုစီရဲ့ P ကိုသတ်မှတ်ပေးပါတယ်။



ဒါကို probability distribution p ပြန့်နှံ့ပုံလို့ ခေါ်ပါတယ်။ event (ဥပမာ ခေါင်း/ပန်း 1 2 3 4 5 6) က ၂မျိုးရှိပါတယ်။ discrete ပြတ်တောင်း(ခေါင်းနဲ့ပန်းလိုရေတွက်နိုင် သောကိန်းကိုဆိုလိုခြင်းပါ) တန်ဖိုးဆောင်တာနဲ့ continuous မရေမတွက်နိုင်သော တဆက်တည်းဖြစ်သည့်တန်ဖိုးဆောင်တာပါ (ဥပမာ လူ၏အရပ်သည် Continuous ပါ။ အတိအကျတိုင်းမယ်ဆိုရင် 4.56123907……. ပေ ဆိုတာမျိုးက ရှိမှာပါ)။ event ကို random variable လည်းခေါ်ပါတယ်။

ဖြစ်နိုင်ခြေရှိတာအားလုံးကို sampling space လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ အသေးစိတ်လွန်းတော့ ဒါကိုမေ့ထားပါ။ ကျွန်တော်တို့ရည်ရွယ်ချက်က သဘောတရားသိရင်ရပါပြီ။ အထက်မှာပြောတဲ့အံစာ ၂ တုံး ခေါက်တာက discrete ပါ။ အဲဒီ distribution ကို binomial distribution လို့ခေါ်ပါတယ်။ event ရဲ့အရေအတွက်များလာပြီး infinite ဖြစ်လာတဲ့အခါ distribution က normal distribution ကိုချဉ်းကပ်လာပါတယ်။ Normal distribution ကို Gaussian distribution လို့လဲခေါ်ပါတယ်။ ကားလ်ဖရက်ဒရစ်ချီဂေါ့စ်က စနစ်ကျအောင်လုပ်ခဲ့လို့ပါ။ စတင်တွေ့ခဲ့သူကတော့ ဒီမွိုင်ဗရီပါ။ သူက စာရင်းအင်းသင်္ချာပညာရှင် လောင်းကစားအကြံပေးပါ။ Binomial distribution ကို အကြိမ်များစွာ တွက်ရင် ခေါင်းလောင်းပုံမျဉ်းကွေးရကြောင်း သတိပြုမိရာကစပါတယ်။ သဘာဝမှာ တွေ့ရသမျှ distribution အများစုဟာ normal ပါပဲ။ သူ့ပုံစံက ခေါင်းလောင်းနဲ့တူလို့ bell shape curve လို့ခေါ်ပါတယ်။ အောက်ပထမပုံက binomial ပါ။ ဒုတိယက normal distribution ပါ ။



ဆက်လက်ဖော်ပြပါမည်။

ကံရဲ့သင်္ချာ ၅

Normal distribution ဟာသဘာဝမှာ အတော်ပေါပါတယ်။ ကျွန်တော်တို့ လေ့လာတဲ့ အကြောင်းအရာ တစ်ရပ်ကိုမသိရင် (ဥပမာ လူတွေရဲ့အရပ်၊ ငါးတွေရဲ့အလေးချိန် စသည်တို့ရဲ့ ပြန့်နှံ့ပုံ distribution ကိုမသိရင်) ကျွန်တော်တို့က normal distribution အဖြစ်ယူလို့ရပါတယ်။ ဒါကြောင့် လေ့လာမဲ့အခြေအနေတစ်ခုကို မသိခဲ့ဘူးဆိုရင် Normal distribution လို့သတ်မှတ်ပြီး စမ်းသပ်ပါတယ်။ ပြီးမှ ရလာဒ်ကိုစစ်ခြင်းအားဖြင့် မှန်းနိုင်ပါတယ်။ ဒါက Central limit theorem ခေါ်တဲ့ လာပလေ့စ် ရဲ့ သီအိုရမ်ကြောင့်ပါ။ ကျပမ်းဖြစ်ပြီး discrete ဖြစ်တဲ့ ဘယ်လို ပျံ့နှံ့ပုံမဆို လုံလောက်အောင် အရေအတွက် များရင် normal distribution နဲ့တူတူလာပါတယ်။ ကျွန်တော်တို့ပတ်ဝန်းကျင်မှာ တွေ့ရတဲ့အရာ တော်တော်များများ (အားလုံးတော့ မဟုတ်ပါ တခြားပြန့်နှံ့ပုံများလည်း ရှိပါသေးတယ်) ဟာ ဥပမာ ဆင်းရဲချမ်းသာ ဉာဏ်ရည်နိမ့်မြင့်အရပ်ရှည်တို သွေးပေါင်ချိန်တကကျ တို့ဟာ သာမန်ပြန့်နှံ့ ကြပါတယ်။

သာမန်ပြန့်နှံ့ပုံ ကို ပျမ်းမျှ mean နဲ့ standard deviation စံသွေဖီပုံ ၂ ခုအားဖြင့် ပြောနိုင်ပါတယ်။ ပျမ်းမျှဆိုတာကတော့ အများစုဖြစ်ပျက်နေတာကို ပြောတာပါ။ ဥပမာ လူ အများစုရဲ့သွေးပေါင်ဟာ ၁၂၀ / ၈၀ ပါ။ လူအများစုရဲ့ IQ ဟာ ၁၀၀ ပါ။ အများစုရဲ့အရပ်ဟာ ၅ပေ ၆ ပါ။ စံသွေဖီမှုကတော့ လူအားလုံးရဲ့ဘယ်လောက်ဟာ ပျမ်းမျှနဲ့ ဘယ်လောက်အကွာအဝေးတွင်းမှာရှိတယ်ဆိုတာကို ပြောပါတယ်။ ၆၈ % ဟာ 1 standard deviation မှာရှိပြီး 97% ဟာ 2 SD မှာပါ။ ဒီနည်းအားဖြင့် ကျွန်တော်တို့ဟာ Population တစ်ခုလုံးကိုကိန်း ၂ ခုနဲ့ ကိုယ်စားပြုနိုင်ပါတယ်။ science နဲ့ပတ်သတ်လို့ philosopher of science ကားလ်ပိုပါ က falsifiable ဖြစ်ရမယ်လို့ပြောပါတယ်။ သိပ္ပံနဲ့ ပတ်သတ်လို့ ပြောရရင် သူဟာ အဆိုတစ်ခုခုကို မှန်ကြောင်းသက်သေပြလို့ မရပါဘူး။ သိပ္ပံရဲ့အမှန်တရားဟာ ထာဝရ မှန်တာကို ဆိုလိုပါတယ်။ တကယ်တော့တစ်ခုခုဟာ ထာဝရမှန်ကြောင်း ကျွန်တော်တို့မသိနိုင်ပါ။ ယနေ့ experiment ကမှန်တယ်လို့ပြောထားတဲ့အရာဟာ နောက်နေ့မှာပိုမိုတိကျတဲ့ experiment အောက်မှာ မှားသွားနိုင်ပါတယ်။ ဒီတော့သိပ္ပံမှာ သက်သေပြလို့ရတာက မှားကြောင်းပါ။ ယနေ့မှားခဲ့တဲ့ အရာဟာ နောက်နေ့လည်း မှားမှာပါ။ ဒါကြောင့် တစ်ခုခုဟာ သဘောတရားအရ မှားကြောင်းသက်သေပြနိုင်တဲ့ လက်တွေ့စမ်းသပ်ချက်သာရှိမယ်ဆိုရင် ထိုအရာကို သိပ္ပံလို့ပြောနိုင်ပါတယ်။ ဒါကို Falsifiable ဖြစ်တယ်လို့ခေါ်ပြီးအများစုက လက်ခံထားတဲ့ definition ပါ။ ဒါကြောင့်လည်း experiment လုပ်တိုင်းမှာ null hypothesis ကို ပဲစမ်းသပ်နိုင်တာပါ။ Null hypothesis က မှားကြောင်း ဝါ မဟုတ်ကြောင်းပြောတဲ့ အဆိုပါ။ ဥပမာကျွန်တော်က ပါရာစီတမော ကြောင့် အကိုက်အခဲပျောက်ကြောင်း စမ်းသပ်ချက်လုပ်တယ် ဆိုပါစို့။ null hypothesis မဟုတ်အဆိုက ပါရာကြောင့် အကိုက်အခဲ မပျောက်ဘူးလို့ဆိုခြင်းပါ။ သူ့ကို သက်သေပြတဲ့အခါ သူမှားခဲ့ရင်နဂိုအဆိုကမှန်ပါတယ်။ ဆက်လက်ဖော်ပြပါမည်။

ကံရဲ့သင်္ချာ ၆

၁၉၂၀ မျူရီရယ်လ် ဘရစ်စတို အမည်ရတဲ့ အမျိုးသမီးတဦးက ဖစ်ရှာဆီကို လာလယ်ပါတယ်။ ဖစ်ရှာက P value ကိုစတင်ခဲ့သူ modern stastic ရဲ့ဖခင်ပါ။ ဖစ်ရှာကလက်ဖက်ရည်တိုက်တော့ အမျိုးသမီးကပြောတယ်။ ဒီလက်ဖက်ရည်ခွက်ကို ကြည့်ပြီးလက်ဖက်ရည်အရင်ထည့်လား၊ နို့အရင် ထည့်လားလို့ သူပြောပြနိုင်ပါတယ်တဲ့။ ဖစ်ရှာကစဉ်းစားတယ်။ ၂ ခု ဖြစ်နိုင်တယ်။ တစ်ခုက အမျိုးသမီးမှာ ခွဲခြား နိုင်စွမ်းတကယ်ရှိတယ်။ နောက်တစ်ခုက သူမမှန်းပြောနေတာ မှန်းပြောတယ်ဆိုတာ ဒီမှာတော့ Null hypothesis ပါ။ မှန်းပြောရင်မှန်နိုင်ခြေ p ဘယ်လောက်လဲ။ ဒါကို p value လို့ခေါ်ပါတယ်။ မှန်းတဲ့ အခါတိုင်း တိုက်ဆိုင်မှုတစ်ခုကြောင့် ဖြစ်ရတာဟာ နည်းမှာပါ။ ဖစ်ရှာက သူမကို လက်ဖက်ရည် ၈ ခွက် ပေးတယ်။ ၄ ခွက်က နို့အရင်ထည့်ပြီး ၄ ခွက်က လက်ဖက်ရည်အရင်ထည့်ပါတယ်။ ၈ ခု မှာ ၄ ခွက် မှန်ဖို့ အစီအစဉ်ပေါင်းက

(8 4) ပါ 8 choose 4 ပေါ့

(8 4 ▯ 8! /4!(8-4)! =70 ပါ

အောင်မြင်မှုနှုန်း	ရွေးချယ်မှု အစီအစဉ်	အရေအတွက်
0	0000	1×1=1
1	000×	4×4=16
	00×0	
	0×00	
	×000	
2	00××	6×6=36
	0××0	
	××00	
	0×0×	
	×0×0	
	×00×	

3	0×××	4×4=16
	×××0	
	×0××	
	××0×	
4	××××	1×1=1
	Total	= 70

× မှာ မှန်သောအကြိမ် ၇၀ မှာ ၁ ကြိမ်သာ ၄ခါလုံးမှန်ပါမယ်။ ဒါကြောင့် p value က 1/ 70 = 1. 4 % ပါ။ (< 5%) ဒါကိုမှန်အောင် မှန်းနိုင်ခဲ့တယ်ဆိုရင် null hypothesis ကိုပယ်ရမှာပါ။ သူမ က ၈ ခွက်လုံးကို မှန်အောင်မှန်းနိုင်ခဲ့ပါတယ်။ ဒါဟာ သိပ္ပံနည်းကျမှုနောက်က probability ပါ။ သိပ္ပံရဲ့လက်တွေ့ စမ်းသပ်ချက်တိုင်း ဒါပါပါတယ်။ နောက်ဆုံးတစ်ခုပြောချင်တာက conditional probability ပါ။ ဆက်လက်ဖော်ပြပါမည်

ကံရဲ့သင်္ချာ ၇

ကျွန်တော်တို့နေ့စဉ်ဘဝအဖြစ်အပျက်တွေဟာ Independent events နဲ့ dependent event ဆိုပြီးရှိပါတယ်။ ဒင်္ဂါးပြားပစ်တာဟာ အရင်တစ်ကြိမ်နဲ့နောက်တစ်ကြိမ်ဟာဆက်စပ်မှုမရှိပါဘူး။ ဒါက Independentevent ပါ။ ဒီ event တွေ ဆက်တိုက်ဖြစ်တဲ့အခါ ကျပမ်းဖြစ်တဲ့အတွက် ဆိုပါတော့။ ခေါင်းကျတာဟာကံကောင်းပြီး ပန်းကျတာဟာကံဆိုးစေတယ်ဆိုရင်ကျွန်တော်တို့ဘဝမှာ အဆိုး အကောင်းဟာ တစ်ဘဝလုံးမှာမျှနေမှာပါ။ ဒါပေမဲ့ တကယ်တော့ ဒီလိုမဟုတ်ပါဘူး။ တချို့တွေက ပိုကံကောင်းနေကြပြီး တချို့ကပိုကံဆိုးကြပါတယ်။ ရေရှည်မှာပေါ့။ ဒါဟာဘာကြောင့်လည်း။ Conditional probability ကြောင့်ပါ။ သူ့ကိုနားလည်ဖို့ dependent eventတွေအကြောင်း စလိုက် ရအောင်ပါ။ ဥပမာ အိတ်တလုံးထဲမှာ ဂေါ်လီလုံးအပြာ ၂ လုံးနဲ့ အနီ၃ လုံးထည့်ထားပါမယ်။ အပြာနှိုက်မိဖို့ P ဘယ်လောက်လဲ။ 2/5 ပါ။ တကယ်နှိုက်လို့ အပြာနှိုက်မိခဲ့ရင် နောက်ထပ်အပြာကျဖို့က 1/4 ပါ။ အနီနှိုက်မိခဲ့ရင် အပြာကျဖို့က 2/4 ပါ။ ဒါကအရင်နှိုက်မိတဲ့အလုံးပေါ်ကို နောက်နှိုက်မဲ့ p ကမှီခိုနေပုံပါ။ သဘာဝမှာဖြစ်စဉ်များဟာ ဒီနည်းနဲ့တခုကိုတခုမှီတည်ပြီးလွှမ်းမိုးနေခြင်းအားဖြင့် p ကို ပြောင်းလဲစေပါတယ်။ ဒါကို tree diagram နဲ့လေ့လာလို့ရပါတယ်။ အိတ်ထဲက ပထမအကြိမ်နှိုက်ရင် အပြာကျဖို့ 2/5 နဲ့ အနီကျဖို့ 3/ 5 ပါ။ အောက်မှာ ပုံတွေအစဉ်လိုက်ပြထားပါတယ်။ နောက်တစ်ကြိမ်နှိုက်ရင် ကျမဲ့ p တွေကို နောက်တစ်ပုံနဲ့ ပြထားပါတယ်။ ခု အပြာ ၂ လုံးကျဖို့ p ကိုရှာကြည့်နိုင်ပါပြီ။

2/5 × 1/4 = 1/ 10 ပါ

သင်္ချာမှာ သင်္ကေတတွေက အရေးကြီးပါတယ်။ P(A) ဆိုတာက အပြာရောင် အရင်နှိုက်မိမဲ့ p ။ P(B) ဆိုတာက နောက်တကြိမ်အပြာရောင်နှိုက်မိမဲ့ p ။ ဒါပေမဲ့ အဲ့ဒါအတွက် ၂ လမ်းရှိတယ်။ ပထမအပြာရောင်နှိုက်ပြီး နောက်အပြာရောင်ထပ်နှိုက်တာက 1/4 အနီပြီးမှ အပြာက 2/4 ။ ထို့ကြောင့် ဒီ ၂ ခုထဲက ဘာကိုပြောချင်တာလည်း။ ဒါဆို အပြာပေးထားရင် အပြာကျမယ့် P ကို P(B|A)=1/4 ။ အပြာ ၂ ခါကျမဲ့ p က

p(A and B) = p(A) × p(B | A)

ထို့ကြောင့်

P(B | A) = p(A and B)/ p (A)

ဒါက conditional probability ပါ။ သင့်လက်ထဲလက်နက်ရှိလျှင် တခြားတစ်ယောက်ကို နှိပ်စက်ဖို့ probability များပါကြောင်း ဟာသနှောပြောပြရင်း နိဂုံးချုပ်အပ်ပါသည်။

Wave nature

လှိုင်းအကြောင်းတင်ပေးပါလို့ တောင်းဆိုထားလို့ပါ။ သူဘာဆိုလိုချင်မှန်းမသိပေမဲ့ ကျွန်တော် သိတာပဲ ကျွန်တော်တင်ပေးလိုက်ပါတယ်။ လိုနေရင်လည်းခွင့်လွှတ်ပါ။ သိပ္ပံပညာမှာ လှိုင်းဟာ အရေး ကြီးပါတယ်။ ကွမ်တမ်သီဝရီဟာ wave particle duality အယူအဆကနေ စတာပါ။Schrödinger ရဲ့ wave equation ဟာ quantum mechanic ရဲ့ နယူတန် equation ပါပဲ။ ဒီတော့ လှိုင်းညီမျှခြင်းတွေ အရေးပါတာက အသေအချာပါ။ လှိုင်းဆိုတာဘာလဲ? လှိုင်းကို ကျွန်တော်တို့ မြင်တွေ့ဖူးကြပါတယ်။ ရေကန်ထဲကို ခဲတစ်လုံး ပစ်ချလိုက်တဲ့အခါ ၎င်းနေရာကို ဗဟိုပြုပြီး စက်ဝိုင်းသဏ္ဍာန် လှိုင်းတွန့်လေးများ ဖြာထွက်သွားကြပါတယ်။ လှိုင်းများလှုပ်ရှားရာနေရာမှ ရေမော်လီးကျူးများကိုကြည့်ရင် စက်ဝိုင်း ပုံရွေ့လျားမှုကလွဲရင် ဒီနေရာကမရွေ့ပါဘူး။ ကန်ရေပြင်ဆိုတဲ့ ကြားခံနယ်မှာဖြတ်ပြီး ရွေ့လျားသွားတာ က စွမ်းအင်နဲ့ အဟုန် momentum ပါ။ ရေကန်ထဲကို ခဲလုံးပစ်ချခြင်းအားဖြင့်ကျွန်တော်တို့ထည့်လိုက်တဲ့ စွမ်းအင်ဟာ အဟုန်တစ်ခုအနေနဲ့ ကမ်းခြေဆီသို့ရောက်ရှိပြီး စွမ်းအင်ကိုသယ်ပို့ပါတယ်။ လှိုင်း ၂ မျိုး ရှိပါ တယ်။ transverse နဲ့ longitudinal ပါ။ transverse လှိုင်းရဲ့vibration ဟာ direction of motion နဲ့ ထောင့်မှန်ကျပါတယ်။ longitudinal wave ကတော့ parallel ပါ။ ဥပမာ အသံလှိုင်းပါ။ လျှပ်စစ်သံလိုက် လှိုင်းကတော့ transverse wave ဖြစ်ပြီး ကြားခံနယ်မလိုပဲ vacuum မှာသွားနိုင်ပါတယ်။ ပထမဆုံးwave equation ကိုစတွေ့သူက d'Alambert ပါ။ နယူတန်ညီမျှခြင်းကို ဆွဲတင်းထားတဲ့ကြိုး(ဥပမာ ဂစ်တာကြိုး) ပေါ်မှာအသုံးချခြင်းဖြင့်ရရှိပါတယ်။ wave equation ဟာ second order Partial differential equation ပါ။ second derivative ပါလို့ second order ခေါ်ပါတယ်။ derivative ဟာ respective to x and t ဖြစ်လို့ partial derivative လို့ခေါ်ပါတယ်။ x က position ဖြစ်ပြီး t က အချိန်ပါ။ နေရာအနည်းငယ်ရွေ့တာနဲ့ အမျှ အချိန်အနည်းငယ်ပြောင်းတာနဲ့အမျှ wave ရဲ့ amplitude လှိုင်းထိပ်ရဲ့ ပြောင်းလဲမှုကို wave equation ကပြောပြပါတယ်။ အရမ်းလှပြီး ဘက်ညီတဲ့ ညီမျှခြင်းပါ။ အောက်မှာ ပုံနဲ့ဖော်ပြလိုက်ပါတယ်

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

u က amplitude

c က constant of wave motion

x က position

t က time ပါ။

အောက်က ညီမျှခြင်းကိုဖတ်ရင်ဒီလိုဖတ်နိုင်ပါတယ်လို့ငါးထိပ်ရဲ့ ဒုတိယအဆင့်အချိန်နဲ့အလိုက် ပြောင်းလဲခြင်းဟာ ဒုတိယအဆင့်နေရာနဲ့ အလိုက်ပြောင်းလဲခြင်းကို ကိန်းသေတစ်ခုနဲ့ မြှောက်ခြင်း ဖြင့်တူညီပါတယ်။

ဆက်လက်ဖော်ပြပါမည်

Wave nature 2

လှိုင်းညီမျှခြင်းကို ဖြေရှင်းရင် သူ့အဖြေကလှိုင်းရဲ့ရွေ့လျားပုံကိုပြောပြနိုင်ပါတယ်။ solution လို့ပဲကျွန်တော်သုံးပါမယ်။ သူ့ solution က linear ဖြစ်ပါတယ်။ ဆိုလိုချင်တာက solution f နဲ့ g ရှိတယ်ဆိုပါစို့။ ဒါဆိုရင် အဲ ၂ ခု ပေါင်း f + g ကလည်း လှိုင်းညီမျှခြင်းရဲ့ အဖြေပါပဲ။ ဒါကို principle of superposition လို့ခေါ်ပါတယ်။ ကွမ်တမ်မှာတော့ အဲအချက်က အရေးကြီးပါတယ်။ ပညာရှင်တွေက wave equation ရဲ့ အဖြေအဖြစ် function တွေကိုရှာတော့ sin နဲ့ cos function တွေကိုတွေ့တယ်။ ဒီ function တွေဘယ်လိုရလဲသိချင်ရင်တော့ sin ကို ၂ ခါ တိတိ differentiate လုပ်ကြည့်ပါ။ ထားပါ။ ဒါကတော့ သင်္ချာစိတ်ဝင်စားသူတွေအတွက်ပါ။ sin နဲ့ cos function ကို graph ဆွဲကြည့်ရင် လှိုင်းတွန့်လေးလိုပါပဲ။ ဒါကြောင့်လည်း အဖြေအဖြစ် ဒီfunction တွေကိုရစေတဲ့ ဒီ equation ကို wave equation လို့ခေါ်တာပါ။ သဘာဝမှာရှိသမျှ ဘာလှိုင်းမဆို ဒီညီမျှခြင်းကိုလိုက်နာပါတယ်။ နောက်တစ်ခုက နာရီချိန်သီးလွှဲတာကို မိတ်ဆွေတို့မြင်ဖူးကြမှာပါ။ သူကလဲ ချိန်မှန်ပြန်ကျော့နေကြတယ်။ periodic motion လို့ခေါ်တယ်။ နောက်တစ်ခုက စပရိန်အောက်မှာ အလေးတုံးချိတ်ဆွဲရင် အပေါ်အောက် တုန်ခါနေတာကို မြင်ဖူးမှာပါ။ ဒါကို simple harmonic motion လို့ခေါ်ပါတယ်။ အဲဒါတွေအားလုံးက sin နဲ့ cos function နဲ့ကိုယ်စားပြုလို့ရပါတယ်။ ပြောရရင် wave motion တွေပါ။ သင်္ချာအရတော့ periodic ထပ်ပြန်ကျော့နေတဲ့ သံသရာလည်နေတာမှန်သမျှကို wave နဲ့ ကိုယ်စားပြုနိုင်ပါတယ်။ လောကမှာ ပါတ်လည်ရိုက်နေတဲ့ကိစ္စကလည်း အများသားလား။ ဒါကြောင့် လှိုင်းညီမျှခြင်း ဟာ အတော်အရေးကြီး ပါတယ်။ အောက်မှာပုံလေးပြထားတယ်

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

Wave nature 3

BC 600 စု ဂရိ မှာပိုင်သာဂိုရပ်စ်ဆိုတဲ့ သင်္ချာပညာအကျော်အမော်ကြီးရှိတယ်။ ခုခေတ် diatonic major scale ဆိုပြီး လူသိများတဲ့ ဂီတ သီဝရီကသူတွေ့ခဲ့တာပါ ဂီတသံတွေ သာယာရခြင်း အကြောင်းက notes တစ်ခု နဲ့ တစ်ခုအကြား integer (ကိန်းပြည့်) သို့ half integer (ကိန်းပြည့်ဝက်)ပဲ ခြားလို့လို့ သူပြောခဲ့တာပါ။ Pythagoras theorem အကြောင်းတော့ အကျယ်ချဲ့မပြောတော့ပါဘူး။

a^2 + b^2=c^2 ပေါ့

ဂရိတွေအတွက်တော့ အိမ်ဆောက်ရာမှာကော လယ်မြေဧရိယာ တိုင်းတာတာမှာကော အသုံးဝင်ပါတယ်။ ပြဿနာက ထောင့်မှန်တြိဂံရဲ့အနား ၂ခုကသာ 1 ကိုယ်စီဖြစ်ခဲ့ရင် ထောင့်မှန်ခံအနား c ရဲ့ တန်ဖိုးကဘယ်လောက်လဲ။ square root of 2 ပေါ့။ အဲဒါ irrational number ပါ။ ဒသမနောက်မှာ မဆုံးတဲ့ဂဏာန်းတွေနဲ့ ဂရိတွေအတွက်တော့အသစ်ပါ။ square root ကအတော်ဒုက္ခပေးပါတယ်။ square root ရှာရင် အပေါင်းကောအနှုတ်ကိန်းကောရပါတယ်။ ဥပမာ square root of 4 ဆိုရင် ±2 ပါ။ +2 ကော -2 ပါ။ square တင်ရင် 4 ရပါတယ်။ ဆိုလိုတာက -4 ဘယ်တော့မှမရပါ ဒါကြောင့် square root of -4 ဆိုတာအလယ်ခေါတ်ဥရောပသားတွေမတွေ့ဘူးကြပါ။ ဒါပေမဲ့ quadratic equation တွေကို ရှင်းတဲ့အခါမှာ အဲကိန်းတွေက အဖြေဖြစ်နေပါတယ်။ ဒါကြောင့် i ဆိုတဲ့ကိန်းကိုထွင်ခဲ့ပါတယ်။

i = square root of -1 ပါ

ကျန်တဲ့ကိန်းတွေက သူနဲ့မြှောက်ရင်ရပါတယ်။ ဥပမာ square root of -4 ဆိုရင် 2i ပေါ့။ imaginary number ပေါ်လာပုံပါ။ သူကတကယ့်အံ့သြဖွယ် number ပါ။ သင်္ချာပညာကျော် Leonard Euler က အလှဆုံး equation တစ်ကြောင်းကိုရေးခဲ့ပါတယ်။ အောက်မှာပြထားပါတယ်။ လှိုင်းနဲ့ ဘာဆိုင်သလဲ။ ယခင်ပို့စ်ကပြောခဲ့တဲ့ အတိုင်း wave equation ရဲ့အဖြေဟာ cos နဲ့ sin function ပါ။ ဒီ ၂ ခု ပေါင်းကလည်း principle of superposition အရအဖြေပါပဲ။ ဒါကိုကျစ်ကျစ်လစ်လစ်ရေးမယ်ဆိုရင် Euler equation ကိုသုံးပြီးရေးနိုင်ပါတယ်။ အောက်ကဒုတိယပုံပါ။ တနည်းအားဖြင့် sin နဲ့ cos function ကို exponential function ကိုပြောင်းလိုက်တာပါပဲ။ wave equation ရဲ့ solution ဟာခုအခါ ပိုတွက်ရလွယ်သွားပါတယ်။ ဘာကြောင့်လဲဆိုတော့ exponential function ကို differentiate လုပ်ရင် ဒီ function ကို constant တခုနဲ့မြှောက်တာနဲ့ တူလို့ပါ။ (တတိယပုံ--ပုံမှာ e to the power x ကို 1 နဲ့မြှောက်တယ်လို့ယူပါ)၂ခါ ရိုက်ရင် ၂ ခါမြှောက်တာနဲ့တူပါတယ်။ ဒါကြောင့် wave equation မှာ c square ပါနေတာပါ။ အောက်မှာစတုတ္ထပုံ။

ဆက်လက်ဖော်ပြပါမည်

$$e^{i\pi}+1=0$$

Wave nature 4

James Clerk Maxwell ဟာ လျှပ်စစ်သံလိုက်ပညာရဲ့ ဖခင်ကြီးပါ။ သူ့မတိုင်ခင်က လျှပ်စစ်အား နဲ့ သံလိုက်အားကို သပ်သပ်စီထင်ခဲ့ကြပါတယ်။ ဒါကိုသူက လှလှပပပေါင်းစပ်ပေးနိုင်ခဲ့ပါတယ်။ ပေါင်းစပ်မှုရဲ့ လမ်းကြောင်းမှာအလင်းဟာ လျှပ်စစ်သံလိုက်လှိုင်းတစ်ခုဖြစ်ကြောင်းပြသနိုင်ခဲ့ပါတယ်။ ဒါ့အပြင် ဒီလှိုင်းဟာ အလင်းအလျင်နဲ့သွားနေကြောင်းပြသနိုင်ခဲ့ပါတယ်။ ဘာကြောင့်အလင်းဟာ လှိုင်းမှန်း သိတာလဲ။ အကြောင်းကတော့ လျှပ်စစ်သံလိုက်ညီမျှခြင်းရဲ့ပုံစံက လှိုင်းညီမျှခြင်းနဲ့တူနေလို့ပါ။ အဲမှာပါတဲ့ ကိန်းသေက အလင်းအလျင် c ပါ။ ဒါဟာ သဘာဝကိုလေ့လာမှုရဲ့အကျိုးဆက်အဖြစ် electronic ခေတ်ကြီးထဲကို ကျွန်တော်တို့ကိုပို့ဆောင်ပေးခဲ့တဲ့ ညီမျှခြင်းပါ။ အမှန်တရားနဲ့ သဘာဝကိုမြတ်နိုးခြင်းဟာ ခေါင်းခြောက်စရာကောင်းပေမဲ့ တန်ပါတယ်။ အောက်မှာမက်စ်ဝဲလ်ရဲ့ equation ပါ။

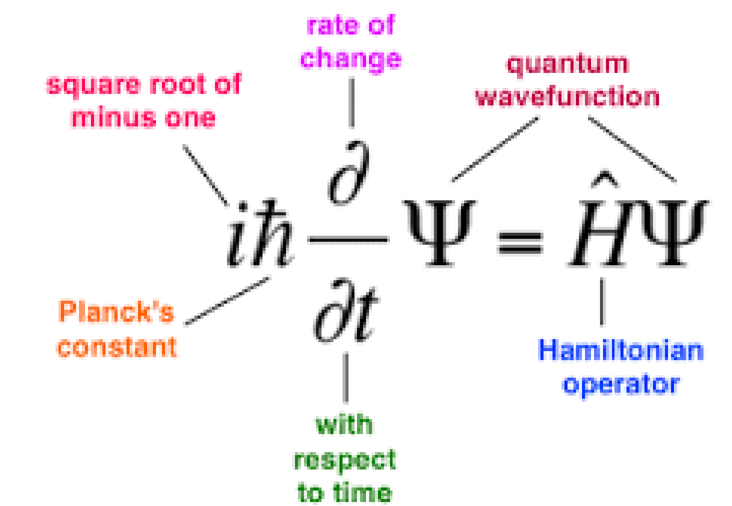
Differential form	Integral form
$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$	$\int_C \mathbf{E}.d\ell = -\int_A (\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}).d\,\mathbf{A}$
$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$	$\int_C \mathbf{H}.d\ell = \int_A (\mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}).d\,\mathbf{A}$
$\nabla.\mathbf{D} = \rho$	$\int_A \mathbf{D}.d\,\mathbf{A} = \int_V \rho dV$
$\nabla.\mathbf{B} = 0$	$\int_A \mathbf{B}.d\,\mathbf{A} = 0$

Name	Equation	
	Integral form	Differential form
Faraday's law of induction	$\oint_c \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\iint_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$	$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$
Ampère-Maxwell law	$\oint_c \vec{H} \cdot d\vec{l} = \iint_S \vec{J} \cdot d\vec{S} + \iint_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$	$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$
Gauss' electric law	$\oiint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \iiint_V \rho\, dV$	$\nabla \cdot \vec{D} = \rho$
Gauss' magnetic law	$\oiint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$	$\nabla \cdot \vec{B} = 0$

ဆက်လက်ဖော်ပြပါမည်

Wave nature 5

၁၉၀၀ကျော်မှာ Black body radiation ပြဿနာ ကိုဖြေရှင်းဖို့ ကြိုးစားရင်း Max Plank ဟာ ကွမ်တမ်ခေတ်ကို စတင်ခဲ့ပါတယ်။ အိုင်းစတိုင်းက အလင်းလှိုင်းတွေဟာ particle အမှုန်သဘာဝလည်း ရှိကြောင်းပြသခြင်းဖြင့် wave particle duality ကိုစတင်လမ်းကြောင်းပေးခဲ့ပါသည်။ wave particle duality ဆိုသည်မှာသဘာဝ၏ အခြေခံအမှုန်များသည် အမှုန်အဖြစ်ကော လှိုင်းအဖြစ်ဖြင့် ပါရှိနေသည် ဟူ ပြင်သစ်မင်းသားကြီး ဒီဗရိုင်းကပြောခဲ့တာပါ။ လှိုင်းအမှုန်ဒွိသဘာဝအရ electron များသည်လည်း (electron ကိုအမှုန်အဖြစ်ယူဆထားသည်) လှိုင်းတစ်မျိုးဖြစ်ကြောင်း စာတမ်းတင်ခဲ့ပါသည်။ ယင်းက Schrödinger ၏ ကွမ်တမ် လှိုင်းညီမျှခြင်းကို ဦးတည်စေခဲ့သည်။ အောက်တွင် ဗဟုသုတအဖြစ် ၎င်းညီမျှခြင်းကိုဖော်ပြပေးလိုက်ပါသည်။



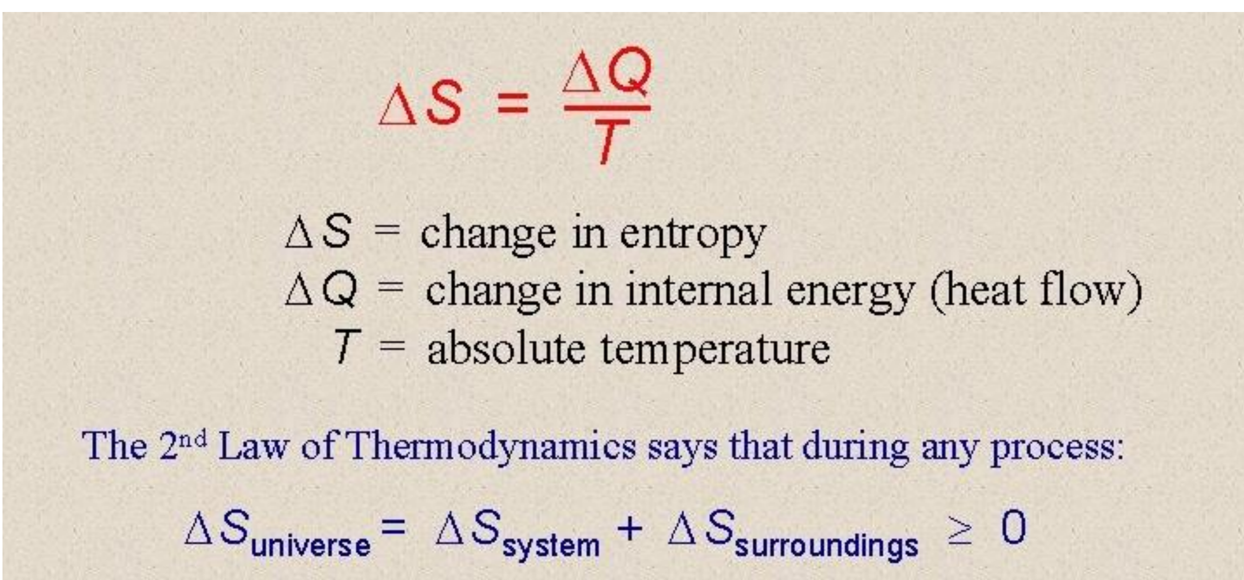
ယင်းညီမျှခြင်းက electron လှိုင်းများ၏ရွေ့ လျားမှုနှင့် အံ့ဖွယ်သဘာဝကို ဖော်ပြနေကြပါသည်။ ဥပမာ electron တလုံးသည်တပြိုင်ထဲ နေရာများစွာ တွင်နေနိုင်ပါသည်။ သာမာန်အားဖြင့် ဖြတ်ကျော် နိုင်စွမ်းမရှိသော နေရာတစ်ခုကို ဤနည်းဖြင့်ဖောက်ထွက်နိုင်သည်။ ၎င်းကို quantum tunnelling ဟုခေါ်ပါသည်။ သဘာဝသည် သင်တွေးကြံနိုင်တာထက် ပင်အံ့သြဖွယ်ကောင်းပါကြောင်း အမြည်းမျှ တင်ပြလိုက်ရပါသည်။

The End

Life and Entropy

ကျွန်တော်ငယ်စဉ်ကအရမ်းသိချင်တဲ့အကြောင်းတစ်ခုရှိခဲ့တယ်။ ငါဘာလို့ တွေးနိုင် တောနိုင်တာလဲ။သိနေတာလဲ။ စကားတွေပြောနိုင်တာလဲ။ သူများတွေကော ငါ့လိုခံစားတတ်တာလား။ ဒါဆို သူတို့ခံစားချက်ကို ငါဘာလို့မသိရတာလဲ ????? အမှန်တော့ ဒီလဲပေါင်းများစွာဟာ အသက်ရှိမှု ကြောင့် ဖြစ်လာရတာပါ။ ဒီမေးခွန်းကိုတစ်ခွန်းထဲ အနှစ်ချုပ်ရရင် အသက်ရှင်မှုဆိုတာ ဘာလဲ။ တနည်း အားဖြင့် သက်ရှိဆိုတာဘာလဲ။ သက်ရှိလို့ ကျွန်တော်တို့ဆိုလိုရတာက သက်မဲ့တွေရှိနေလို့ပါ။ ဒီတော့ သက်မဲ့ကိုနားလည်ရင် သက်ရှိကို နားလည်ဖို့ ကွဲပြားချက်တွေကြည့်ရင်း သိနိုင်မှာပါ။ ဒီတော့ မေးခွန်းက သက်ရှိနဲ့သက်မဲ့ဘာကွာလဲ။ ဘယ်လိုသတ်မှတ်သလဲ။ ဒီမေးခွန်းရဲ့အဖြေကိုသိရှိဖို့ သွားတဲ့လမ်းဟာ ရှည်ကြာပါတယ်။ လူ့သမိုင်းအရတွက်ရင် နှစ်ပေါင်း ၂၅၀၀ ရှိပါပြီ။ ဒီမိုကရစ်တပ်စ် ပလေတို ပိုင်သာဂိုရပ်စ်၊ ဂယ်လီလီယို၊ နယူတန်၊ အိုင်းစတိုင်း၊ ဒါဝင်၊ ရပ်ဆဲလ်ဝေါလေ့စ်၊ ဘော့စ်မန်း၊ ရှရိုဒင်းဂါး အလန်တူရင်၊ ကလောက်ရှန်နွန် စသဖြင့် ပညာရှင်ပေါင်းများစွာ လက်ဆင့်ကမ်းရှာဖွေခဲ့မှုရဲ့ ရလာဒ်ပါ။ ခုအမည်စားရင်းက သဘာဝကိုရှာဖွေတဲ့ သိပ္ပံပညာရှင်အများကြီးထဲကမှ အဓိကကျတဲ့ ဒေါက်တိုင် တစ်ချို့တလေသာပါ။ အများကြီးကျန်ပါသေးတယ်။ သက်ရှိနဲ့သက်မဲ့ ဘယ်လိုခွဲကြမလဲ။ အပေါ်ယံ ကတော့ လွယ်ကူသယောင်နဲ့ ခက်ခဲတဲ့ မေးခွန်းပါ။ သွားလာလှုပ်ရှားမှုနဲ့ ခွဲခြားမှာလား။ သစ်ပင်တွေဟာ မလှုပ်ရှားတဲ့သက်ရှိတွေပါ။ အမေရိကန်နိဗားဒါးမှာရှိတဲ့ Playa ကန္တာရငယ်က ရွေ့လျားနေတဲ့ ကျောက်တုံးဟာ(sailing stoneဟုခေါ်ပါသည်) သက်မဲ့ပါ။ မျိုးဗီဇ သယ်ဆောင်မှုနဲ့ သတ်မှတ်မှာလား။ virus များဟာ evolutionary tree (cladogram) တွင်ထည့်သွင်းခြင်းမခံရသော ဗီဇသယ်ဆောင်သူများပါ။

....to be continued



Life and entropy 2

စဉ်းစားတွေးခေါ်တွက်ချက်နိုင်စွမ်းနဲ့ တိုင်းတာမှာလား။ လူသားတွေထက် မြန်ဆန်အောင် တွက်ချက်နိုင်တဲ့ supercomputer တွေဟာ သက်မဲ့ဆိုတာသေချာပါတယ်။ ခုဆို artificial intelligence ကိုလဲဖန်တီးနိုင်ပါပြီ။ ခံစားမှုနဲ့လား emobot (emotional robot) တွေရှိလာပါပြီ။ သက်ရှိနဲ့ သက်မဲ့ တို့ကြား ကွဲပြားမှုဟာသတ်မှတ်ဖို့ခက်ခဲလာပါပြီ။ ယေဘုယျကျတဲ့ သတ်မှတ်ချက်တစ်ခု သိပ္ပံပညာရှင်တွေကြားမှာ သဘောတူညီမှုရထားတာကတော့ entropy ဆိုတာမပါရင် မရပါ။ အားလုံးနီးပါး လက်သင့်ခံနိုင်တဲ့ သက်မှတ်ချက်တစ်ခုကတော့

၁) entropy ကိုရှော့နဲ့အောင်လုပ်တဲ့ non equilibrium system တစ်ခု

၂)cycle တွေ(ဇီဝဖြစ်စဉ် Metabolism လို) ရှိတဲ့ စနစ်

၃)မျိုးဗီဇကိုတနည်းနည်းနဲ့သယ်ဆောင်ပွားများတဲ့ စနစ်

ဒါကတော့ကျွန်တော်တွေ့ဖူးသမျှထဲမှာ ယေဘူယျအကျဆုံး ပညာရှင်လက်အခံဆုံးပါ ။ entropy ဟာ သာမိုဒိုင်းနမစ်ပညာရဲ့အရေးကြီးတဲ့ အယူအဆတစ်ခုပါ။ နောက်တစ်ခုက သူဟာအပူချိန်လိုပဲ တိုင်းတာနိုင်တဲ့ quantity တစ်ခုပါ။ ပြီးတော့ ယေဘူယျလဲကျပါတယ်။ သူနဲ့မကိုက်ညီတဲ့ သိပ္ပံပညာဟာ သိပ္ပံပညာမဟုတ်ဘူးလို့ ဆာအာသာအက်ဒင်တန်က ပြောခဲ့ပါတယ်။ ကျွန်တော်တို့ entropy ကို လေ့လာကြပါစို့ ။

Life and entropy 3

Life and entropy 3

Entropy ဆိုတာဘာလဲ။ တကယ်တော့ အပူချိန်ကို Definition ဖွင့်ရာမှာ entropy ရဲ့စွမ်းအင်ပြောင်းလဲတဲ့အခါ ပြောင်းလဲနှုန်းဟာအပူချိန်ဆိုပြီး ဖွင့်တာပါ။ ဒီတော့ entropy သာမရှိရင် အပူချိန်ဆိုတာလဲ ပေါ်လာမှာမဟုတ်ပါဘူး။ entropy ကဘာလဲ။ အကြမ်းဖျဉ်းပြောရင်တော့ ပရမ်းပတာအခြေအနေကို တိုင်းတာမှုပါ။ ဖိုင်းမင်းပြောတာကတော့ သစ်သားပြားတစ်ခုပေါ်မှာ လေးထောင့်ကွက်လေးတွေစိတ်လိုက်ပါ။ ကျားကွက်လိုပေါ့။ အကွက်အရေအတွက်ကတော့ အများကြီးပေါ့။ ဒီပေါ်မှာ အဖြူရောင် နဲ့ အနက်ရောင် အလုံးလေးတွေ အကွက်တိုင်းမှာ တင်လိုက်ပါ။ ဒီလိုတင်တဲ့အခါ ကြည့်လို့ကောင်းတဲ့ စနစ်ကျတဲ့ ပမာ အဖြူတခြမ်း အနက်တခြမ်း စီနိုင်တဲ့အခြေအနေထက် အရောင် ၂ မျိုး ရောချင်သလို ရောနေတဲ့ အခြေအနေစီစဉ်နိုင်မှုက ပိုများပါတယ်။

ပြောရရင် စနစ်တခုဟာသူ့အတိုင်းထားရင်ဖရိုဖရဲ ဖြစ်ဖို့အခွင့်အလမ်းပိုများပါတယ်။ ဖရိုဖရဲဖြစ်အောင် စီနိုင်တဲ့ အစီအစဉ်တွေရဲ့ အရေအတွက်ဟာ entropy ပါပဲ။ ရုပ်လောကမှာ ခုပြောတဲ့ အရေအတွက်ဟာ သိပ်များပါတယ်။ ဥပမာ အက်တမ်တွေအကြောင်း ပြောလာရင် အရည်တစ်စက်မှာ အက်တမ်ပေါင်း တစ်နောက်မှာ သုည ၂၃ လုံး ပမာဏပါ။ Avogadro number ပေါ့။ ဒီလောက်ကြီးတဲ့ ဂဏန်းကို ကိုင်တွယ်တဲ့နည်းကတော့ ပါဝါကိုပဲစဉ်းစားတဲ့နည်းပါ။ Avogadro number အတွက်ဆို ၂၃ ပေါ့။ ဒါကို logarithmယူတယ်လို့ ပြောပါတယ်။ ဒီတော့ entropy ဆိုတာ ဖြစ်နိုင်ခြေ Probability တွေရဲ့ log ပါပဲ။ ဘော့စမင်းရဲ့ပညာဉာဏ်ကြောင့် တိုင်းတာရခက်ခဲတဲ့ concept တစ်ခုကသိပ္ပံဖြစ်လာတာပါပဲ။ အိမ်တစ်လုံးဟာ ဒီအတိုင်းထားရင် ဖရိုဖရဲဖြစ်လာတာဟာ Entropy များလာလို့ပါ။ အိမ်တစ်လုံးမှာ အက်တမ်ပေါင်းများစွာပါဝင်ပြီး ၎င်းတို့ဟာ လူ့ရဲ့အမြင်မှာငြိမ်နေတယ်လို့ထင်ရပေမဲ့ တကယ်တော့ အားလုံးဟာ ရွေ့လျားနေကြတာပါ။ ရွေ့လျားနေတဲ့အရာအားလုံးရဲ့အစီအစ ဉ်arrangement ဟာအမြဲပြောင်းလဲနေပါတယ်။ နောက်ဆုံးမှာ သူတို့ဟာမျှခြေကိုရောက်ပါတယ်။ မျှခြေဆိုတာက ဖိုင်းမင်းရဲ့ ဥပမာမှာ အဖြူနဲ့အမဲ ကျပန်းရောတဲ့ arrangement ကိုပြောတာပါ။ ဒီarrangement ကိုဖြစ်စေတဲ့ အစီအစဉ်အရေအတွက်ဟာ အဖြူတစ်ခြမ်း အမဲတစ်ခြမ်းဖြစ်စေတဲ့ အစီအစဉ်အရေအတွက်ထက် ပိုများပါတယ်။ တနည်းအားဖြင့် ဖြစ်တန်စွမ်း probability ပိုများတာပါ။ ဒါကြောင့် နဂိုကသပ်သပ်ရပ်ရပ်ရှိတဲ့ အိမ်တလုံးဟာ ကြာလေပျက်လေဖြစ်လာရတာပါ။ entropy ဟာကြာလေတိုးလေဖြစ်တယ် ဆိုတာကို second law of thermodynamic လို့ခေါ်ပါတယ်။ လူတိုင်းအိုကြရမှာပါ။ အရာတိုင်းပျက်စီးကြရမှာပါ။ entropy က ဒါကိုတိုင်းတာပါတယ်။ မပျက်စီးအောင်ပြုလုပ်တယ်ဆိုတာ မျှခြေကို ရောက်မသွားအောင် entropy ကိုလျှော့ချခြင်းပါ။ ဒီလိုပြုလုပ်ဖို့စနစ်ဟာ ပြင်ပကတင်သွင်းတဲ့ စွမ်းအင်လိုပါတယ်။ စနစ် တစ်ခုဟာ သူ့ချည်းထီးတည်းရပ်တည်မယ်ဆိုရင် entropy ကိုလျှော့လို့မရပါဘူး။ သက်ရှိဆိုတာ ၊ ရှင်သန်မှုဆိုတာ entropy ကိုလျှော့ချနေတဲ့ စနစ်တစ်ခုကို ခေါ်တာပါ။ ဒါကြောင့်လဲ သက်ရှိတိုင်းတစ်ကောင်ထဲနေလို့ မရတာပါ။ ဒါကြောင့်လည်း စွမ်းအင်ရဖို့ကျွန်တော်တို့ ထမင်းစားနေရတာပါ။

Life and Entropy 4

သဘာဝလောကရဲ့အနက်ရှိုင်းဆုံးမှာ Probability ဟာရှိပါတယ်။ လက်ရှိအရာရာကို ရှင်းပြနိုင်တဲ့ ကွမ်တမ်သီဝရီဟာ probability ကိုသုံးပါတယ်။ ဒေါက်တာအိုင်းစတိုင်းကတောင် ဘုရားသခင် က ကြွေမပစ်ဘူးလို့ ပြောခဲ့ပါတယ်။ quantum mechanic ရဲ့ founder ထဲမှာ တစ်ဦးအပါအဝင်ဖြစ်ပေမယ့် လောကဟာ ကျပန်းဖြစ်တာကို သူလက်မခံနိုင်ခဲ့ပါ။ ဒါပေမဲ့ဒီနေရာမှာလည်းသူမှားခဲ့ပြန်ပါတယ်။ entropy concept ကလည်း probability ကိုသုံးပါတယ်။ သာမိုဒိုင်းနမစ်ဟာ အစိတ်အပိုင်း မြောက်များစွာပါတဲ့အရာများ၊ စနစ်များကို လေ့လာရင်မပါမဖြစ်ပါ။ အစိတ်အပိုင်းတစ်ခုချင်းစီက အခြေခံနိယာမ အတိုင်းပြုမူဆောင်ရွက်ပေမဲ့ အားလုံးစုပေါင်းပြီး စနစ်တစ်ခုလုံးအနေနဲ့တော့ နဂိုကမရှိတဲ့ နိယာမ အသစ်များ ပေါ်ထွက်လာပါတယ်။ သာမိုဒိုင်းနမစ်က နိယာမ ၂ ခုရဲ့ဆက်စပ်ပုံနဲ့ ပြုမူဆောင်ရွက်ပုံကို လေ့လာတာဖြစ်ပါတယ်။ ဥပမာ ဓာတ်ငွေ့များပါ။ ဆိုပါစို့။ hydrogen gas ပေါ့။ hydrogen တစ်လုံးချင်းစီဟာ Newton mechanic (အတိအကျဆိုလျှ င်quantum mechanic) အတိုင်းပြုမူတာပါ။ သို့သော် များလာသောအခါ gas အနေနဲ့တော့ ကျွန်တော်တို့တွေ့မြင်ရတာဟာ hydrogen တစ်လုံးချင်းစီရဲ့ တည်နေရာ အလျင်စတာတွေမဟုတ်ပါ။ အပူချိန်၊ ထုထည်၊ ဖိအားလိုအရာတွေဖြစ်ပါတယ်။

ဒါတွေက နဂိုကမရှိတဲ့ နိယာမအသစ်တွေပါ။ ဒါတွေပေါ်ပေါက်လာရတာ probability ကြောင့်လို့ ပြောနိုင်ပါတယ်။ဒီနည်းအားဖြင့်chemistry ဟာ physic မှဖြစ်ပေါ်လာရပါတယ်။ biology ဟာ chemistry မှဖြစ်လာရပါတယ်။ psychology ဟာ biology မှ ၊ sociology ဟာ psychology မှ စသဖြင့် ဖြစ်လာရပါတယ်။ အစုအပေါင်းကြောင့် နိယာမအသစ်ထွက်ပေါ်လာတဲ့ ဖြစ်စဉ်ကို emergent phenomenon လို့ခေါ်ပါတယ်။ သာမိုဒိုင်းနမစ်ဟာ ဒီဖြစ်စဉ်ကိုလေ့လာရာမှာ အဓိကကျတဲ့ပညာပါ သဘာဝမှာသာမိုဒိုင်းနမစ်နဲ့ လွတ်တဲ့နေရာမရှိနိုင်ပါ။ စိတ်ဟာလည်း emergent Phenomenon တစ်ခုပါ။ neurone ပေါင်းများစွာပေါင်းစပ်မှုကနေပေါ်ပေါက်လာတဲ့အရာပါ။ သက်ရှိဆိုတာလည်း emergent ဖြစ်စဉ်တစ်ခုပါ။ အင်္ဂါတစ်ခုချင်းဆီမှာမရှိတဲ့ အသက်ဟာ ပေါင်းစပ်မှုကြောင့်ပေါ်လာရတာပါ။ ဒါကြောင့် လဲ ပေါင်းစပ်မှုပြိုကွဲတဲ့အခါ သေခြင်းဆိုတာပေါ်ပေါက်လာရတာပါ။ ဒါကြောင့်လဲ အစုအပေါင်းဟာ တစ်ခုချင်းပေါင်းထက်ပိုတယ်လို့ပြောကြတာပါ။

The whole is greater than the sum of its part

.........to be continued

Life and Entropy 5

သက်ရှိဟာမျှခြေမှာမရှိပါဘူး Non equilibrium system ပါ။ ဥပမာ လူဟာပတ်ဝန်းကျင်ထက် ပိုပူပါတယ်။ သွေးဟာ ရေထက်ပိုပြစ်ပါတယ်။ ဒီလိုမမျှခြေမှာရှိနေဖို့ စွမ်းအင်လိုပြီး ဒီစွမ်းအင်နဲ့ ပရမ်းပတာ တွေentropy ကိုလျော့ချပါတယ်။ ဒါကြောင့် Life is entropy reducing non equilibrium system လို့ပြောတာပါ။ ဒီအခါမှာ ရယူတဲ့စွမ်းအင်ဟာ များလို့လဲမရသလို နည်းလို့လည်းမရပါဘူး။ range တစ်ခုတွင်းမှာ တည်ငြိမ်တဲ့ပုံပိုးမှု ဖြစ်ရပါမယ်။ ဒါကြောင့်လည်း ဆေးပညာရဲ့ ကုသမှုအများစုဟာ များရင်လျော့ပြီး၊ နည်းရင် တိုးပေးတဲ့ပုံစံနဲ့ သွားနေတာပါ။ နေ့တိုင်းထမင်း၂ နပ်စားနေရတာလဲ။ ဒါကြောင့်ပါ။ အသည်းလို အင်္ဂါမျိုးရှိနေရတာလည်း သကြားကိုလိုရင်ထုတ်ပေး၊ ပိုရင်သိုလှောင်နိုင်ဖို့ပါ။ uninterrupted power supply လို့ခေါ်တဲ့ UPS ဟာလဲ ဒါကိုပြနေတဲ့ဥပမာတစ်ခုပါ။ သက်ရှိတိုင်းဟာ စနစ်တစ်ခုဖြစ်တဲ့အတွက် membrane/wall တစ်ခုလိုပါတယ်။ ဒါကြောင့် cell တွေမှာ cell membrane ရှိနေရတာပါ။ နောက်တစ်ခုကတော့ non equilibrium system ဟာ စွမ်းအင်ကိုရယူသလို အပူကိုလည်း စွန့်ထုတ်ပါတယ်။ အပူဟာလည်းအသုံးပြုပြီးသား စွမ်းအင်ပါ။ ဒီအခါမှာ စွမ်းအင်လှည့်ပါတ်ဖို့ လည်ပတ်နေတဲ့ သံသရာ cycle တစ်ခုလိုပါတယ်။ ဥပမာ စွမ်းအင်ကို သကြားအနေနဲ့ ကိုယ်တွင်းသို့ သယ်ယူပြီးတဲ့ အခါ kreb cycle ထဲရောက်ပါတယ်။ သူကသကြားနဲ့ Oxygen ကို သုံးပြီး carbon dioxide နဲ့ ATP ကိုထုတ်ပေးပါတယ်။ ATP ကတော့ စွမ်းအင်သိုလှောင်ထားတဲ့မော်လီကျူးပါ။ ဒါကြောင့်သက်ရှိလို့ ပြောဖို့ ဒီလို cycle များလိုပါတယ်။ သက်ရှိများကမ္ဘာပေါ်မှာ ပထမဆုံးစပေါ်လာတာကို abiogenesis လို့ ခေါ်ပါတယ်။ အရင်က amino acid စဖြစ်တဲ့ ဖြစ်စဉ်ကို abiogenesis ရဲ့ပထမဦးဆုံးခြေလှမ်းလို့ ထင်ခဲ့ ကြပေမဲ့ခုအခါမှာတော့ cycle တွေကအရင်ဖြစ်တယ်လို့သိပ္ပံပညာရှင်များက ယူဆလာပါပြီ။ ဒါဟာ သက်ရှိလို့သတ်မှတ်ဖို့ရာ ဒုတိယအချက်ပါ။

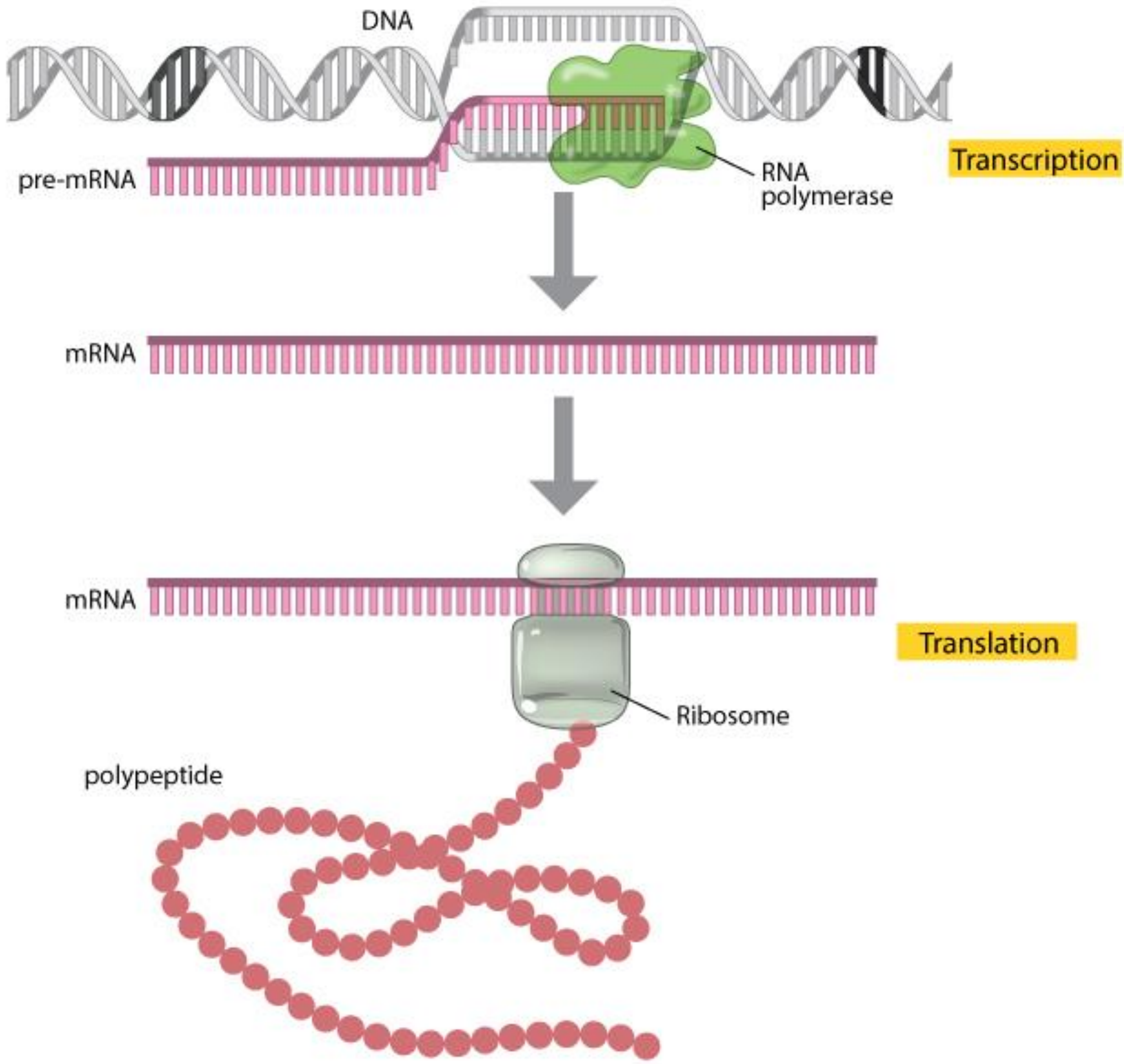
Life and Entropy 6

နောက်ဆုံးအချက်ကတော့ မျိုးဗီဇကို တစ်နည်းနည်းနဲ့ သယ်ဆောင်ပွားများတာပါ။ ဒီအချက်ကလည်း Entropy လို shannon entropy လို information လို အချက်တွေနဲ့ evolution လိုဖြစ်စဉ်နဲ့ တိုက်ရိုက်ဆက်စပ်နေပါတယ်။ သက်ရှိနဲ့သက်မဲ့ကိုခွဲခြားရာမှာ မျိုးဗီဇက ဘာကြောင့် အရေးကြီးသလဲ။ ဒါရဲ့အဖြေက ရှည်လျားတဲ့သမိုင်းပါ။ လူဝစ်ပတ်စ်ချာက ပထမဆုံး သက်ရှိနဲ့ သက်မဲ့ ကွဲပြားမှုကို သတိပြုမိခဲ့သူပါ။ စပျစ်သီးကရတဲ့ အမိုနီယမ် တာတရိတ် တက်ထရာဟိုက်ထရိတ် ကို စမ်းကြည့်တဲ့အခါ ဘယ်သန်မော်လီကျူးများဖြစ်တယ်ဆိုတာ တွေ့ရှိခဲ့ပါတယ်။ မော်လီကျူးတွေကို ပိုလာရီမီတာနဲ့စမ်းကြည့်တဲ့အခါ ၎င်းတို့က ပိုလာပြင်ညီကို ဘယ်ဘက်သို့ လည်စေပါတယ်။ ဒါကိုဘယ်သန်လို့ခေါ်ပါတယ်။ ဘယ်သန် နဲ့ညာသန်မော်လီကျူးဟာ မှန်ထဲမှာမြင်ရသလိုကွာပါတယ် သဘာဝမှာ သက်မဲ့တွေဟာ ဘယ်သန်တဝက်၊ ညာသန်တဝက်ပါ။ ဒါပေမဲ့သက်ရှိကတော့ ဘယ်သန် တစ်မျိုးထဲကနေလုပ်ထားတာပါ။ ဘက်တီးရီးယားအစ ပင်လယ် သတ္တဝါအဆုံး တစ်ကိုယ်လုံးက ပရိုတင်းတွေဟာ ဘယ်သန်ပါ။ အင်ဇိုင်းတွေဟာလည်းဘယ်သန်ပါ။ သကြားဓာတ်များကတော့ ညာသန်ဖြစ်ပါတယ်။ ပတ်စ်ချာက ဘယ်သန် ၊ ညာသန်ရောနေတဲ့ အမိုနီယမ် အရည်ထဲမှာ မှိုမွေးကြည့်တဲ့အခါ မှိုတွေဟာဘယ်သန်ကိုပဲ ရွေးစားတာတွေ့ခဲ့တယ်။ သက်ရှိကဒီအချက်ကို ဘယ်လိုသိလဲ? ၁၈၆၅ မှာ ဂျော့မင်ဒယ်ဟာ ပဲပင်များကို မျိုးစပ်စိုက်ပျိုးကြည့်ခဲ့တယ်။ ဗီဇဟာ သီးခြားစီ ဆင့်ပွားလက်ဆင့်ကမ်းပြီး မရောနှောကြောင်း တွေ့ခဲ့ပါတယ်။ နောက်တော့ကရစ်နဲ့ ဝက်စင် တို့က DNA မော်လီကျူးရဲ့ ဖွဲ့စည်းပုံ အတိအကျပြနိုင်ခဲ့ပါတယ်။ DNA ဟာ ဗီဇကို သယ်ဆောင်တဲ့မော်လီကျူးပါ။

ဘယ်သန်ညာသန်ခွဲခြားမှုလို မျိုးဗီဇဆိုင်ရာသတင်းအချက်အလက်တွေကို DNA က သယ်နေတာပါ။ ကြောင်လိမ်လှေခါးပုံရှိတဲ့ အရာပါလိမ်နေတဲ့ လှေကားလက်ရမ်းကို သကြားမော်လီကျူးများချိတ်ဆက်ပြီး ပြုလုပ်ထားပါတယ်။ ကြားကလှေကားထစ်နဲ့ တူတဲ့နေရာကိုတော့ A T G C လို့ခေါ်တဲ့ bases ၄ မျိုးနဲ့ ပြုလုပ်ထားပါတယ်။ bases ၄ မျိုးရဲ့ အစီအစဉ်က သတင်းအချက်အလက်ကို code လုပ်ထားတာပါ။ မော့်စ် code လိုပဲ သူဟာ information ကိုသယ်ဆောင်တဲ့ code တစ်မျိုးပါ။ DNA ကတဆင့် RNA ကိုသတင်းအချက်အလက်ထပ်ကူးပါတယ်။ RNA ကတော့ လှေကားလက်ရမ်း တစ်ဖက်ပဲရှိပါတယ်။ သူက A U G C ကိုသုံးပါတယ်။ နောက်ဆုံး RNA ကတဆင့် ဘယ်သန် amino acid များကို ribosome ခေါ်တဲ့ပစ္စည်းအားဖြင့် ဖန်တီးပါတယ်။ amino acid အမျိုး ၂၀ ရှိပြီး ၎င်းတို့ကို ဆက်ချင်းအားဖြင့် ပရိုတင်းရပါတယ်။ ပရိုတင်းဟာအသားဓာတ်ပါ။ သက်ရှိတိုင်းရဲ့ခန္ဓာကိုယ်ကို ပရိုတင်းအမျိုးမျိုးက တည်ဆောက်ယူထားတာပါ။ သက်ရှိတွေရဲ့ဖြစ်စဉ်ဆိုတာ မော်လီကျူးလား level မှာတော့ DNA to RNA to Protein ရဲ့ သတင်းအချက်အလက်ကူးယူတဲ့ဖြစ်စဉ်ပါ။ DNA ကိုတွေ့ရှိတဲ့ဖြစ်စဉ်ဟာ နဂိုက ဖော်ပြချက် သက်သက်နဲ့သွားနေရတဲ့ biology ကို quantitatively ပြောနိုင်တဲ့ exact science ဖြစ်အောင်ပြုလုပ်ပေးခဲ့တာပါ။ ဆိုလိုတာက Biology ကို သင်္ချာနည်းအရပြောလို့ရပါပြီ။ ဒါကိုပထမဆုံး ညွှန်ပြခဲ့တာက ဂျော့ ဂမ်မော ပါ။ ကျွန်တော်တို့ Theory of information ကိုလေ့လာဖို့လိုပါပြီ။

(အောက်မှပုံများမှာအစဉ်တိုင်း DNA RNA protein ဖြစ်ပါတယ်သရုပ်ဖော်ချက်ဖြစ်ပြီး တကယ့် electron microscope ပုံမဟုတ်ပါ)

to be continued.............

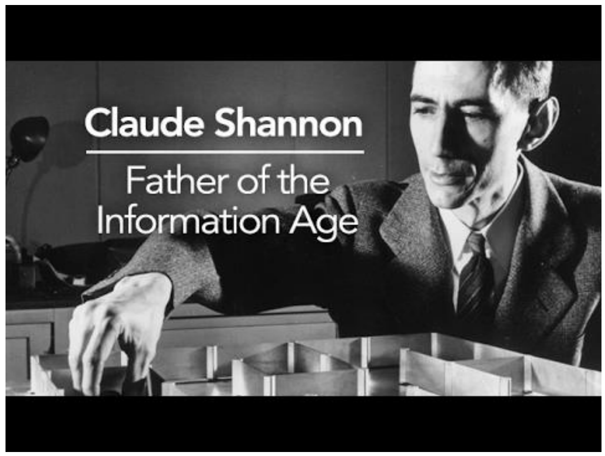


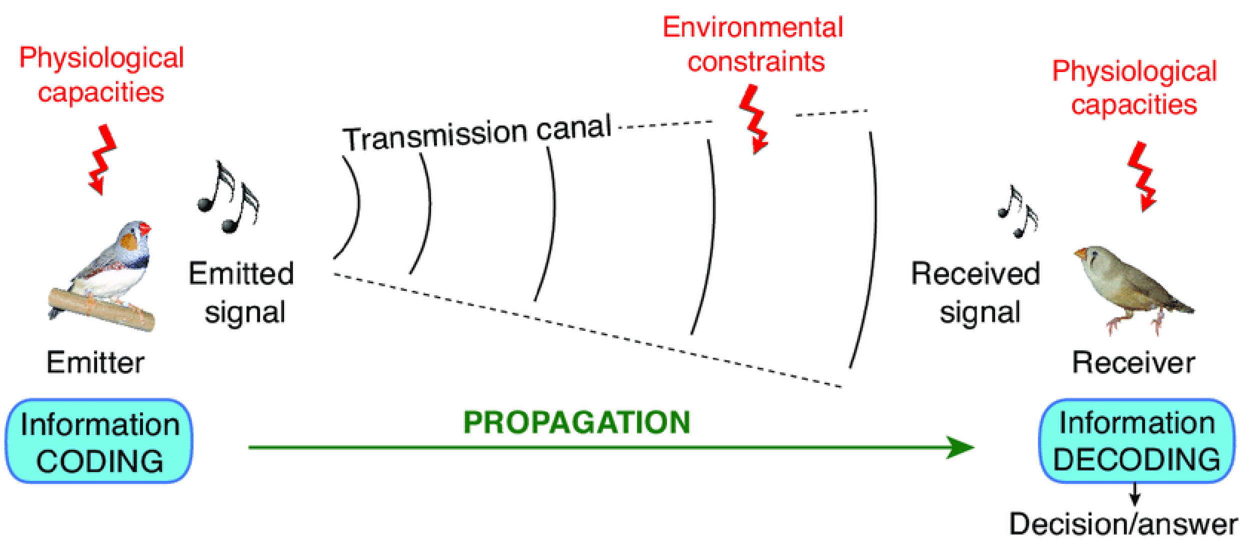
Life and Entropy 7

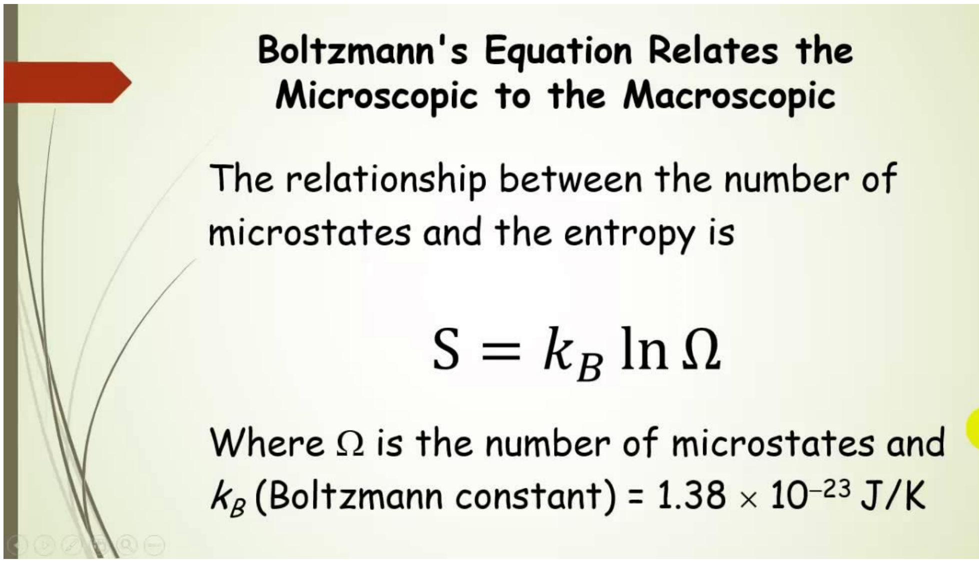
Information theory ဆိုတာဘာလဲ။ ကလောက်ရှန်နွန်ရဲ့ thesis ကတဆင့် စတင်ခဲ့တာပါ။ သူက အမေရိကန် bell laboratory ရဲ့ သင်္ချာပညာရှင် လျှပ်စစ်အင်ဂျင်နီယာပညာရှင်ပါ။ သူ့ကာလတုန်းက ဆက်သွယ်မှုဆိုင်ရာပညာက ခိုင်မာတဲ့သင်္ချာ background မရှိခဲ့ပါဘူး။ radio tv telephone morse code အားလုံးဟာ ကိုယ့်ပုံစံနဲ့ကိုယ်သွားနေကြတာပါ။ ရှန်နွန်က ဒါတွေအားလုံးကသင်္ချာအရ တစ်မျိုးတည်းဖြစ်ကြောင်းပြနိုင်ခဲ့ ပါတယ်။ နောက်ဆုံးဘာသာစကားကအစ ဒီသင်္ချာမှာ ပါဝင်ပါတယ်။ ရှန်နွန်ရဲ့အယူအဆအရ message တစ်ခုကိုပေးပို့တိုင်းမှာ သူ့ရဲ့သတင်းအချက်အလက်ကို source (ဥပမာ လူ) ကနေ encoder (ဥပမာ telephone) ဆီကို code နဲ့ ပို့ပါတယ်။ ဆိုလိုတာက စကားပြောလေသံကို တယ်လ်လီဖုန်းက လျှပ်စစ်လှိုင်း အနေနဲ့ပြောင်းပါတယ်။ ပြီးတော့မှ channel ဝါယာကြိုးမှတဆင့် decoder (တခြားဘက်မှတယ်လီဖုန်း) ဆီရောက်ပါတယ်။ decoder က လျှပ်စစ်လှိုင်းကို စကားပြော လေသံပြန်ပြောင်းပေးပါတယ်။ လေသံက destination (တဖက်မှလူထံ) ရောက်ပြီး Message ကိုဖမ်းယူပါတယ်။ message တစ်ခုရဲ့အဓိပ္ပာယ်က ဒီကိစ္စမှာအရေးမကြီးဘူးလို့ ရှန်နွန်က ယူဆပါတယ်။ ဒါကတိုင်းတာမရသလို လူတစ်ဦးချင်းပေါ်မှီတည်ပြီး အဓိပ္ပာယ်အမျိုးမျိုးပြန်နိုင်လို့ပါ။ အရေးကြီးတာက message တစ်ခုဟာ ပြောတဲ့ဘာသာစကားရဲ့ပြောနိုင်သမျှ message ပေါင်းများစွာထဲက တစ်ခုခုကိုသာ ပြောရမှာပါ။ ပြောချင်တာက မြန်မာလိုပြောတယ်ဆိုပါစို့။ မြန်မာစကားအများကြီးပါ။ ဒါပေမဲ့ ကျွန်တော်တို့တဖက်ကို ဖုန်းပြောရင် အားလုံးကိုမပြောပါ။ လောလောဆယ်ပြောလိုတာ ကိုသာပြောပါတယ် (ဥပမာ နေကောင်းရဲ့လားဆိုတာမျိုး)။ ဒါဟာ probability ပါ။ ဖြစ်တန်ရာရာအားလုံးထဲက တစ်ခုခုရဲ့ ဖြစ်တန်စွမ်းကို ပြောပြီဆိုရင် ဒါဟာ probability ပါ။ message ထဲမှာပါတဲ့ probability ကို တိုင်းတာခြင်းဖြင့် information ရဲ့ပမာဏကို တိုင်းတာနိုင်ပါပြီ။ သူ့ညီမျှခြင်းဟာ ဘောဇ့်မင်းရဲ့ entropy ညီမျှခြင်းနဲ့ဆင်တူပါတယ်။ ကွာတာက ဘောဇ့်မင်း entropy မှာ ဘောဇ့်မင်း constant k ပါတာပါ။ ဒါကဘောစမင်းentropy က စွမ်းအင်အပူချိန်တွေကိုတိုင်းတာတာဖြစ်လို့ dimension ညီဖို့ပါ shanon entropy (information လို့လဲခေါ်ပါသည်) ကတော့ သတင်းအချက်အလက်ကိုပဲကိုယ်စားပြုလို့ number သက်သက်ဖြစ်ပါတယ်။ logarithm ယူထားလို့ base ပေါ်မူတည်ပြီး ယူနစ်ကွာပါတယ်။ base ၂ (ဥပမာ ခေါင်းနဲ့ ပန်းလို အခြေ ၂ ခု) ဆိုရင် binary digit အတိုကောက် bit လို့ ခေါ်ပါတယ်။ DNA လို A T G C စသဖြင့် bases ၄ မျိုးဆို base က ၄ ပါ။ အတိုကောက် mer ရှန်နွန်သတင်းအချက်အလက်ဟာ Base ပြောင်းပြီး code လုပ်ခြင်းဖြင့် source မှ encoder ကို သတင်းအချက်အလက် ပြောင်းပို့ပါတယ်။ အထက်ကဥပမာမှာ လူ့အသံကနေ လျှပ်စစ်လှိုင်းပြောင်းတာ Base ပြောင်းတာပါပဲ။ DNA က အချက်အလက်ကို base ၄မျိုးနဲ့ code လုပ်ပြီး mRNA က extension of code (code တွေက အချင်းချင်း မြှောက်လို့ ရပါတယ်။ ဒါကို Extension လို့ခေါ်ပါတယ်။ double extension ဆိုရင် 4×4=16 နဲ့ AA AU AG AC ....CC CU CG စသဖြင့် ဖြစ်ပါတယ်။ mRNA ကတော့ triple extension ကိုသုံးပါတယ်။ ဥပမာ AUG GUC စသဖြင့်။ ဒါကို Codon လို့ခေါ်ပြီး codon တစ်လုံးကိုဘာသာပြန်ရင် အမိုင်နိုအက်ဆစ် တစ်လုံး

ရပါတယ်) ကိုသုံးပါတယ်။ ပရိုတင်းတွေကတော့ အမိုင်နိုအက်ဆစ်အမျိုး ၂၀ ရှိလို့ log ရဲ့ base က ၂၀ ပါ။ အောက်မှာပုံတွေက အစဉ်အတိုင်း ရှန်နွန် /information transmission/ boltzmann entropy / shannon entropy

To be continued...............






Boltzmann's Equation Relates the Microscopic to the Macroscopic
The relationship between the number of microstates and the entropy is
$S = k_B \ln \Omega$
Where Ω is the number of microstates and
k_B (Boltzmann constant) = 1.38×10^{-23} J/K

Life and Entropy 8

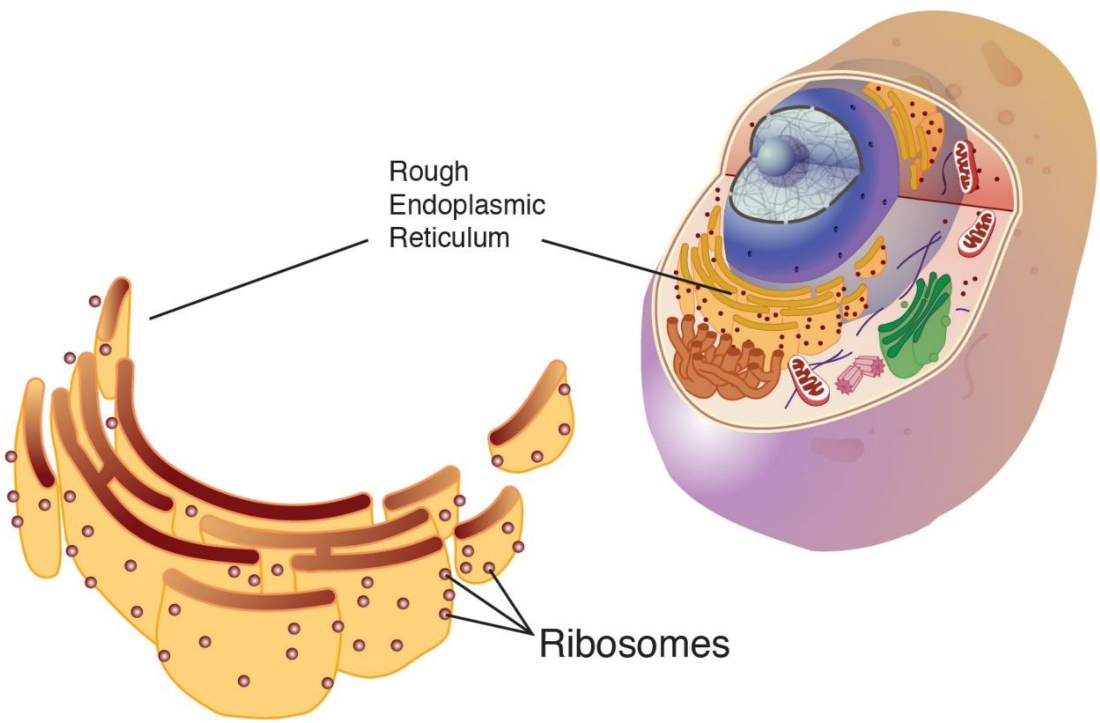
DNA ကိုစတွေ့တဲ့အချိန်မှာ base ၄ မျိုးနဲ့ information ကို code လုပ်ပြီး amino acid အမျိုး ၂၀ နဲ့ ပရိုးတင်းကို code လုပ်ကြောင်း သတိထားမိခဲ့တာ ဂျော့ဂမ်မောပါ။ သူက big bang ကို အဆိုပြုခဲ့သူ၊ quantum tunnelling ကိုတွေ့ခဲ့သူ၊ အယ်လ်ဖာရေဒီယိုသတ္တိကြွမှုကိုတွေ့သူ ဆိုဗီယက်မှအမေရိကန်သို့ ထွက်ပြေးခိုလှုံခဲ့သူပါ။ ရှန်နွန်ရဲ့ သတင်းအချက်အလက် သီဝရီကို molecular biology မှာ background သင်္ချာအဖြစ် သုံးနိုင်ကြောင်းမြင်သိခဲ့ပါတယ်။ သူ့ရဲ့ဟောပြောချက်တစ်ခုက ဒီလိုပါ။ ဆိုပါစို့။ ကွန်တော်တို့ ၃ ချပ်ထဲ ဝေတဲ့ဖဲကစားကြမယ် ဆိုပါတော့။ ဂဏာန်းတွေကို မတွက်ဖူး လိုင်း(စပိတ် ဟက် ထောင့် ညှင်း) ဆင်တူမတူပဲကြည့်မယ်။ ဖဲဝေတဲ့အခါ လူတစ်ယောက်က ကျနိုင်တဲ့ အစဥ်ဘယ်၂ မျိုးရှိမလဲ။

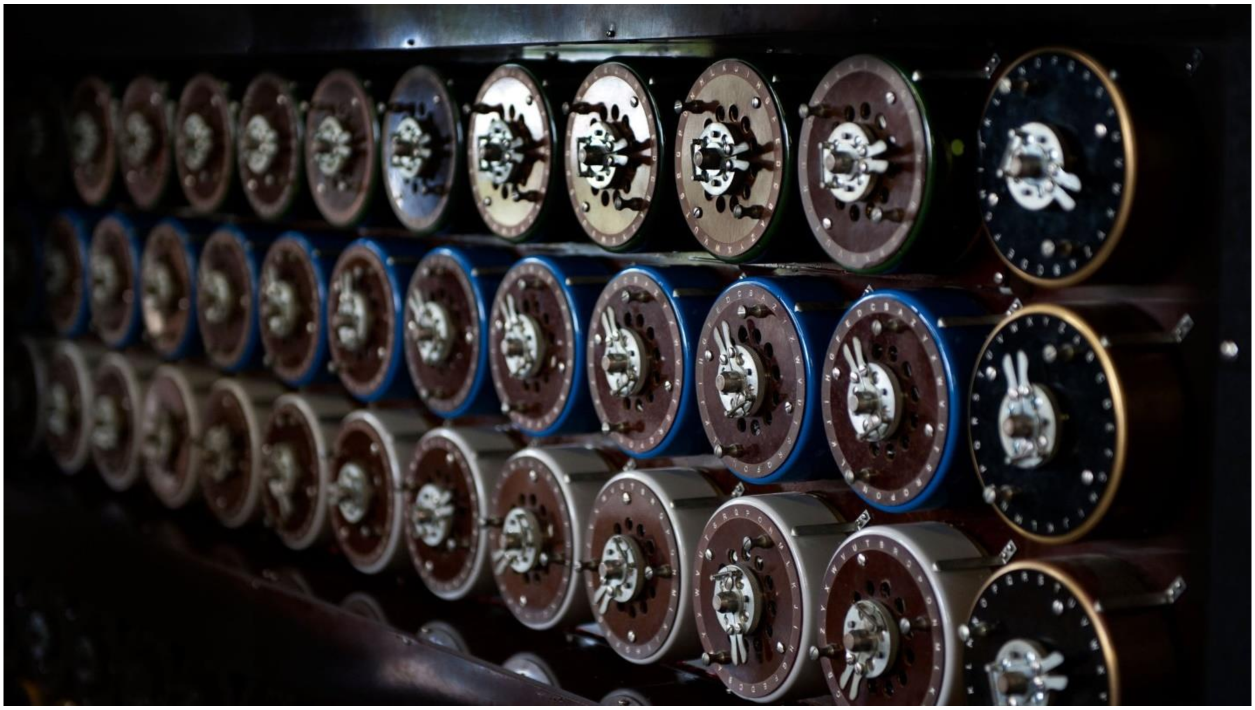
ဖဲ ၃ချပ်တူတာက ၄မျိုး ဖဲ၂ချပ် တူတာက ၁၂ မျိုး (ကျန်တဲ့ တစ်ချပ်က ၃ မျိုးပဲ ရှိတယ်) နောက်ဆုံးတစ်ချပ်မှ မတူတာက ၄ မျိုး စုစုပေါင်း ၂၀ ပါ။ ဒါကbase ၄ လုံးကို ၃ ခါတွဲရင် ထွက်လာမဲ့ အရေအတွက်ပါ။ ရှန်နွန်သီဝရီအရကြည့်ရင် DNA ဟာ source ပါ။ သူ့information ကို encoder ဖြစ်တဲ့ mRNA ပေါ် base ၆၄လုံး (extension of sample space or code) အနေနဲ့ သတင်းအချက်အလက်ပြောင်းတင်ပေးပါတယ်။ mRNA ကchannel အနေနဲ့လည်းဆောင်ရွက်ပါတယ်။ decoder က ribosome ပါ။ ribosome ဟာ Turin machine နဲ့တူပါတယ်။ Turin machine ဆိုတာက ကွန်ပြူတာရဲ့ prototype ဖြစ်ပြီး Alan Turin ဟာ ကွန်ပြူတာရဲ့ဖခင်ပါ။ ribosome ကcode ဖြေပြီးနောက်မှာတော့ amino acid အမျိုး ၂၀ ကို အခြေခံတဲ့ ပရိုတင်းကိုရပါပြီ။ ဒါဟာ သဘာဝရဲ့သက်ရှိကို ဖန်တီးဖို့ သတင်းအချက်အလက်ဖြန့်ဝေပုံနဲ့ သူ့နောက်ကသင်္ချာပါ။ တကယ်တော့ သင်္ချာဟာ သဘာဝရဲ့ ဘာသာစကားပါ။ သူ့ကိုနားမလည်ရင် သဘာဝကိုနားမလည်နိုင်ပါ။ တကယ်တော့ သတင်းအချက်အလက်က software ပါ။ software ဟာ hardware တစ်ခုခုရှိမှသာ ရပ်တည်နိုင်တာပါ။ သတင်းအချက်အလက် ဝါ entropy ဟာ သူ့ကိုသယ်ဆောင်မဲ့ ရုပ်တစ်ခုလိုပြီး ဒါကတော့ DNA mRNA Protein ဆိုတဲ့ hardware များပါ။ စိတ်အပါအဝင် မျိုးဗီဇများဟာ emergence phenomenon ဖြစ်ပြီး သတင်းအချက်အလက်ဖြန့်ဝေ သယ်ဆောင်ခြင်းဖြင့်လုပ်ဆောင်နေခြင်းပါ (အောက်မှာပြထားတာက ဂျော့ ဂမ်မော/ Ribosomes / Turin machine ၂ ပုံ အစဥ်လိုက်)

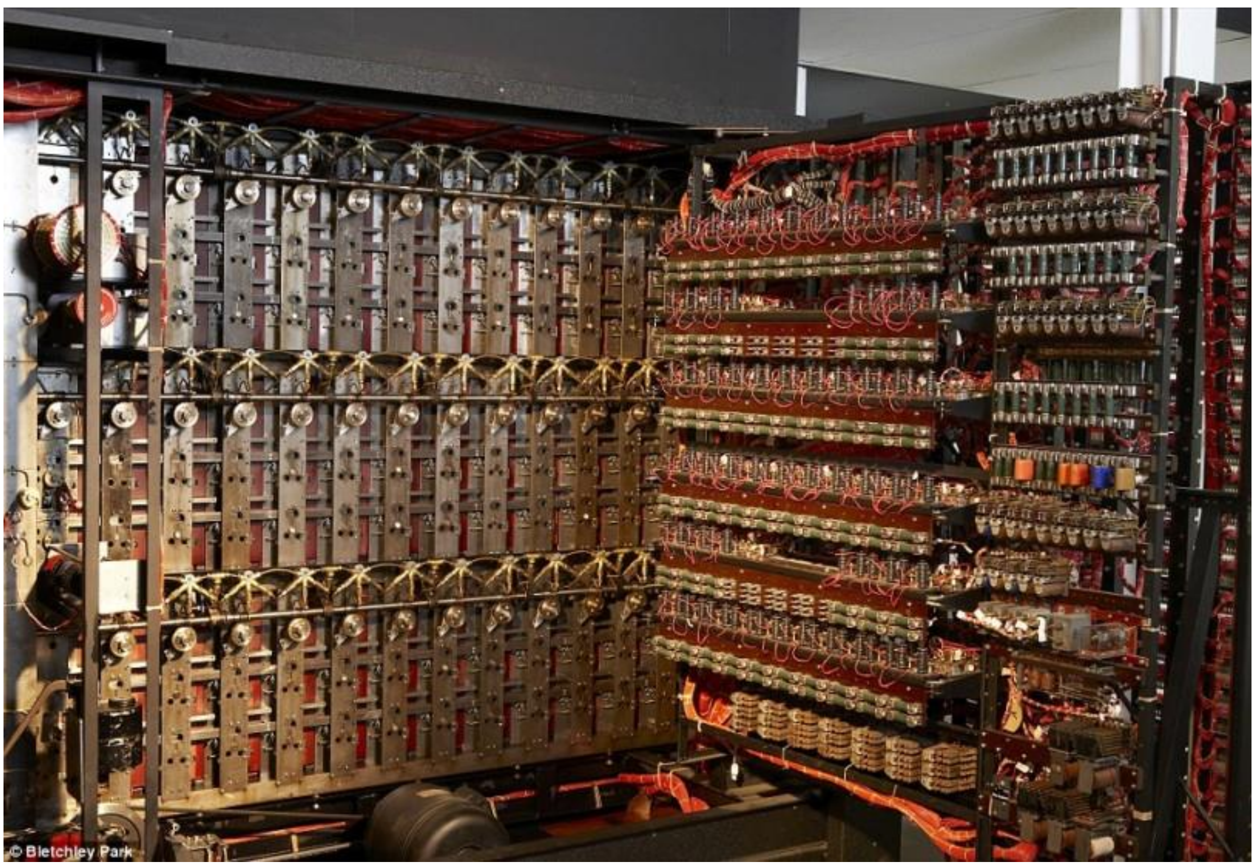
to be continued....

Георгий Антонович Гамов

George Gamow





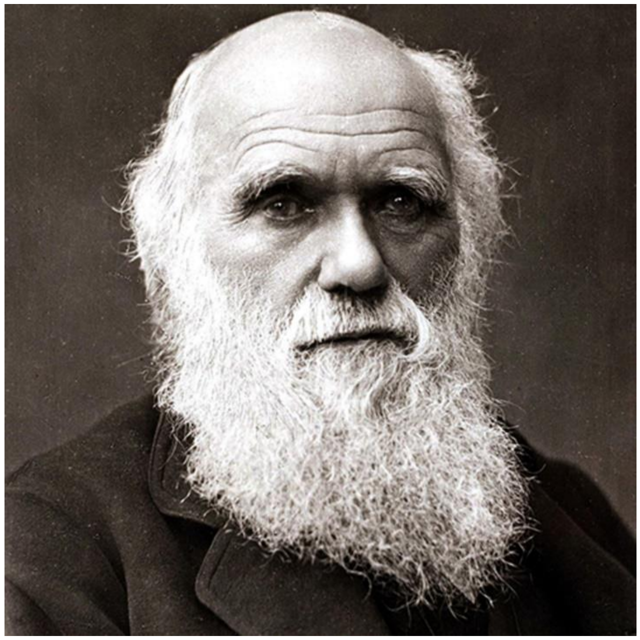

© Bletchley Park

Life and Entropy 9

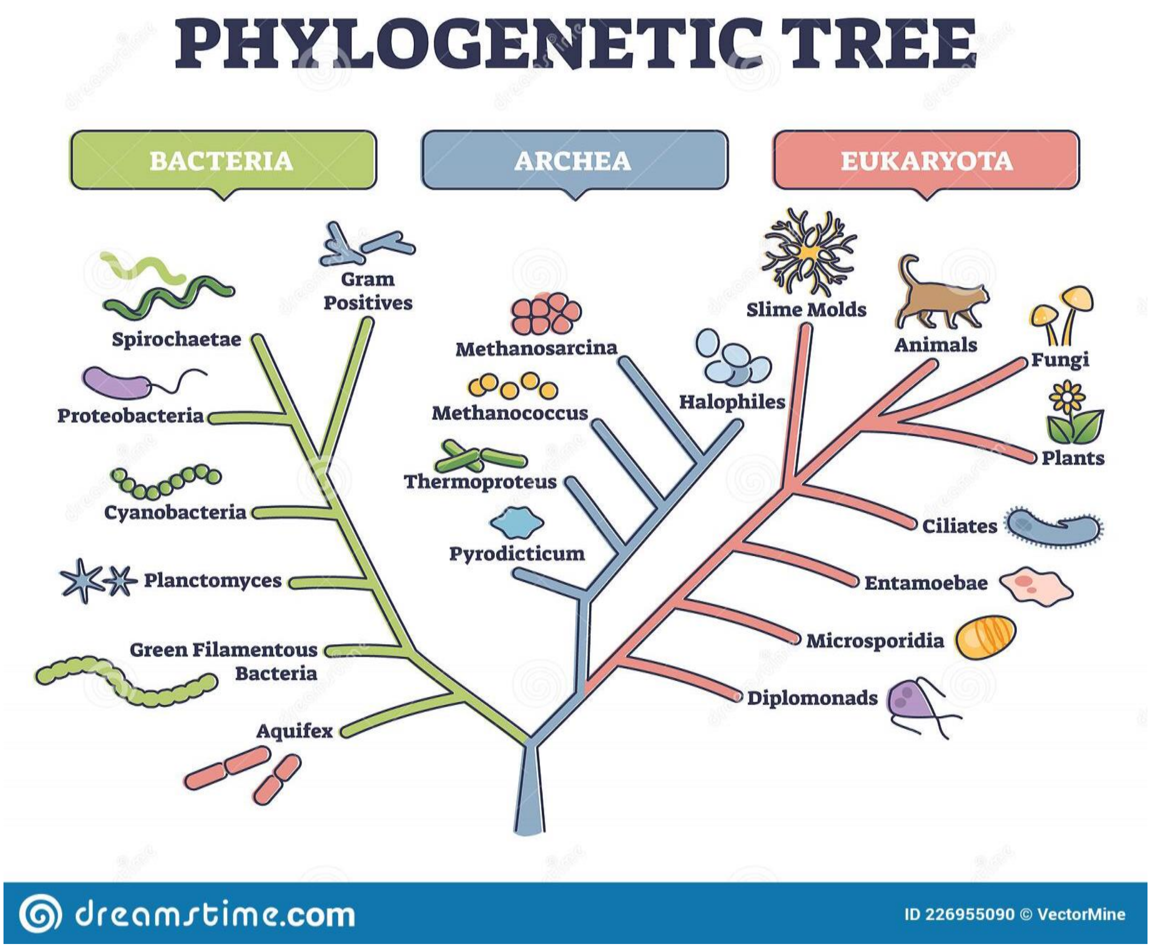
သက်ရှိရဲ့ လိုအပ်ချက်တွေနဲ့ အလုပ်လုပ်ပုံအကြောင်း အကြမ်းဖျဉ်းပြောခဲ့ပါပြီ။ တကယ်တော့ ဒီဘာသာရပ်က အကျယ်ကြီးပါ။ အကျဉ်းချုံးရေးရတာဖြစ်ပြီး သင်္ချာမပါဘဲဖော်ပြချက်နဲ့ သွားရတာဖြစ်လို့ နားလည်ဖို့ခက်နိုင်ပါသည်။ သို့ရာတွင် ကျွန်တော့်ရည်ရွယ်ချက်မှာ အမှန်တကယ်သိရှိလိုသော လူငယ်များကို မိတ်ဆက်ပေးလိုခြင်းသာဖြစ်ပါသည်။ သက်ရှိနှင့်ပတ်သတ်လာလျှင် နောက်ဆုံးကွင်းဆက်မှာ Evolution ဖြစ်ပါသည်။ Evolutionရဲ့ဖခင်မှာချားလ်ဒါဝင် ဖြစ်ပါတယ်။ ၁၈၅၉ မှာ on the origin of species ဆိုတဲ့စာအုပ်ကို willian russel wallace နဲ့အတူရေးခဲ့ပါတယ်။ သိပ္ပံရဲ့သမိုင်းမှာ အလွှမ်းမိုးဆုံး စာအုပ်တွေထဲက တစ်အုပ်ပါ။ တောင်အမေရိကတိုက် beagles ကျွန်းစုမှာ လေ့လာခဲ့မှုများရဲ့ရလာဒ်ပါ။ ကမ္ဘာပေါ်က သက်ရှိတိုင်းဟာ common ancester တစ်ခုကနေ ကွဲပြားပေါ်ထွက်လာတယ်လို့ ပြောနိုင်ပါတယ်။ ကွဲပြားအောင်ဖြစ်ပေါ်စေတဲ့ အင်အားက natural selection သဘာဝရဲ့ရွေးချယ်မှုကြောင့်ပါ။ သဘာဝက ရှင်သန်ပွားများမယ့်သက်ရှိတွေကိုဘယ်လိုရွေးချယ်သလဲ။ fittest must survive ပါတဲ့။ ပတ်ဝန်းကျင်နဲ့ လိုက်လျောညီထွေနေနိုင်စွမ်းရှိတဲ့ မျိုးစိတ်ကရှင်ကျန်မှာပါ။ ဒါကဒါဝင်ရဲ့ အနှစ်ချုပ်ပါ။

ဒါဝင်သီဝရီက descriptive ပါ။ quantitative မဟုတ်ပါဘူး ရှန်နွန်သီဝရီပေါ်လာမှသာ သင်္ချာ foundation ကိုသုံးနိုင်လာပါတယ်။ molecular level မှာတော့ ဇီဇ molecule DNA ရဲ့ evolution ဟာ သက်ရှိရဲ့ အပြင်ပိုင်းပုံစံ evolution ကိုပြဌာန်းပါတယ်။ DNA ရဲ့ Evolution ဆိုတာ အတိတ်က မျိုးဆက်တွေရဲ့ သတင်းအချက်အလက် ယခု ပစ္စုပ္ပန်ကို လက်ဆင့်ကမ်းခြင်းပါ။ ဒီနည်းနဲ့ theory of information ဟာ evolution of gene ကိုလေ့လာရာမှာ အထောက်အကူပြုပါတယ်။ theory of information အရ သတင်းအချက်အလက်ဟာ DNA မှ protein ဆီသွားပါတယ်။ ပြောင်းပြန်မဖြစ်နိုင်ပါ။ ဒါကြောင့် ပထမဆုံး သက်ရှိစဖြစ်ခြင်း ဖြစ်စဉ် abiogenesis မှာ protein first ဟာမဖြစ်နိုင်ပါ။ ဒါကြောင့် primodial soup အယူအဆဟာ မဖြစ်နိုင်ကြောင်း hubert yockey ကဆိုပါတယ်။ သက်ရှိတို့အကြောင်းဟာ စိတ်ဝင်စားစရာ ကောင်းပြီး အမှန်တရားဟာ intuition နဲ့ မရောက်နိုင်ပဲ science အားဖြစ်သာ သိရှိနိုင်ကြောင်း တင်ပြလိုက်ပါတယ်(အောက်ကပုံတွေက ဒါဝင်နဲ့ Phylogenectic tree ပါ cladogram လို့လဲခေါ်ပါတယ် ဒါဝင်လက်ထက်က morphology ကိုကြည့်ပြီးခွဲခဲ့တာပါ ယခုတော့ molecular clock method ကိုသုံးတဲ့အတွက်ပိုတိကျပါတယ်)

the END

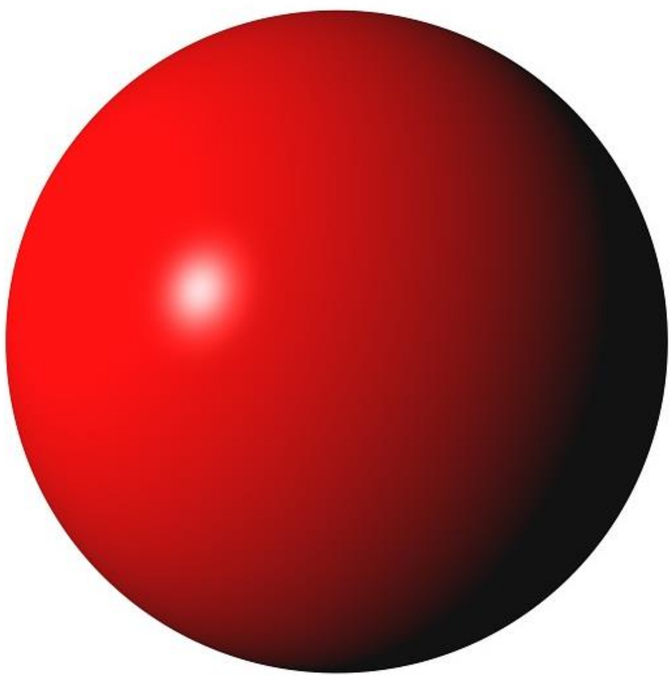


Charles Darwin



Spin

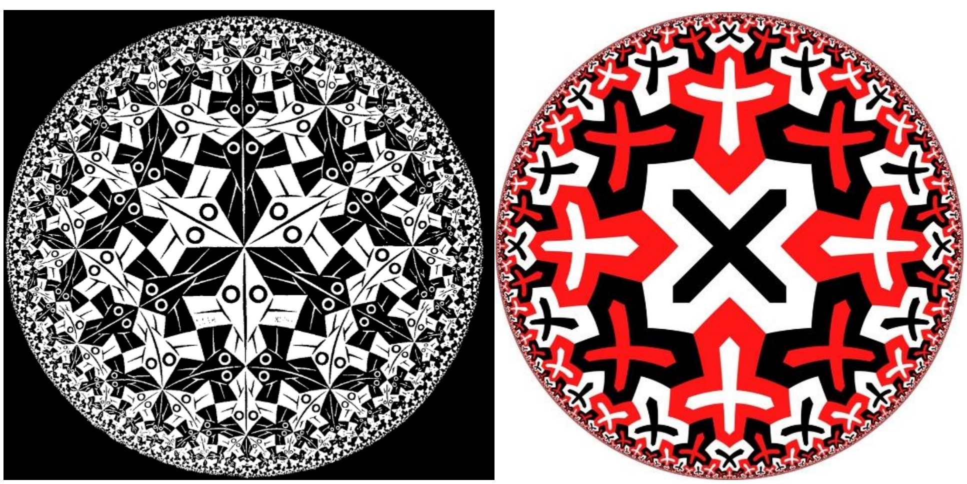
Spin အကြောင်းမေးထားလို့ ကြားဖြတ်တင်တာပါ။ စပင်ဟာ အခြေခံအားအမှုန်များရဲ့ လက္ခဏာတစ်ခုပါ။ သာမန်နေ့စဉ်ဘဝမှာ ကျွန်တော်တို့မြင်တွေ့နေရတာတွေနဲ့ စပင်ကို အစားထိုး နားလည်ကြည့်ဖို့ ခက်ပါတယ်။ ကွမ်တမ်ရူပဗေဒပေါ်လာမှ စပင်အကြောင်းကိုသိရတာပါ။ အနီးစပ်ဆုံး ဥပမာအနေနဲ့ ဂျင်လည်သလို လည်တာကို စပင်လို့ပြောချင်တာပါ။ ဒါပေမဲ့လည်နေတယ်လို့ ယူဆရင်လည်း အပြည့်အဝတော့မမှန်ပါ။ ဘာကြောင့်လည်းဆိုတော့ အခြေခံအမှုန်တွေကို ဖွဲ့စည်းပုံမရှိသော ပုံသဏ္ဍာန် မရှိသော အမှတ်စက်တစ်ခုအဖြစ် ကွမ်တမ်ကယူဆထားလို့ပါ။ ပထမဆုံးစပင်ကိုစတွေ့တာက အီလက်ထရွန်တွေရဲ့ fine spectra အစင်းတွေကို တွေ့ရာကစပါတယ်။ ဒါကိုတွေ့ရှိဖို့ အခြခံအမှုန်တွေ ဟာလည်နေမှဖြစ်တာပါ။ လည်နေတဲ့အမှုန်တွေက သံလိုက်စက်ကွင်းကို ထုတ်လုပ်ပြီး သံလိုက်စက်ကွင်းက အစင်းတွေကို ဖြစ်ပေါ်စေပါတယ်။ ဒီလိုနဲ့စပင်ကိုတွေ့ရှိခဲ့ပြီး ပေါ်လီက ရှင်းပြနိုင်ခဲ့ပါတယ်။ စပင်ဟာ မျိုးစိတ်တူတဲ့ အမှုန်တိုင်းအတွက်တူပါတယ်။ ဥပမာ အီလက်ထရွန် နဲ့ ကွက် များလို ရုပ်မှုန်များက ဟာစပင် 1/2 ရှိပြီး အားမှုန်များက ကိန်းပြည့်ပါ။ အလင်းမှုန်က စပင် ၁ ရှိပြီး ဒြပ်ဆွဲအမှုန်က စပင် ၂ ရှိပါတယ်။ ဟစ်အမှုန်က စပင် 0 ပါ။



သင်္ချာပန်းချီ

လူအများစုကသင်္ချာဟာ ပျင်းစရာကောင်းတယ်လို့ ယူဆကြပါတယ်။ စိတ်လှုပ်ရှားစရာမရှိတဲ့ ပုံသဏ္ဍာန်တွေ အတွေးအခေါ်တွေနဲ့ ဖွဲ့စည်းထားတယ် ဒီလိုထင်ကြပါတယ်။ ဒါပေမဲ့ ဒီလိုမထင်တဲ့ သူတွေလည်းရှိပါတယ်။ သင်္ချာဟာ Truth ပေါ်အခြေခံတာပါ။ သို့သော် truth နဲ့ beauty ဟာ သဘာဝမှာ နက်နဲစွာဆက်စပ်နေပါတယ်။ ဒါကိုလက်တွေ့သက်သေပြခဲ့သူတွေရှိပါတယ်။ ဥပမာ ဂျက်ဆင်ပေါလော့ခ် လို အနုပညာသမား chaos ရဲ့ fractal လို image တွေ။ ခုတခါတော့ သင်္ချာနဲ့ ဖန်တီးထားတဲ့ အနုပညာကိုမှ ခုံမင်ခဲ့သူ ပန်းချီဆရာတစ်ယောက်နဲ့ မိတ်ဆက်ပေးချင်ပါတယ်။ သူကတော့ မော်ရစ် ကော်နဲလစ် အက်ရှ်ရှာပါ။ အမ်စီ အက်စ်ရှာပေါ့။ ဒက်ချ်လူမျိုး ပန်းချီဆရာ၊ ပန်းပုဆရာ၊ သစ်ထွင်း သမား သင်္ချာပညာရှင် နဲ့ သင်္ချာလက်တွေ့စမ်းသပ်သူ ဖြစ်ပါတယ်။

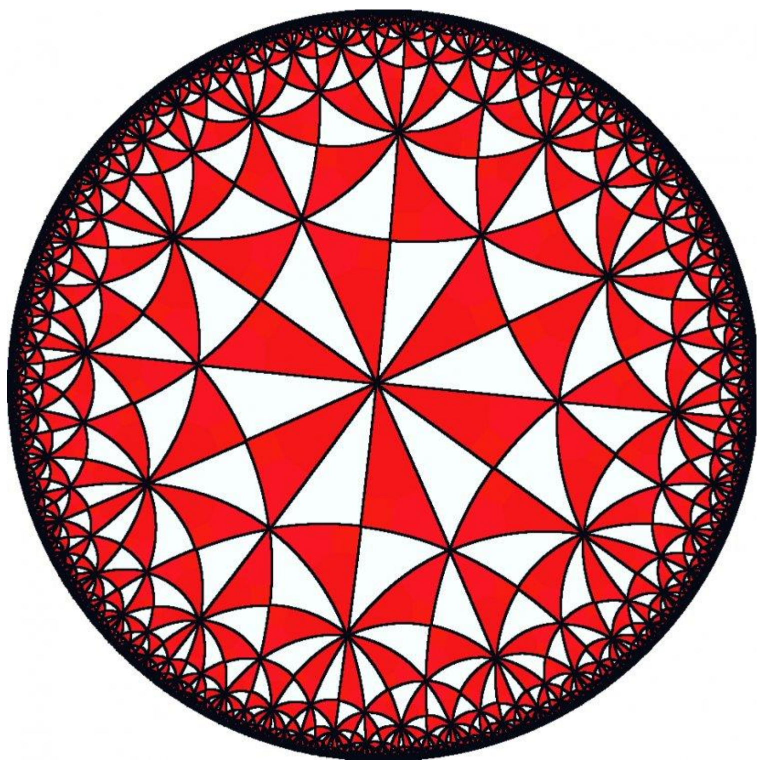
သူဟာသူ့ရဲ့နာမည်ကျော်လက်ရာများ ဖြစ်တဲ့ Relativity ; circle of limits စသည့် အနုပညာ လက်ရာများဖြင့်ကျော်ကြားပါတယ်။ ၁၈၉၈ ကနေ ၁၉၇၂ ခုနှစ်ထိ နေထိုင်သွားပြီး အနုပညာလက်ရာ များစွာကိုဖန်တီးခဲ့သူပါ။ အောက်မှာပုံတွေနဲ့အတူသူ့လက်ရာတချို့ကို တင်ပြလိုက်ပါတယ်။ circle of limit ၊ ဒါကသစ်ထွင်းပန်းချီပါ hyperbolic geometry ကို ပြင်ညီမျက်နှာပြင် Euclidean space နဲ့ ကိုယ်စားပြုဖော်ပြထားတာပါ။ hyperbolic geometry ဆိုတာကတော့ အပေါင်းကွေး အနုတ်ကွေး ၂ မျိုး လုံး ပါဝင်နေတဲ့ သေးငယ်တဲ့ဝန်းကျင်မှာ ဆို မြင်းကုန်းနှီးနဲ့တူတဲ့မျက်နှာပြင်ပါ။ ကျွန်တော်တို့ နေထိုင်ရာ ကမ္ဘာကြီးက ကိုယ်နေထိုင်ရာ ဝန်းကျင်အနီးနားပဲကြည့်မယ်ဆိုရင် ပြင်ညီနဲ့တူပါတယ်။ ဒါကို euclidean space လို့ခေါ်တယ်။ ကျွန်တော်တို့နဲ့ရင်းနှီးလွန်းတော့ ကျန်တဲ့ space တွေရှိနေမှန်းတောင် ကျွန်တော်တို့ သတိမပြုမိပါဘူး။ တကယ်တော့စကြာဝဠာဟာ ပြင်ညီမဟုတ်ပါဘူး။ ဒါပေမဲ့ ကျွန်တော်တို့ ဒါကို မမြင်ရ ဘူး။ အက်စ်ရှာကတော့ လက်မလျှော့ပါဘူး။ hyperbolic surface ကို ကျွန်တော်တို့သိတဲ့ ပြင်ညီပေါ် တင်ဖို့ကြိုးစားခဲ့တာ ရလာဒ်ကတော့ circles of limits series များပါ။



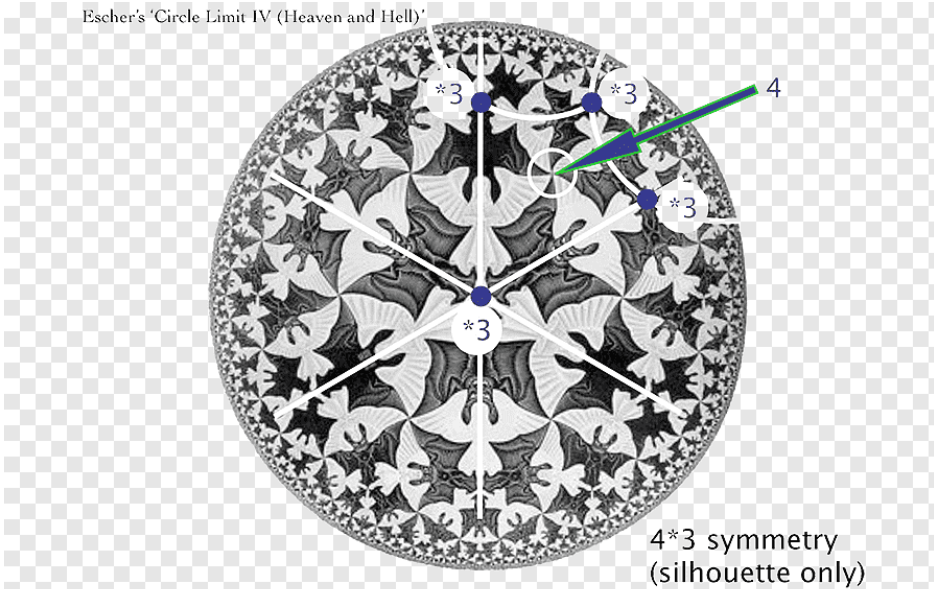
Circles of Limits 1 and 2

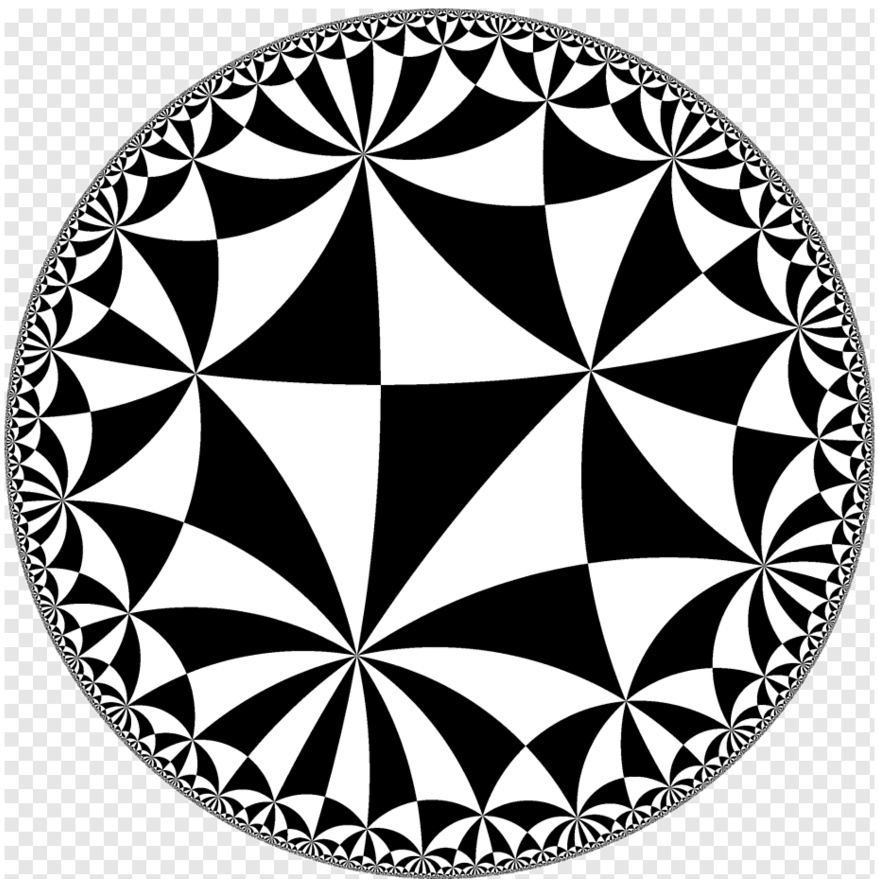
နောက်တစ်ခုက အဆင်းနဲ့အတက်ပါ။ အမြင်အာရုံကိုလှည့်စားထားတဲ့ ဒီပုံက ပန်ရို့စ်လှေကားကို အခြေခံပြီး ဖန်တီးခဲ့တာပါ။ သာမိုဒိုင်းနမစ်နဲ့ ကားနော့cycle ကို ပြန်မြင်ယောင်စေတဲ့ ရဲတိုက်ပေါ်က လူတွေ အဆင်းအတက်မဲ့ သံသရာလှေကားမှာ လျှောက်လှမ်းနေပုံပေါ့။ အာရုံသိရဲ့ စိတ်မချရပုံကို ပြနေသလိုပါ။ နောက်တပုံကကောင်းကင်နဲ့ရေ ပျံသန်းနေတဲ့ ဘဲငန်း နဲ့ကူးနေတဲ့ငါးတွေ ကိုစီရရီစဉ်ပြီး ဆွဲထားတာပါ။ သင်္ချာအရတော့ periodic tiling ပုံမှန်စီခြင်းလို့ခေါ်ပါတယ်။ ဒါဟာပြင်ညီနဲ့ ပါဝင်တဲ့ အရာတွေ (ဒီမှာဆို ငါး နဲ့ ငှက်) ရဲ့ ဘက်ညီမှု symmetry ရှိမှသာဖန်တီးလို့ရတဲ့အရာပါ။ ခုပုံမှာပါတဲ့ tiling ကတော့ translational symmetry အောက်မှာ တည်မြဲပါတယ်။ relativity ကတော့ နှိုင်းယှဉ်မှုနဲ့သာ ဖော်ပြနိုင်တဲ လှေကားနဲ့လူတွေအကြောင်းရေတံခွန် ကတော့ အဆောက်အအုံကို ပတ်စီးနေတဲ့ ရေစီးကြောင်း ပန်ရို့စ်တြိဂံ ပုံဆွဲနေသောလက်များ။ နောက်ဆုံးတစ်ခုက သက်ငြိမ်နဲ့လမ်း အနုပညာရဲ့ အလှတရားက ရှင်းပြရခက်ပါတယ်။

သင်္ချာရဲ့အလှတရားကတော့ သိမ်မွေ့ပါတယ်လို့ ပြောရင်း



Circle of limit 3





Circle Limit III Puddle Relativity Hyperbolic geometry, circle, triangle, symmetry,

ဖီဘိုနာချီ

ကိန်းတန်းလေးတွေဟာ စိတ်ဝင်စားဖို့ ကောင်းပါတယ်။ မိတ်ဆွေတွေကို ကိန်းတန်းလေးတစ်ခုနဲ့ မိတ်ဆက်ပေးပါရစေ။

1 ; 1 ; 2 ; 3 ; 5 ; 8 ; 13 ; 21 ; 34 ; 55 ; 89 ; ? ....

နောက်တစ်လုံးက ဘာလာမှာလဲ။ အမှန်တော့ မခက်လှပါဘူး။ ခုကိန်းတန်းတွေကရှေ့ ၂ လုံးပေါင်းခြင်း အားဖြင့်ရတာပါ။

1 + 1 = 2

1 + 2 = 3

2 + 3 = 5

3 + 5 = 8

ဒီတော့နောက်တလုံးက 55 + 89 = 144 ပေါ့။

ဒီနည်းနဲ့ဆက်ကာရေးသွားနိုင်ပြီးသူ့ကိုဖီဘိုနာချီကိန်းတန်းလို့ခေါ်ပါတယ်။ လီယိုနာဒို ဖီဘိုနာချီ ကတွေ့ခဲ့တာပါ။ ဘယ်ကရတာလဲ ? ဖီဘိုနာချီက ၁၃ ရာစုက သင်္ချာပညာရှင်ပါ။ သူကတစ်နေ့တော့ စပ်စုလိုတဲ့စိတ်နဲ့ စဉ်းစားတယ်။ ယုန်ကလေး ၂ ကောင်ရှိတယ်ဆိုပါစို့။ အထီး ၁ ကောင် အမ တစ်ကောင် ၂ ကောင်လုံးက ယုန်ပေါက်လေးတွေပေါ့။ တစ်လနေတော့ သူတို့တွေ ယုန်ကြီးဖြစ်လာတယ်။ နောက်တစ်လနေတော့ ယုန်ပေါက်ကလေး ၂ ကောင်မွေးတယ်။ အထီးလေးနဲ့ အမ လေးပေါ့။ နောက်လကြတော့ ယုန်ကြီး ၂ စုံ နဲ့ ယုန်ပေါက်တစ်စုံ.................။ ဒီလိုဆက်ပေါက်လိုက်တာ ၁၂ လ နေရင်ယုန်ဘယ်နှစ်ကောင်လဲ။ အောက်မှာစဉ်းစားရလွယ်ကူအောင် တစ်လတစ်ပုံနှုန်းနဲ့ ယုန်ပုံလေးတွေ ပေးထားပါတယ်။ တကယ်တော့ ဒါက thought experiment ပါ။ အတွေးစမ်းသပ်ချက်ပေါ့။ ဖီဘိုနာချီ မြင်တာကဒီလိုပါ။ သိချင်တဲ့လရဲ့ ယုန်ကြီးအရေအတွက်ဟာ အရင်လက ယုန်စုစုပေါင်း (ယုန်ကြီး + ယုန်ပေါက်) နဲ့တူတယ်။ အမှန်တော့ အရင်လကယုန်တွေ ဒီလဆိုအကုန်ကြီးလာပြီကို သင်္ချာနဲ့ဆို

A(n) = T (n -1)

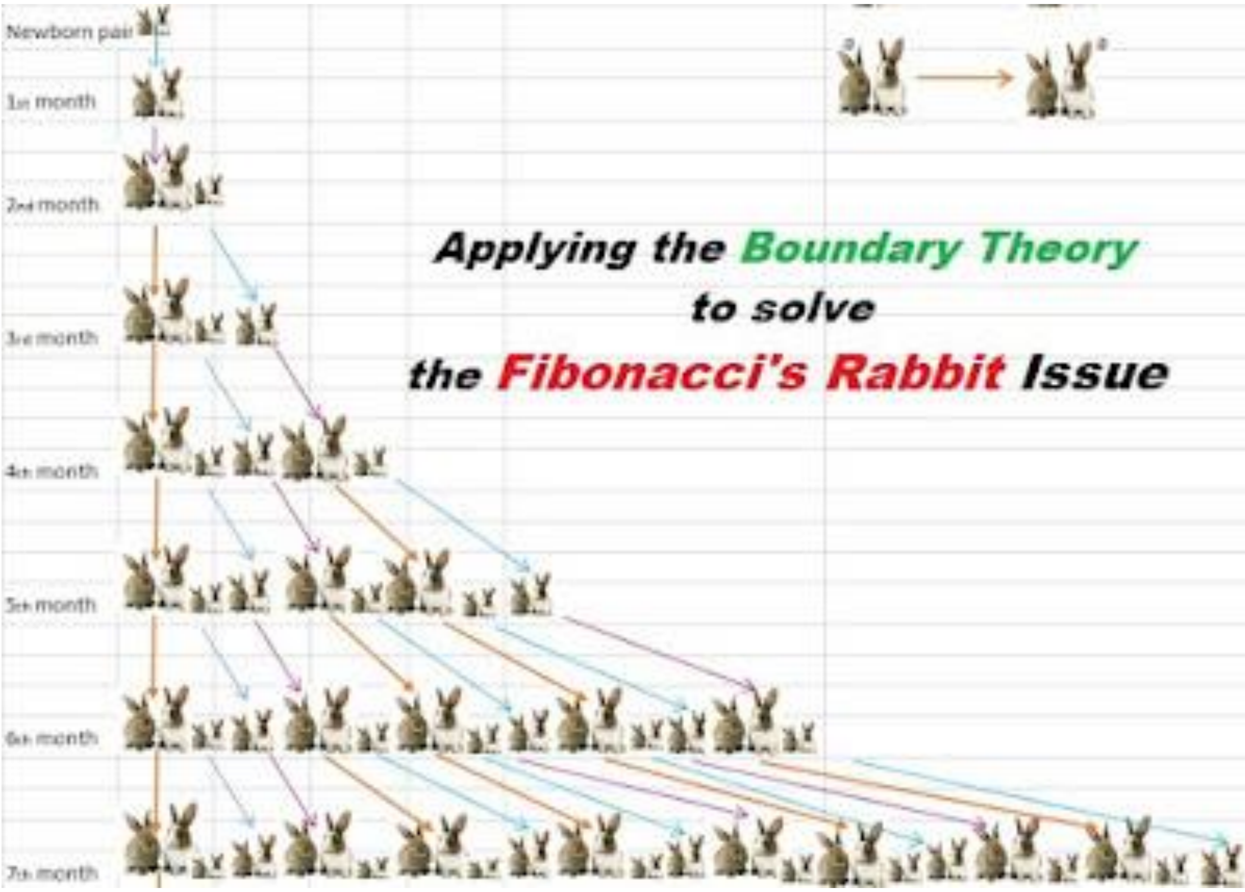
A= adult rabbitယုန်ကြီးအရေအတတွက်

T= total rabbit (ယုန်ကြီး + ယုန်ပေါက်= စုစုပေါင်း)အရေအတွက်

n= သိလိုသောလ

n-1= သိလိုသောလ၏ ယခင်လ

n-2 = သိလိုသောလ၏ ယခင် ၂ လ



နောက်တစ်ခုသူသတိပြုမိတာက သိချင်တဲ့လရဲ့ယုန်ပေါက်က အရင်လရဲ့ယုန်ကြီးအရေအတွက်နဲ့ တူတယ်။ အရင်လက ယုန်ကြီးတွေက ယုန်ပေါက်တွေကို မွေးတာကိုး။ အရေအတွက် တူနေတာပေါ့။

B= baby rabbit ယုန်ပေါက် အရေအတွက် ဆိုရင်

B(n) = A(n-1) =T(n-2)

ဒီတော့

T(n) =A(n) + B(n) = T(n-1) + T(n-2)

ဒီလအတွက်ယုန်စုစုပေါင်းက အရင် ၂ လက ယုန်တွေကိုပေါင်းရမယ်လို့ သူအဖြေရသွားတယ်။ ၁၂ လဆိုရင် ၁၄၄ ကောင် ရှိမှာပေါ့။ သူက ဒီလိုနဲ့ ဒီကိန်းတန်းကို ရှာတွေ့ခဲ့ပါတယ်။ သဘာဝမှာ ပန်းပွင့်တွေ၊ အရွက်တွေ၊ ပျားကောင်ရေ၊ နေကြာပန်းရဲ့ဝတ်ဆံတွေစီထားပုံ၊ ဒါတွေဟာ ဒီကိန်းတန်းရဲ့ အစဉ်တိုင်းဖြစ်နေတဲ့ အရာများဖြစ်ပါကြောင်း။

(plus magazine ကိုမှီငြမ်းပါသည်)

Moment

"ကမ္ဘာ့ အပြင်ဘက်မှာ ခြေချစရာ နဲ့ ကုတ်တချောင်းသာပေး၊ ကမ္ဘာကြီးကို ကော်ထုတ်ပြမယ်" လို့ ဆိုခဲ့တဲ့ သူကတော့ အားလုံးသိကြပြီးသား အာခီမီဒီးစ်ပါ။ သူဘာလို့ ဒါကို ရဲရဲဝံ့ဝံ့ကြွေးကြော် နိုင်လည်း ဆိုတော့ Law of lever ကို တွေ့ခဲ့လို့ပါပဲ။ ကုတ်ကို သူစထွင်တာ မဟုတ်ပေမဲ့ ဒါဘာလို့ အလုပ်ဖြစ်လဲ ဆိုတာကိုတော့ သီဝရီအရ ရှင်းပြနိုင်ခဲ့ပါတယ်။ ခလေးတွေ ဆော့တဲ့ ဆီးဆောကို တွေ့ဖူးကြပါတယ်။ ဒါကလီဗာ (ကုတ်) တစ်မျိုးပါပဲ။ ဒီလိုပဲ ကျနော်တို့က သစ်သားပြားထဲမှာ နစ်ဝင်နေတဲ့သံကို တူနဲ့ ကော်ထုတ်တဲ့ အခါ law of lever ကို အသုံးချနေတာပါပဲ။

ဆီးဆော ပဲဖြစ်ဖြစ် ၊ ချိန်ခွင်ပဲဖြစ်ဖြစ် ၊ တူပဲဖြစ်ဖြစ် တူညီတဲ့ အရာတွေကတော့ fulcrum (pivot) ဆိုတဲ့ ဗဟိုချက်ရယ် ၊ အဲ့ ဗဟိုချက်က ဟိုဘက် ဒီဘက် အကွာအဝေးတွေရယ်၊ အဲ့အကွာအဝေး တစ်ခုမှာ တင်ထားတဲ့ အလေးချိန်တစ်ခု (အားတစ်ခု) ရယ် ဒါတွေက အရေးပါပါတယ်။ အာခီမီဒီးစ်က ဒါရဲ့ ဆက်သွယ်ချက် ကို ရှင်းပြခဲ့တယ်။ တကယ်လို့ ဗဟိုချက်ကနေ တစ်ဖက်တစ်ချက် အကွာအဝေးတွေက x_1 နဲ့ x_2 ဖြစ်ပြီး ၊ တင်ထားတဲ့ အလေးတုန်း(အား) တွေက F_1 နဲ့ F_2 ဖြစ်ရင် သူတို့နှစ်ခုက မျှခြေမှာ

$$F_1x_1 = F_2x_2$$

ဆိုပြီး ရေးပါတယ်။ အကွာအဝေးနဲ့ အားရဲ့ မြှောက်လာဒ်ဟာ မျှခြေမှာ ဟိုဘက် ဒီဘက်တူကြတယ်။ တကယ်လို့ လကို ဂျမ်တုံး (ဆုံချက်)ထားပြီး ၊ လနဲ့ ကမ္ဘာ အကွာအဝေး ၊ ကမ္ဘာ့ အလေးချိန်နဲ့ အာခီမီဒီးစ် ဖိချမဲ့ အားကို သိရင် ဒီ ညီမျှချင်းကနေ ကမ္ဘာနဲ့ ဘယ်လောက်အကွာအဝေးကနေ ကော်ရမယ်ဆိုတာ ထွက်လာမယ်။ တစ်ခုပဲ အဲ့ အကွာအဝေးက အလင်းနှစ် သန်းထောင်ချီတာလေး တစ်ခုပဲ။ ဒီညီမျှခြင်းမှာ F နဲ့ x က ဗက်တာတွေ ဖြစ်ပြီး ထောင့်မှန်ကြပါတယ်။ ဒါက လည်အား (Torque) ကို ပေးပါတယ်။ ရလာဒ်က ဗဟိုချက်ကို ပါတ်လည်နေမှာပေါ့။ ခုလို အကွာအဝေး x နဲ့ F လို quantity Q တစ်ခုခုကို မြှောက်ထားတာကို moment လို့ ခေါ်ပါတယ်။ အားရယ်မှ မဟုတ်ပါဘူး။ Q နေရာမှာ ဒြပ်ထု m ၊ charge q ၊ probability p စသဖြင့် ဘာကိုပဲယူယူ ၊ အဲ့ဒါတွေနဲ့ x ကိုမြှောက်ထားတဲ့ product ကို moment လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ဒါက အာခီမီဒီးစ် ရဲ့ ကုတ်နိယာမကို ယေဘူယျပြုလိုက်တာပေါ့။ ဒီနည်းမှာ x_1 ,x_2 , x_3 … စသဖြင့် အများကြီးပါလာရင် အားလုံးကို ပေါင်းပေးနိုင်ပြီး ညီမျှခြင်းက

$$\sum_i x_iQ_i = 0$$

ဆိုပြီးဖြစ်သွားမယ်။ ဒါက center of gravity လို ဟာ မျိုး တွက်ရာမှာ အတော် အသုံးကြပါတယ်။ (1/N နဲ့ မြှောက်ဖို့တော့လိုမယ် ။ flow ဘေးချော်မှာဆိုးလို့ မထည့်ထားဘူး။) နယူတန်က သူ့ညီမျှခြင်းကို ဂြိုဟ်ပတ်လမ်းတွေတွက်ရာမှာ သုံးတော့ ဂြိုဟ်တွေက point-like particle တွေ မဟုတ်ကြဘူး။ သူ့ ညီမျှခြင်းက point -like mass တွေမှာမှ အသုံးဝင်တာ။ ဒါပေမဲ့ အထက်က ညီမျှခြင်းက ဂြိုဟ်တစ်ခုလုံးရဲ့ center of mass ကို point တစ်ခုမှာ ထားပေးတယ်။ ဒီညီမျှခြင်းသာ မရှိရင် သူ့ နိယာမတွေက

မှန်နေတောင် အသုံးဝင်တော့မှာ မဟုတ်ပါဘူး။ ဒါက moment ဆိုတဲ့ concept ရဲ့ အသုံးဝင်မှုပါ။ နောက်တစ်ချက်က chinese martial art ကျမ်းတွေ ဖတ်ဖူးရင် **ချီ** ဆိုတာ သိကြလိမ့်မယ်။ သိုင်းဝတ္ထုတွေမှာ အတွင်းအားဆိုတဲ့ အရာပေါ့။ ချက်အောက် ၃ လက်မ အမှတ်နေရာကို အာရုံစိုက် အသက်ရှူထုတ် ဘာညာပေါ့။ ရူပဗေဒ ရှုထောင့်က ကြည့်ရင် extended body (လူ့ခန္ဓာကိုယ်လိုမျိုး) ဟာတွေမှာ လှုပ်ရှားပြောင်းလဲတဲ့ အခါ အရေးအပါဆုံးက center of balance ပါပဲ။ ဟန်ချက်ပေါ့။ အဲ့ဒါက center of gravity ရဲ့ another name ပါပဲ။ သိုင်းချရင် ဟန်ချက်ပျက်လို့ကတော့ ကိစ္စတုန်းတာပဲ။ တရုတ်ပြည်မှာ ဝူရှူး ဆရာတွေကို ဆော်လွှတ်တဲ့ MMA ဖိုက်တာ ယူကျူ့ ဗွီဒီယိုကြည့်ဖူးရင် ဟန်ချက် ဘယ်လောက် အရေးပါလဲ သဘောပေါက်မှာပါ။ လူ့ခန္ဓာကိုယ်က လှုပ်ရှားနေရင် ဟန်ချက် center of gravity point ကလည်း ပြောင်းနေတာပါပဲ။ အားက အဲ့ ပွိုင့်တည့်တည့်ကို ထိမိရင် အဟုန်နဲ့ ဆို အနောက် လွင့်ပါတယ်။ အဟုန်မပါဘဲ အားသက်သက်ဆို နောက်မလွင့်ပဲ အတွင်းကြေကြေတာပေါ့။ အဲ့ပွိုင့်ကနေ x အကွာအဝေးဆို လည်ထွက်သွားတာပေါ့။ အတွင်းအား ရှိမရှိတော့ မသိပေမဲ့ martial art တွေရဲ့ form ဟာ ခုပြောတဲ့ center of gravity ပေါ် မူတည်ပြီး ရှိလာရတာကတော့ မလွဲပါဘူး။

ဒါကိုကြည့်ရင် moment ဆိုတဲ့ concept က ဘယ်လောက် အရေးပါလည်းသိပါလိမ့်မယ်။ moment ကို zeroth moment , first moment , second moment … စသဖြင့် moment infinity အထိ grading ခွဲလို့ ရတယ်။ ညီမျှခြင်းက

$$\text{nth moment} = \sum_i x^n_i Q_i = 0$$

ဆိုပြီး x ကို ပါဝါ တင်ပေးတာပေါ့။ torque လို Fx မျိုးက first moment of force ပါ။ ၁၇၂၂ မှာ ရောဂျာကိုတီ က သိပ္ပံစမ်းသပ်ချက်တွေမှာ ရလာတဲ့ ရလာဒ် အမျိုးမျိုးကို true value (တကယ့် ရလာဒ်) က နေကွာတဲ့ weighted distance တွေအနေနဲ့ ယူဆပြီး အားလုံးပေါင်းဖို့ အကြံပေးတယ်။ ဒါက statistic မှာ သုံးတဲ့ expected value ဆိုတဲ့ idea ရဲ့ အစပါပဲ။ အမှန်တော့ expectation value ဆိုတာ first moment of probability ပါပဲ။

$$\text{mean or expected value} = \sum_i p_i (x_i - x)$$

တကယ်လို့ p_i အားလုံးက အတူတူဖြစ်ခဲ့ရင် 1/N မို့ ဒီညီမျှခြင်းက mean (or average) နဲ့ အတူတူပါပဲ။ မော်ဒန် statistic ရဲ့ ဖခင်ဖြစ်တဲ့ ကားလ် ပီယာဆန်ရဲ့ လက်ထက်ကြတော့ သူက moment idea ကို အစွမ်းကုန် ရှက်လွှင့်ခဲ့ပါတယ်။

zeroth moment ဟာ probability p

first moment က expected value

second moment က variance

third moment က skewness

fourth moment က Kurtosis စသဖြင့်

moment တွေ အများကြီးရှိကြောင်းချပြခဲ့တယ်။ ဒီ moment တွေက probability density function ရဲ့ shape ကို ဆုံးဖြတ်ပေးပါတယ်။ zeroth moment က p အကြောင်းပြောပြတယ်။ first moment (mean) က p curve ရဲ့ လယ်ဗဟို အကြောင်းပြောပြတယ်။ second moment (variance)က curve ရဲ့ အကျယ်ကို ပြောတယ်။ third moment (skewness) က curve ရဲ့ ဗဟို ကနေ ဟိုဘက်ဒီဘက် ဘယ်လောက် ဘက်ညီလဲ ပြောပြပြီး၊ fourth moment (kurtosis) ကတော့ curve ဟာ ဘယ်လောက် ခုံးလဲ ၊ခွက်လဲ ကို တိုင်းပေးပါတယ်။ ကျန်တဲ့ moment တွေကတော့ အများအားဖြင့် သုညပါ။ ကံကောင်းတာတခုကတော့ normal curve ကို first နဲ့ second moment ၂ခုထဲနဲ့ ဖော်ပြလို့ရတာပါပဲ။ ဒါ့အပြင် လာပလာ့စ် ကျေးဇူးကြောင့် central limit theorem အရ အများစုသော probability curve တွေဟာ N များလာရင် normal curve နဲ့တူလာတာကြောင့် statistic ဟာ လွယ်ကူသွားရတယ်။ ကွမ်တမ် မက္ကင်းနစ်မှာလည်း ဗွန်နွိုင်းမင်းရဲ့ ကျေးဇူးကြောင့် quantum statistical mechanic ကို density matrix ρ အားဖြင့် ဖော်ထုတ်နိုင်ခဲ့ပါတယ်။ ψ ဟာ တခုထဲမဟုတ်ပဲ အများကြီးရှိလာတဲ့ အခါ သူ့ observable A ရဲ့ expectation value ကို

$$\langle A \rangle = \sum p_i \langle \psi | A | \psi \rangle$$

ခုလို ရေးလို့ရပါတယ်။ ဒါက အမှန်တော့ first moment of probability ကို quantum state ψ အားဖြင့်ရေးထားတာပါ။ ဒါပေမဲ့ဒါက ψ တွေ အများကြီးမို့ pure state မဟုတ်ပါဘူး။ ဗွန်နွိုင်းမန်းက mixed state ကို လိုချင်ခဲ့ပါတယ်။ ခုညီမျှခြင်းကို mixed state ρ နဲ့ ရေးတဲ့ အခါ

$$\langle A \rangle = \mathrm{Tr}\,(\rho A)$$

ဆိုပြီးရပါတယ်။ ဒါကို ပြေလည်ဖို့ ρ က

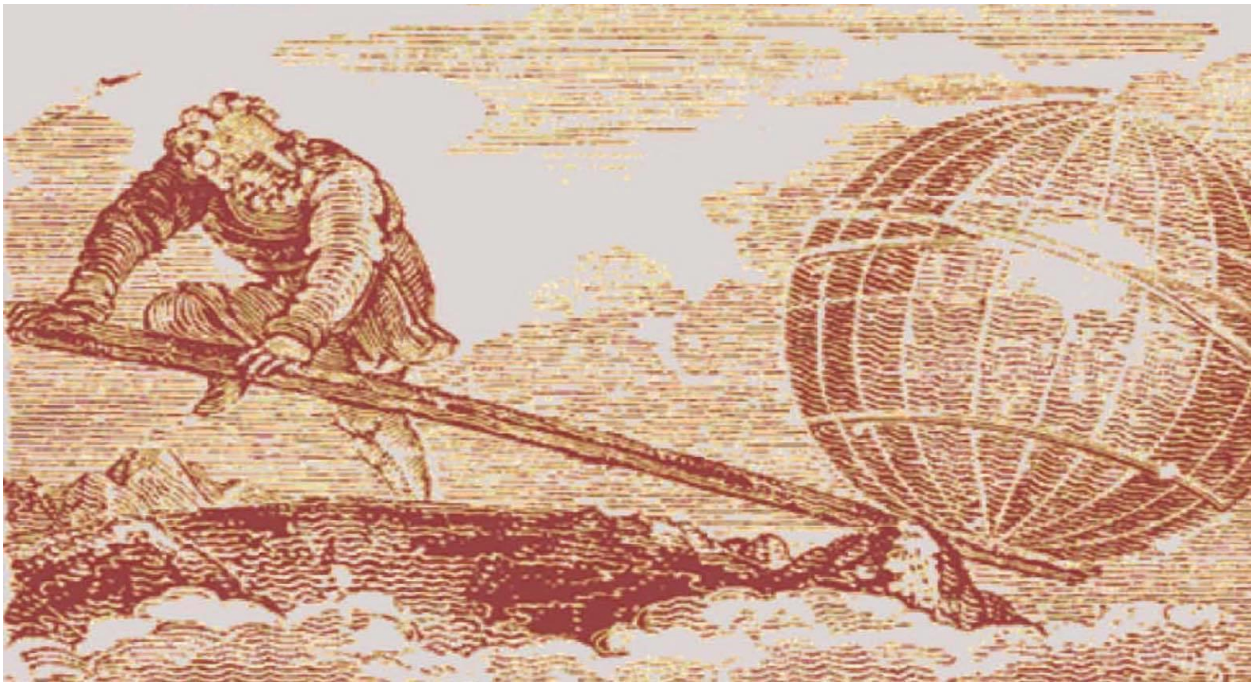
$$\rho = \sum_i p_i | \psi_i \rangle\langle \psi_i |$$

ဖြစ်ကြောင်း တွေ့ခဲ့ပါတယ်။ ဒါလည်း first moment of probability ကို mixed state မှာ ရေးထားတာလို့ ပြောရင် မမှားပါဘူး။ကွမ်တမ် Entropy ကိုလည်း

$$H = \mathrm{Tr}\,(\rho \,\mathrm{Ln}\, \rho)$$

လို့ define လုပ်နိုင်ကြောင်း ဗွန်နွိုင်းမန်းက ပြခဲ့ပြီး ၊ တွင်းနက် နဲ့ information paradox တွေရဲ့ သချ်ာ အခြေခံကို လမ်းစ ပေးခဲ့တာပေါ့။ တွင်းနက်ထဲကျသွားမဲ့ Entropy (information) ဟာ ထာဝရ ဆုံးရှုံး သွားမှာလား ဆိုတာက ခုလို moment တွေသာ မရှိရင် စနစ်တကျ ပြောရခက်မှာပါ။

ပိုင်သွန်



Law of Error

လူတိုင်းမှားကြတယ်။ အမှားဟာ လူတွေနဲ့ မကင်းဘူး။ လူတွေ မှားကြတာ မဆန်းပေမဲ့ တိကျအောင် ကြိုးစားနေတဲ့ကြားက အမှားမကင်းတဲ့ သိပ္ပံ စမ်းသပ်ချက်တွေ အကြောင်းကတော့ အံ့သြစရာကောင်းပါတယ်။ပထမဆုံး သိပ္ပံပညာက နက္ခတ္တပညာပါ။ ဒါကြောင့် ပထမဆုံး သိပ္ပံစမ်းသပ်မှုကလည်း နက္ခတ်တာရာ တွေကြည့်ရာကနေ ဖြစ်လာတယ်။ ဂရိခေတ်မှာ ဟစ်ပါချူ့စ်က ဂြိုဟ်သွားလမ်းကို တိုင်းတဲ့အခါ တစ်ကြိမ်နဲ့တစ်ကြိမ် ရလာဒ် မတူတာတွေ့ရတယ်။ မတူတဲ့ တိုင်းတာမှုတွေ အများကြီးထဲက ဘာက အမှန်လဲ?။ သူက အလယ်မှတ်ကိုယူလိုက်တယ်။ တိုလေမီ လက်ထက်မှာလဲ ဒီလိုပဲ။ သူကတော့ သူ့ သီဝရီကို ထောက်ခံမဲ့ဟာကို ယူတယ်။ တိုင်ချိုဘဟေး လက်ထက်မှာ တိုင်းတာမှုကို ထပ်ခါထပ်ခါ လုပ်ခြင်းဟာ scientific method ရဲ့ အဓိက အစိတ်အပိုင်းတစ်ခုဖြစ်လာတယ်။ ထူးခြားတာက ခဏခဏ တိုင်းထားတော့ အဖြေအမျိုးမျိုးထွက်တယ်။ အဲ့အများကြီးကို တစ်ခုတည်းသော number ဖြစ်အောင် ဘယ်လိုလုပ်ရမလဲတော့ မပြောခဲ့ဘူး။ ကပ်ပလာက သူ့ ဒေတာတွေသုံးပြီး ဂြိုဟ်ပါတ်လမ်းနိယာမ ၃ ခုကို ရှာတွေ့တယ်။ ဒါက နောက်တချိန်မှာ နယူတန် ရှင်းပြဖို့ နယူတန်လော ထွက်လာစေတဲ့ တွန်းအားတွေပေါ့။ ဒါပေမဲ့ အဓိကကျတဲ့ တိုင်းတာမှုမှာ ဖြစ်တဲ့ အမှားတွေ error ကို ဘယ်လို ကိုင်တွယ်မလဲတော့ မသိခဲ့ဘူးပေါ့။

လူတွေမှားကြတာက မသိမှုကြောင့်၊ အစွဲကြောင့် စသဖြင့်ဖြစ်ပေမဲ့ သိပ္ပံစမ်းသပ်ချက်မှာ ဖြစ်လေ့ရှိတဲ့ အမှားကတော့ ဒါတွေကြောင့်မဟုတ်ပါဘူး။ ဥပမာ အားဖြင့် ပေတံကိုင်ပြီး ချိန်သီးတခုရဲ့ ကြိုးအလျားကို တိုင်းမယ်ဆိုပါတော့။ ဆိုပါတော့ ပထမတခါ 5 cm ရရင် ၊နောက်တခါ 5.2 cm ဖြစ်ချင်ဖြစ်မယ်။ နောက်တခါ 4.9 cm ဖြစ်ချင်ဖြစ်မယ်။ နောက်တခါ 5.1 cm စသဖြင့်။ တိုင်းတာမှုက အကြိမ်ကြိမ်ဟာ ထပ်တူညီခဲတယ်။ တဖြည်းဖြည်းသိလာရတာက တိုင်းတာမှုဟာ ဘယ်တော့မှ true value ကို တခါထဲ မပေးတာပဲ။ true value ရဲ့ အနီးအနားဝန်းကျင်မှာ ပြန့်ကြဲနေလေ့ရှိတာ။ ဘာကြောင့်ဖြစ်တာလဲဆိုတာ ဘယ်သူမှမသိဘူး။ လောကကိုက error မကင်းတဲ့ သဘောပေါ့။ ဒီမှာ အမှား error ဆိုတာ true value နဲ့ တိုင်းလို့ရတဲ့ တန်ဖိုးကြားက အကွာအဝေးပေါ့။ ဂယ်လီလီယို လက်ထက်ကြတော့ error နဲ့ပတ်သတ်လို့ သူ့တွေ့ရှိမှုလေးတွေကို မှတ်တမ်းတင်လာပြီ။ အမှားဟာ ဖြစ်ချင်သလို ဖြစ်နေတာ မဟုတ်ဘူး။ pattern ရှိမှန်း ဂယ်လီလီယိုက မြင်တယ်။ သူကပြောတယ် ။

၁။ တိုင်းတာမှု အကြိမ်ကြိမ်လုပ်ရင် တန်ဖိုး အကြိမ်ကြိမ်ထွက်ပေမဲ့ true value ကတော့ တခုထဲပဲရှိတယ်။

၂။ တိုင်းတာမှုတိုင်းမှာ error ရှိတယ်။ လူကြောင့်၊ကိရိယာကြောင့်၊ အခြေအနေကြောင့် ဖြစ်နိုင်တယ်။

၃။ အမှားသေးသေးတွေက အကြိမ်ရေများပြီး အမှားကြီးတွေက အကြိမ်ရေနည်းတယ်။

၄။ error တွေဟာ true value ကို အလယ်မှာထားပြီး ဟိုဘက်၊ ဒီဘက် ပျံ့နှံ့ရာမှာ ဘက်ညီတယ်။

၅။ စောင့်ကြည့်ပုံ (angular observation) ကို နည်းနည်းပြင်ရုံနဲ့ error ပမာဏ က များများဖြစ်တယ်။

ဒီ၅ ချက်က အမှန်တော့ Laws of error တွေပဲ ဖြစ်ပြီး နောင်တချိန်မှာ ကားလ် ဖရိက်ဒရစ်ချ် ဂါ့စ်ကို least square method နဲ့ normal curve ကိုတွေ့ရှိစေမဲ့ assumption တွေပါပဲ။ ပြောချင်တာက အမှားဟာ ဖြစ်ချင်သလိုဖြစ်နေတာမဟုတ်ဘူး။ တခုချင်းမှာ error ဟာ random ဖြစ်ချင်ဖြစ်မယ်။ errorတွေ အများကြီး စုပုံလာတဲ့အခါ အမှားမှာ pattern ရှိလာတယ်။ ဒါကို ဂယ်လီလီယိုက လမ်းစ ပေးခဲ့တယ်။ ၁၈၀၁ ခု ဇန္နဝါရီ ၁ ရက်မှာ အီတလီ ဘုန်းကြီး ဂူဆက်ပီပီယာစီ က Ceres ဆိုတဲ့ ဂြိုဟ်သိမ်ကို ရှာတွေ့တယ်။ သူက ဘဲဥပုံပါတ်လမ်းရဲ့ ၃၆၀ ဒီဂရီ မှာ ၉ ဒီဂရီ စာ အကွာအဝေးအတွင်း ဂြိုဟ်သိမ်ရဲ့ position 28 ခုကိုတိုင်းနိုင်ခဲ့တယ်။ ပြီးတော့ ဂြိုဟ်သိမ်က နေနောက်ကိုဝင်သွားလို့ မတွေ့ရတော့ဘူး။၉ ဒီဂရီဆိုတာ ၃၆၀ နဲ့ ယှဉ်ရင် တိုတိုလေး။ ဒါကိုကြည့်ပြီး နေ နောက်က ပြန်ထွက်လာချိန်မှာ ဘယ်ကို ကြည့်ရမလဲ ဆိုတဲ့ကိစ္စက နက္ခတ္တပညာရှင်တွေအတွက်တော့ စိန်ခေါ်မှုအကြီးစားပါပဲ။ အားလုံးကြိုးစားတယ်။ အားလုံး လွဲတယ်။

ဒီအချိန်မှာ အသက် ၂၄ နှစ်ပဲ ရှိသေးတဲ့ Gauss ဂါ့စ် ဟာ ဒါက သင်္ချာပြဿနာဆိုတာ သိတယ်။ တွက်ပြတယ်။ သူတွက်တဲ့ နေရာကိုကြည့်တယ်။ Ceres ကိုပြန်တွေ့တယ်။ ဂါ့စ်ဟာ သင်္ချာပညာရှင် ဘဝကနေ ဥရောပရဲ့ အတော်ဆုံး နက္ခတ္တပညာရှင်ဖြစ်သွားတယ်။ သူ့ရဲ့ Ceres ပတ်လမ်းကို တွက်တဲ့ နည်းဟာ Least square method ကို မွေးဖွားပေးခဲ့တယ်။ ဒါ့အပြင် ခုညီမျှခြင်း

$\phi(x) = h/\sqrt{\pi}\ \exp(-h^2 x^2)$

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

$$\mu = \text{ Mean}$$
$$\sigma = \text{ Standard Deviation}$$
$$\pi \approx 3.14159\cdots$$
$$e \approx 2.71828\cdots$$

ဟာ error ရဲ့ ပျံ့နှံ့ပုံကို ပေးကြောင်း သူချပြနိုင်ခဲ့တယ်။ အဲ့ ညီမျှခြင်းက နောက်တစ်ချိန်မှာ

$P(x)=1/\sigma\ \sqrt{2\pi}\ \exp[-(x-\mu)^2/2\sigma^2]$

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\, e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

ဖြစ်လာမဲ့ ညီမျှခြင်းပါ။ အဲ့ ကြောက်စရာ ပုံစံ ထင်ရတဲ့ ညီမျှခြင်းကို ဂရပ်ဆွဲ ရင် ခေါင်းလောင်းပုံ ရလို့ ခေါင်းလောင်းပုံ မျဉ်းကွေး (ဝါ) normal curve (ဝါ) Gaussian distribution လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ဒီမျဉ်းကွေးက အမှားတွေ ရဲ့ pattern ကိုပြနေတယ်။error တခုခြင်းက မှားချင်သလို မှားပေမဲ့ အမှားတွေ စုလာရင်တော့ ဒီ မျဉ်းကွေးပုံ ပေါက်လာတယ်။normal curve ကို ပထမဆုံးတွေ့ခဲ့သူက ဂေါ့စ်တော့ မဟုတ်ဘူး။ သူ့အရင် ဒီမွိုင်ဗားက လောင်းကစားသမားတွေရဲ့ ပြဿနာကို ဖြေရှင်းရင်း ချရေးခဲ့ဘူးတယ်။ ခုမြင်ရတဲ့ ညီမျှခြင်း ကရှုပ်နေတာပဲ ထင်စရာ ရှိပေမဲ့ အဓိကကတော့ ဂယ်လီလီ ယို ရဲ့ Asumption ၅ ခုကို ထင်ဟပ်နေတာပါ။

၁။ true value ကို mean μ က ဖမ်းဆုပ်ပြတယ်။

၂။ error ကို standard deviation σ ကပေးတယ်။

၃။ အမှားသေးတွေ အကြိမ်များပြီး အမှားကြီးတွေ အကြိမ်နဲတာကို negative exponential function က ထင်ဟပ်တယ်။ ဂရပ်နဲ့ ကြည့်ရင် ခေါင်းလောင်းပုံရဲ့ တခြမ်းပေါ့။

၄။ အမှားတွေ ဘယ်ညာ ခေါက်ချိုးညီတာကို ခေါင်းလောင်းပုံက ပြတယ်။

၅။ နဲနဲ လွှပ်တာနဲ့ များများမှားတာကို exp ရဲ့ power က square ဖြစ်ခြင်းနဲ့ ပြပါတယ်။

ညီမျှခြင်းကိုကြည့်ရင် μ,σ,exp , x^2 စသဖြင့်တွေ ပါနေတာက ဒါကြောင့်ပါပဲ။ ရှေ့က 1/σ √2πကတော့ probability မို့ အားလုံးပေါင်းရင် 1 ရအောင် စားပေးထားတာပါ ။ (Normalization ဆိုတာ ဒါကိုပြောတာ။) ဘာကြောင့်လဲဆိုတော့ exp function ရဲ့ integral က σ √2π ရလို့ပါပဲ။ ဘာလို့ အမှားတွေပြန့်နှံ့ပုံ ဂရပ်မှာ စက်ဝိုင်းရဲ့ သင်္ကေတ π က ပါနေတာလဲကတော့ ပို့စ်တစ်ခုစာ သပ်သပ်ရေးမှ ရပါမယ်။ အကြမ်းဖျဉ်းကတော့ bell-shape curve ဟာ rotation အောက်မှာ လည်း symmetric ဖြစ်လို့ပါ။ Bell-shape curve ရဲ့ ခုလို translation , reflection နဲ့ rotation အောက်မှာ symmetry ရှိမှုကပဲ QFT နဲ့ ကွမ်တမ် ညီမျှခြင်းတွေမှာ အဖြေရဲ့ အစိတ်အပိုင်းတခုအနေနဲ့ တွေ့ရခြင်းအကြောင်းလား ဆိုတာကတော့? Who knows?

ပိုင်သွန်

လော်ဂရသမ်

"အမေရေ ပိုက်ဆံပေးဦး"

"ဟဲ့ ဘာဖြစ်လို့လဲ "

" ကျောင်းမှာလေ ဟိုကောင်ပေါ့"

" နင့်သူငယ်ချင်းလား သူဘာလုပ်လိုက်လို့လဲ"

"သူ သားလက်ထဲက လော်ဂရသမ် လာလုတာ"

" ဟယ် ဘာဖြစ်သွားလို့လဲ"

" ကျကွဲ သွားတယ် အမေ"

" အဲ့ပြန်ဝယ်ရမယ် ပိုက်ဆံပေးဦး"

ဟိုက်ရှားဘား။ လော်ဂရသမ်ကျကွဲ ဖူးကြလားတော့မသိဖူး။ အမှန်က လော်ဂရသမ်က ကျရင် မကွဲပါဘူး။ သွားထိရင်တော့ မူးသွားမယ်။ ဘာတွေမှန်းလည်းမသိဘူးပေါ့။ လော်ဂရသမ်အကြောင်း မပြောခင် သူ့ပြောင်းပြန် exponential အကြောင်းပြောပြချင်ပါတယ်။ အရပ်ထဲမှာ ပြောတာကြားဖူး ကြမယ်။

"ဟဲ့ အဲ့မန်နေဂျာ လစာက များတယ်တော့"

" ဟုတ်လား ဘယ်လောက်လောက်ရှိလဲအေ"

"ဂဏန်း ၇ လုံးလောက်ရှိတယ်"

သူတို့ အတင်းချနေပေမဲ့ စကေးတော့ မသေးဘူး။ သူတို့ပြောတဲ့ ထဲမှာ လော့ က ပါလာပြီ။ သိပ်ကြီးတဲ့ ကိန်းတွေကို ခြုံ့ဖို့ဆိုရင် ထပ်ကိန်းတင်တာက သိပ် အသုံးဝင်ပါတယ်။ 100 လို့ရေးမဲ့ အစား 10 ကို နှစ်ခါမြှောက်ပေးတဲ့ အခါ

$100=10\times10=10^2$

ဖြစ်လာတယ်။ 1000 ဆို

$1000=10\times10\times10=10^3$

၁၀ သိန်းဆို

$1000000=10\times10\times10\times10\times10\times10=10^6$

ဒီတော့ ကိန်းကြီးလာတဲ့ အချိန်မှာ အပြည့်ချရေးမဲ့အစား ခုလို အခြေ ၁၀ ပေါ်မှာ အဲ့ကိန်းရဖို့ တင်ရမဲ့ ထပ်ညွှန်းကိုပဲပြောမယ်ဆိုရင် 100 အတွက် 2 ။ 1000 အတွက် 3 နဲ့ 1000000 အတွက် 6 ပေါ့။ ကဲ ပြောကြဆိုကြမဲ့ လူနှစ်ယောက်ကြားမှာ base တခုသာ နဂိုထဲက သဘောတူညီပြီးသားဖြစ်ရင် ကျန်တာ က ထပ်ညွှန်းပဲ လိုတော့တယ်။ ခုဒီမှာလို နှစ်ယောက်လုံးက အခြေ 10 လို့ ကြိုသတ်မှတ်ထားရင် ၁၀ သိန်း ကို ၆ လို့ပြောယုံပဲ။ သေချာကြည့်ရင် ၆က ၁၀သိန်းမှာ 1 နောက်ကပါတဲ့ သုည အရေအတွက်ဖြစ်တာ တွေ့ရမယ်။ ရပ်ကွက်ထဲက မစပ်စု တို့နဲ့ ကွာတာက မစပ်စုတို့က ရှေ့က ဂဏန်းနေရာကိုပါထည့်ရေလို့ ဂဏန်း ၇ လုံးဖြစ်သွားတာ။

ခုလို ထပ်ညွှန်းတင်တာကို exponentiation လို့ ခေါ်ပါတယ်။ ထပ်ညွှန်းတင်ပြီး ထပ်ညွှန်းပဲ ပြောတဲ့အခါ ရုတ်တရက်တော့ ဘာမှ မပြောင်းလဲဘူး ထင်ရပေမဲ့ ကိန်းသိပ်ကြီးလာတဲ့အခါ ဒါက မရှိမဖြစ် မိုး ဖြစ်လာတယ်။ ဥပမာ တစ်မိုး 10^{23}ကို ချရေးရင်း တစ်နောက်မှာ သုည ၂၃ လုံးဆိုတော့ အတော် လက်ညောင်းမှာပါ။ ဒီမှာ ပြောရလွယ်အောင် အခြေ ၁၀ ထားလို့ပါ။ တခြားဟာသာထားရင်း ကိန်းနေရာ တစ်ခုချင်းက ဂဏန်းတွေက သုည မဟုတ်ဘဲ တခြားဟာတွေ ဖြစ်မှာမို့ မှတ်ရလဲ အတော်ခက်မှာပါ။ ဒါပေမဲ့ ထပ်ညွှန်းနဲ့ ပြောတဲ့ အခါ အခြေ ၁၀ မှာ ဆိုရင် 23 ပဲ။ ဘယ်လောက်တောင် ကျစ်လစ် လိုက်သလဲ။

ပြောစရာတစ်ခုက ၁၀၀ နဲ့ ၁၀၀၀ ကြားက ကိန်းတွေဆို ဘယ်လိုလုပ်မလဲပေါ့။ ဘာမှမခက်ဘူး ။ အဲ့ဒါဆို ထပ်ညွှန်းက 2 နဲ့ 3 ကြားက real number ထည့်ပေးယုံပဲ။ ကျောင်းမှာသင်တဲ့ လောဂရသမ် ရှုပ်နေရတာက အဲ့တာကြောင့်ပါပဲ။ ဇယားပါလုပ်ထားရတယ်။ ထပ်ညွှန်းဆိုတာ ပုံမှန် အားဖြင့် Integer ဖြစ်ပေမဲ့ real number ကို ခွင့်ပြုလိုက်တဲ့အခါ ကြိုက်တဲ့ကိန်းကို ကြိုက်တဲ့ အခြေပေါ် real number ကို ထပ်ညွှန်းတင်ပြီးရေးလို့ရလာတယ်။ လောဂရသမ်ကတော့ ကျကွဲဖို့ကောင်းလောက်အောင် လေးသွား တာပေါ့။ အဲ့တော့ exponentiation ရဲ့ ရည်ရွယ်ချက်က ကိန်းတွေကို ခြုံ့ဖို့ဆိုရင် ၊ လော့က ဘာအတွက် လဲ ဆိုတော့ လော့က ထပ်ညွှန်းကို ဖတ်ဖို့ပါ။ 10^2 ကို အခြေ 10 မှာ ရှိတဲ့ log ယူလိုက်ရင်

$$\log_{10} 10^2=2 \log_{10}10=2\times1=2$$

လော့ ရဲ့ အခြေ နဲ့ လော့ရဲ့ argument နဲ့ တူရင် 1 ရတယ်။ ဒါပါပဲ။ လော့ရဲ့ argument မှာ exponential နဲ့ ရေးထားရင် အဲ့ထပ်ညွှန်းကို ရှေ့ချလို့ရတယ်။ လိုရင်းကတော့ ကျနော်တို့ ပြောခဲ့တဲ့ ထပ်ညွှန်းကို ဆွဲထုတ်ချင်လို့ ဒီ rule တွေကို ရှိပြီးသား arithmetic rule နဲ့ ကိုက်အောင် လုပ်ရာက ပေါ်လာတာပါပဲ။ ပြောရရင် လော့ဆိုတာက ကျနော်တို့ အလွတ်တမ်းပြောတဲ့ "ထပ်ညွှန်းကို ဆွဲထုတ် တယ်" ဆိုတဲ့ အိုင်ဒီယာ ၊ " သူ့ salary က ဂဏန်း ၇ လုံးတောင်" ဆိုတဲ့ အပြောတွေကို သင်္ချာနည်းကျ formalize လုပ်လိုက်တာပါပဲ။

ဒါကြောင့် လော့က exponential ရဲ့ ပြောင်းပြန်ပါပဲ။ ဒါထပ် ပိုအရေးကြီးတာကတော့ ထပ်ညွှန်း ကိုပဲ ပြောချင်တဲ့အခါ လော့ ယူလိုက်တာပေါ့။ ကိန်းတခု လုံးပြန်လိုချင်ရင် အခြေက သိပြီးသားဆိုတော့

အခြေပေါ်ပြန်တင် တွက်ယူရုံပဲ။ လိုရင်းက ကိန်းတွေ မဟားတရားကြီးလာတဲ့ 10^{23}! လိုဟာမျိုးကို ကျနော်တို့ စီမံရလွယ်တဲ့ ကိန်းသေးတွေနဲ့ ကိုယ်စားပြုပြောတဲ့အခါ ဘဝက သက်သာတာပေါ့။

အန်ထရိုပီ definition မှာ လော့ပါရတာက တစ်အချက်က ဒါကြောင့်ပါ။ နှစ်အချက်ကတော့ စနစ် ၂ခု မှာ အန်ထရိုပီ ၂ ခုရှိရင် ၊ အဲ့စနစ် ၂ ခု ပေါင်း အန်ထရိုပီ လိုချင်ရင် ပေါင်းပေးရတယ်။ ဒါက ဘော့စမန်းမတိုင်ခင်ထဲက သိထားတဲ့ လက်တွေ့ fact တစ်ခုဖြစ်ပါတယ်။ ဘော့စမန်း က အန်ထရိုပီ ကို microstate Ω နဲ့ ပြောတဲ့ အခါကြတော့ စနစ် ၂ ခုပေါင်း Ω က မြှောက်မှရတယ်။ တစ်ခုလုံးမြှောက်တာကို အခြေတူရင် ထပ်ညွှန်းမှာပေါင်းတဲ့ အရည်အချင်းက လော့ရော ၊ exponential ရော မှာရှိတယ်။ သူတို့ ၂ခုက ပြောင်းပြန်ဆိုတော့ မဆန်းဘူးလေ။ ဒီအချက်ကြောင့် ဘော့စမန်း ဖော်မြူလာဟာ လော့ အိုမီဂါ ဖြစ်လာတာပေါ့။

လော့ရော exponential ရောက ကြိုက်တဲ့ အခြေ သုံးလို့ရတယ်။ အသုံး အများဆုံးက 2,e,10 ပါ။ 10 ကတော့ ကျနော်တို့ လက်ဆယ်ချောင်းရှိလို့။ 2 ကတော့ nontrivial smallest digit မို့ပါ။ ကွန်ပြူတာ ခေတ်မှာ ပိုသဘာဝကျတယ်လေ။ e ကတော့ natural ဖြစ်လို့ပါပဲ။ ဘာလို့ အဲ့ကိန်းက သဘာဝကျလဲ ဆိုတော့ သဘာဝ ဖြစ်စဉ်တွေမှာ အများကြီးတွေ့ရတယ်။ နောက်တချက်က e ကို base ထားရင် အဲ့ဖန်ရှင်ဟာ ကဲကုလပ်ကို အရမ်းလွယ်စေတယ်။ သူကို့ ရိုက်ရင်သူ့ပဲပြန်ရတယ်။ ကဲ မလွယ်ဘူးလား။ ဒါကြောင့် သိပ္ပံမှာတော့ e ပဲသုံးတယ်။ တခြား base လိုချင်ရင် ပြောင်းတဲ့ ဖော်မြူလာထဲ ထည့်ပြောင်းရုံပဲ။

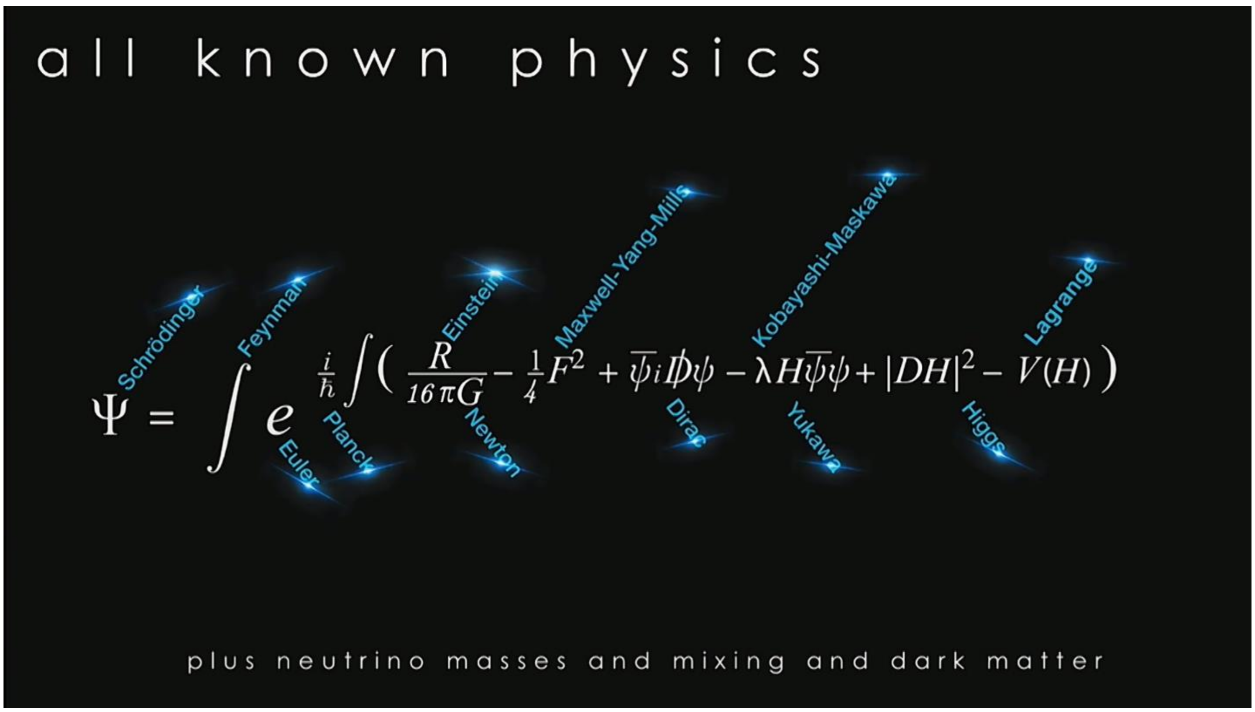
လော့ကို base e မှာ ယူရင် natural logarithm လို့ခေါ်ပါတယ်။ အတိုကောက် Ln ပေါ့။ ဒါတွေက ရှုပ်သလို ထင်ရပေမဲ့ အမှန်တော့ တွက်ချက်ရ အလွယ်ဆုံးအရာတွေ။ ဒါကြောင့် ရူပဗေဒ ညီမျှခြင်းတိုင်းမှာ အဲ့ဒါပါတယ်။ ကျနော့ပေ့ profile pic မှာရှိတဲ့ theory of almost everything equation ကိုကြည့်ရင် constant တွေအနေနဲ့ e,i,π, h,G, c တွေ တွေ့ရလိမ့်မယ်။ ရှေ့ ၃ ခုက သင်္ချာကိန်းသေတွေ။ နောက် ၃ ခုက ရူပဗေဒ ကိန်းသေ။ ရှေ့ ၃ ခု e,i ,π က သင်္ချာအမှန်တရား ဖြစ်လို့ပိုကြီးတယ်။ ပိုကျယ်တယ်။ တကယ်လို့ တခြားစကြာဝဠာရှိခဲ့ရင်လည်း အဲ့စကြာဝဠာက သိပ္ပံပညာရှင်တွေရှာတွေ့မဲ့ theory of everything မှာ e,i ,π ဟာ အဲ့တန်ဖိုးအတိုင်း ပါလာမှာပါပဲ။ h,c,G ကတော့ ကျနော်တို့ စကြာဝဠာ အတွက်ပဲမှန်တယ်။ တခြားစကြာဝဠာ မှာ ဒီအတိုင်းပဲဖြစ်နိုင်သလို တန်ဖိုးပြောင်းတာ ၊ constant အသစ်တွေ ရှိတာ စသဖြင့် ဖြစ်ချင်ဖြစ်နိုင်တယ်။ လိုရင်းကတော့ လော့က ထပ်ညွှန်းကို ဆွဲထုတ်ယူတာပါ။ exponential ကတော့ ကိန်းကို အခြေပေါ်ထပ်ညွှန်းတင်ပြီး တည်ဆောက်တာ။အဲ့မှာ သဘာဝ အကျဆုံး အခြေ ရှိလာတယ်။ အဲ့တာ e ပါပဲ။ ဒါဆိုရင်

$$S= k \log \Omega$$

ဟာ ကြောက် စရာ မွန်းစတား တကောင်မဟုတ်တော့ဘူးလို့ ထင်ပါတယ်။S က subjective ဖြစ်တဲ့ အယူအဆ မို့ objective ဖြစ်တဲ့ Ω နဲ့ ချိတ်ပြီး definition ဖွင့်ပေးလိုက်တဲ့ သဘော။ Ω အနေနဲ့ကတော့ စနစ်မှာ ပါတဲ့ အစိတ်အပိုင်း အရေအတွက် n ပေါ်ပဲမူတည်တယ်။ ဒါကြောင့်သူက objective ဖြစ်တာ။ ဘယ်သူ

ရေရေ n က n ပဲ။ Ω ရဖို့ n ရဲ့ အစီအစဉ် အရေအတွက်ကို တွက်ဖို့လိုတယ်။ ဒါက n ကြီးလေ Ω က ပိုပိုကြီးလေပါ။ ဘာကြောင့်ဆို သူ့ဖော်မြူလာက n!/k!(n-k)! မို့ ။ factorial function ! က 1 ကနေ n ထိ ကိန်းအားလုံး မြှောက်ပစ်တာ။ n က ∞ ကို ကပ်လာရင်တွက်တဲ့အခါ စတားလင်း လော ကို သုံးရပါတယ်။ ဒါက ဗဟုသုတပေါ့။ လေ့ကတော့ ကိန်းကို သိပ်ကြီးလို့ ခြုံ့တဲ့သဘော။ နောက်တစ်ခုက အန်ထရိုပီ ကိုက လော့ အရည်အချင်းနဲ့ ကိုက်လို့။ ခြုံ့တဲ့နည်းက ထပ်ညွှန်းဆွဲထုတ်ပြီး ထပ်ညွှန်းပဲပြောတာ ။ လော့က လုပ်ပေးတယ်။ k က (ဒီ k က (n-k)! က k နဲ့မတူဘူး။ ဒါကတော့ တိုက်ဆိုင်တာ) ဘော့စမန်း ကိန်းသေ။ ယူနစ်ညှိဖို့ ထည့်ထားတာ။ S = k log Ω ကို မြန်မာလို အကြမ်းပြန်ရရင် အန်ထရိုပီဟာ စနစ် အဖွဲ့ဝင်တွေရဲ့ အစီအစဉ်အရေအတွက်နဲ့ အချိုးကျတယ်။ ဒါမှမဟုတ်အန်ထရိုပီဟာ ဒေတာ အစီအစဉ် အရေအတွက်နဲ့ အချိုးကျတယ်။ အဲ့ဒီဆန်ဆန်ပေါ့။

ပိုင်သွန်



Why we need Silence sometimes in learning

စာဖတ်ခြင်း ၊ တွေးခြင်း ၊ intellectual ကို စုဆောင်းခြင်း ၊ wisdom ကို သိမြင်ခြင်းဆိုတာက အသိဉာဏ်ကို တခြားသော အရာတွေထက် တန်ဖိုးထားတတ်တဲ့ သူတွေရဲ့ personal affinity မို့ how to do it ဆိုတာ အရေးပါပါတယ်။ ဘယ်လို လုပ်မှာလဲ?။ အသိဉာဏ်ကို ဘယ်လို စုဆောင်းကြမလဲ။ စာဖတ်မှာလား။ ဆရာ ရှာမှာလား။ ဝေဖန်လေကန်မှာလား။ တက္ကသိုလ်တက်ပြီး ဘွဲ့ယူမှ ပညာတတ်ကြီး ဖြစ်မှာလား။ တရားထိုင်ပြီး ဝိပဿနာ ရှုမှ wisdom ကို မျက်မှောက်ပြုမှာလား။ အီလွန်မက်စ် လို neural link ထောင်ပြီး brain-circuit interface ကနေ ရှော့ခ် ရိုက်သွင်းမှာလား? ။ ဖေ့ဘုတ်ပေါ်က အင်ဖလူရန်ဇာတွေရေးတဲ့ ပို့စ်တွေ ရှောက်ဖတ်ပြီး ပြန်ပြောမှာလား?

No , that is not how Wisdom work. That is not intellectual work.

အသိဉာဏ်ဆိုတာ ကိုယ့် brain က neural connection တွေကို environment က လာတဲ့ stimulus တွေပေါ်မူတည်ပြီး appropriately response လုပ်နိုင်တဲ့ neural network တစ်ခုရဲ့ structure ကို ကျနော်တို့ ဦးနှောက်ထဲမှာ သင်ယူမှု Learning ဆိုတဲ့ method ကို သုံးပြီး brain synaptic plasticity ကို ပုံပြောင်းတည်ဆောက်နေတာပါပဲ။ ဒါကြောင့် အထက်ကပြောတဲ့ နည်းတွေအားလုံးက personal preference ပေါ်မူတည်ပြီး learning environment အနေနဲ့ တစ်မျိုးမဟုတ် တစ်မျိုး အသုံးဝင် နေကြမှာပါပဲ။ ဒါပေမဲ့ ။လုံလောက်တဲ့ practice မရှိပဲ ၊ လုံလောက်တဲ့ experience မရှိဘဲ brain ရဲ့ synaptic plasticity က change မသွားဘူး။ ပါရမီပေါ်မူတည်ပြီး တစ်ချို့က သင်လွယ်တတ်လွယ် ရှိနိုင်ပေမဲ့ သိပ် complex ဖြစ်တဲ့ world မှာ ဒါက probability က သိပ်နည်းပါတယ်။ ဒီတော့ နည်းလမ်းတွေ လိုလာတယ်။ ဘယ်နည်းမှ အမှန်မဟုတ်ပေမဲ့ သေချာတဲ့ learning curve ရဲ့ phase တွေ တော့ ရှိတယ်။ ကိုယ့် Intellectual stage ကို ကိုယ်သိပါ။ Insight ရှိဖို့ လိုပါတယ်။ တခါတလေ စာတွေ ဖတ်တာများလာပြီး terminology တွေ သိပ်များလာတဲ့အခါ သိတယ် ထင်လာတတ်တယ်။ ဒါပေမဲ့ digest မဖြစ်တဲ့ အစာတွေလိုပဲ ၊ သူတို့က nutrient ဖြစ်မလာဘဲ အဲ့ဖတ် ဆို့လာတတ်တယ်။ ဘာလို့ဆိုတော့ ပညာဆိုတာ အတုံးလိုက် အခဲလိုက် ပုံဆောင်ခဲမဟုတ်လိုပါပဲ။ ပညာဆိုတာ prime number တွေလို ၊ အက်တမ်တွေလို ၊ chunk အနေနဲ့ ပေးထားတဲ့ စာအုပ်ထဲက ၊ သင်းပေးတဲ့ သင်မြင်ကြား ဆရာတွေ ဖြစ်စဉ်တွေက ၊ တက္ကသိုလ်က ၊ ဘဝအတွေ့အကြုံက ၊ even facebook က စတဲ့ learning environment ကနေ တုံးတစ်ပြီးမှ ကိုယ့် ပတ်ဝန်းကျင်ရဲ့ stimulus အပေါ်၊ challenge အပေါ် မူတည်ပြီး prime number ကနေ composite number ပြန်တည်ဆောက်ယူသလို ၊ အက်တမ်တွေကနေ လိုအပ်တဲ့ protein folding လုပ်သလို့ သင့်လျော်တဲ့ ဖွဲ့စည်းတည်ဆောက်မှု ပြန်လုပ်ရတဲ့ ဖြစ်စဉ်ပါ။ ဒါက art ပါ။ ပညာက ၂ ပိုင်းပါတယ်။

၁ က အထက်က ပြောသလို ခုတ်ထစ် ဖြတ်တောက်ပြီး irreducible ဖြစ်တဲ့ chunck တွေကို မြင်အောင် ကြည့်ရတာ။ ဒါ က science ပဲ။ compression အပိုင်းပေါ့။ နောက်တပိုင်းကတော့ chunk တွေကနေ ဖြစ်နေတဲ့ လောကနဲ့ လိုက်လျောညီတွေ ဖြစ်မဲ့ solution ကို ပြန်ပေါင်းယူရတာ။ ဒါက နည်းပေါင်းစုံ ရှိတယ်။ so many pathway မို့ ဒါက art ပါ။ ဒါက decompression အပိုင်းပေါ့။ အစာခြေသလိုပဲ ကြေညက်အောင် ဝါးဖို့လိုသလို ၊ ပြန်တည်ဆောက်တဲ့အခါမှာလဲ အနုပညာဆန်ဖို့ နည်းလမ်းမှန်ဖို့ လိုပါတယ်။ အံဖတ်နဲ့ ကြံဖတ်ဟာ မြင်ယုံနဲ့ ကွဲပါတယ်။ လေ့လာခြင်းရဲ့ အစမှ သိပ်စကားမပြောသင့်ဘူး။ မေးခွန်းများများမေးရတယ်။ wisdom ရဲ့ first step ဟာ Reasonable ဖြစ်တဲ့ question ပါ။ "အမေးနွားကျောင်းသား အဖြေ ဘုရားလောင်း " လို့ ဘယ်သူက စခဲ့လဲတော့ မသိဘူး။ ကျနော်တော့ လက်မခံပါဘူး။

" အမေးဘုရားလောင်း ၊ အဖြေ အိုဗုဒ္ဓ" ဆို ပိုကောင်းလိမ့်မယ်။

မှန်ကန်တဲ့မေးခွန်းကို မေးတတ်တဲ့သူလောက် ပညာရှိက မိတ်ဆွေအပေါင်းဖော် စကားစမြည် ဆိုချင်တဲ့သူရှိမှာ မဟုတ်ပါဘူး။မေးခွန်း မှန်ဖို့ ၊ မေးခွန်းကောင်းဖို့လိုပါတယ်။ မေးခွန်းကောင်းကို မမေးတတ်တဲ့သူဟာ အဖြေမှန်လည်း မရပါဘူး။ မလိုအပ်တဲ့ Opinion တွေနဲ့ ကိုယ့်သင်ယူမှု boundary ကို ကွကိုယ် ကျဉ်းမပစ်ပါနဲ့။ နားထောင်တတ်ပါစေ။ တခါတရံ ဆိတ်ငြိမ်မှုဟာ ဒါ့အတွက်လိုအပ်တယ်။ ပညာရှိဟာ လူကို မချစ်ဘူး။ အထူးသဖြင့် သာလိကာ လို လူတွေက သူတို့ရဲ့ အာရုံကို ပျက်ပြား စေတယ်။ ပညာရှိဟာ ဆိတ်ငြိမ်တဲ့ ဝန်းကျင်ကို နှစ်သက်တယ်။ မှန်ကန်တဲ့အမေးကို မေးတတ်သူမှာသာ မွေ့လျော် တယ်။ ပညာဟာ ကိုယ့်ရဲ့ အစွမ်းအစကို ဟစ်တိုင်တတ်ပြတာ မဟုတ်ဘူး။ စကားလုံးတွေရဲ့ ဆပ်ကပ် မဟုတ်ဘူး။ ပညာဟာ လူတွေနဲ့ communicate လုပ်ဖို့ word တွေ ကို အသုံးပြုရပေမဲ့ word တို့ရဲ့ ကမ္ဘာ မဟုတ်ဘူး။ ပညာဟာ concept တို့ရဲ့ ကမ္ဘာ။ ပညာဟာ idea တို့ရဲ့ နေရာ။ ပညာဟာ memes တို့ရဲ့ ပင်လယ်။ chunk တွေကို idea အဖြစ် combine လုပ်ချိန်မှာ ပညာကို မမြင်ရရင် အဲ့အစုအဖွဲ့က လှမနေဘူး။ အဲ့ arrangement က တိကျမနေဘူး။ ကြံဖတ်နဲ့ အံဖတ် မကွဲသလိုဘဲ သေသပ် လို့ မနေဘူး။ ဆိတ်ဆိတ်နေပါ။ နားထောင်တတ်ပါစေ။ မှန်တဲ့မေးခွန်းကို အချိန်ခါကိုက် မေးတတ်ပါစေ။ တွေးပါ။ ပညာဟာ စာအုပ်ထဲက စာလုံးတွေမဟုတ်တဲ့အတွက် တွေးဖို့လိုပါတယ်။ အတွေးဆိုတဲ့ ပိုက်ကွန်နဲ့သာ ပညာဆိုတဲ့ငါးကို ဖမ်းလို့ရမယ်။ တွေးခြင်းဆိုတာ irreducible chunk of idea တွေကို the most pleasing structure of Concept အဖြစ် ယက်လုပ်ခြင်းမို့ တွေးတောမှုနဲ့ အာရုံစူးစိုက်မှုဟာ မရှိမဖြစ် လိုပါတယ်။ လုံလောက်တဲ့ ဖြတ်သန်းမှုမရှိဘဲ brain ရဲ့ synaptic plasticity ဟာ ပြောင်းလဲလာမှာ မဟုတ်တာကြောင့် ပညာလေ့လာမှုဆိုတာက စာဖတ်ခြင်း၊ ဘဝမှာကြုံတဲ့ ဟိုသည် random experience တွေကို ကြုံခြင်း၊ တက္ကသိုလ်တက်ပြီး ဘွဲ့ရခြင်းတွေကို ကျော်လွန်ပါတယ်။ ရင့်ကျက်မှုဟာ လေးနက်မှု ဟာ ပြောလိုက်တဲ့စကား ၊ ရေးလိုက်တဲ့ စာမှာ ထင်ပါတယ်။ စကားလုံးတွေကို လွန်တယ်။ Transcendental ဖြစ်တယ်။ နောက်ဆုံးတခုက Limit ကိုသိပါ။ Even Wisdom မှာတောင် Limit ရှိပါတယ်။ အိုခေ ။ ပိုအရေးကြီးတာက ပညာကိုဖလှယ်တဲ့အခါ လူလိုသိပါ။ သူ က ငါ မဟုတ်ပါဘူး။

အထူးသဖြင့် ဖေ့ဘုတ်လို တစိမ်းသရံတွေ ဆုံကြကြုံကြတဲ့ နေရာမှာ သူတစ်ပါးရဲ့ အချိန်ကို ဖြုန်းမိသလို မဖြစ်စေတဲ့ လေးစားမှုထားရှိတဲ့ မေးမြန်းစူးစမ်းမှုကတော့ ပညာတတ် ဟုတ်ဟုတ်/မဟုတ်ဟုတ် အားလုံးအတွက် လိုတဲ့ ကျင့်ဝတ်ပါ။ ကျင့်ဝတ်ဆိုတာ ဒါမျိုးကို ခေါ်တာပါ။ Absolute အနေနဲ့ ဖြစ်တည်နေလို့တော့ မဟုတ်ဘူး။ သို့သော် အဲ့ Relativity က မလိုလားအပ်တာတွေ ဖြစ်မလာဖို့ လိုအပ်တဲ့ relative truth ပါ။ ကျင့်ဝတ်ရဲ့ တာဝန်က အဲ့တာပါပဲ။ သင့်ခ်ယူ အောာ။

ပိုင်သွန်