

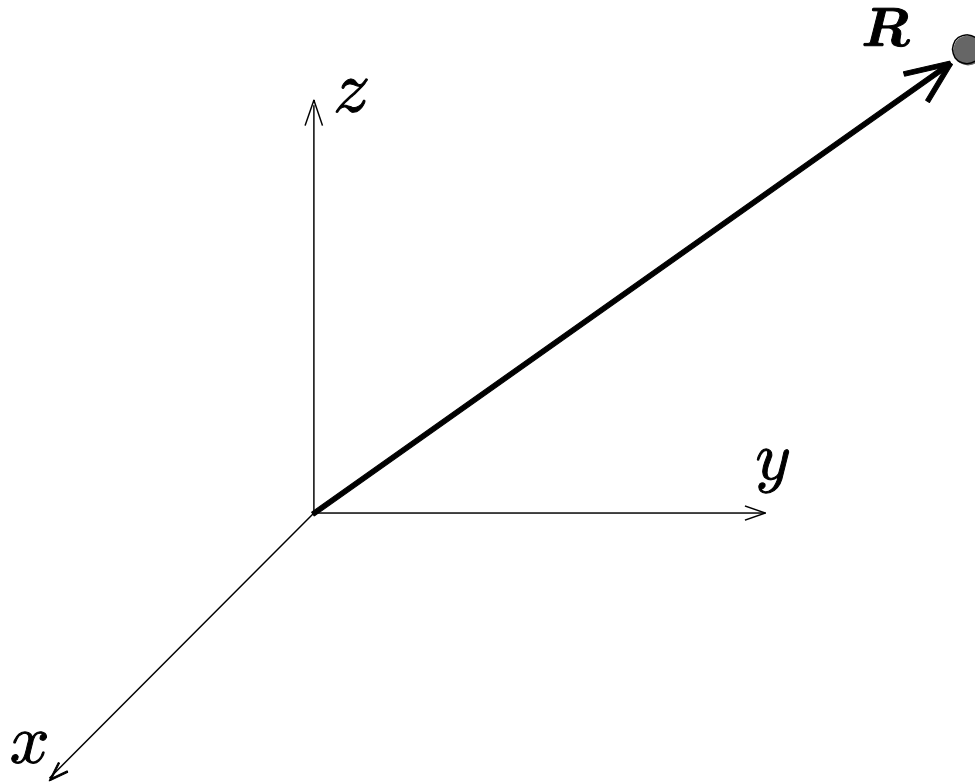
Gnädig Péter:

**Golyók, labdák, korongok és
pörgettyűk csalafinta mozgása**

2015. április 16.

Pörgettyűk különböző méretekben
az atomoktól ... a csillagokig

Egyetlen tömegpont: 3 adat (3 „szabadsági fok”)



Példa: eldobott kicsi kavics

N tömegpont: $3N$ adat



Példa: egy galaxis (pontszerűnek tekintett)
csillagai

Merev test: nagyon sok (szinte „végtelen sok”) tömegpont, **de** csak 6 adat (6 szabadsági fok)



Példa: egy üstökös magja

Tömegpont mozgásegyenlete: $\mathbf{F} = \frac{\Delta \mathbf{I}}{\Delta t}$, ahol $\mathbf{I} = m\mathbf{v}$ (3 egyenlet)

erő

lendület (impulzus)

sebesség

(a tehetetlenség mértéke)

Merev test mozgásegyenletei:

$\mathbf{F}_{\text{eredő}} = m_{\text{teljes}} \mathbf{a}_{\text{tömegközéppont}}$ (3 egyenlet)

erő

tömeg

gyorsulás

$\mathbf{M} = \frac{\Delta \mathbf{N}}{\Delta t}$, ahol $\mathbf{N} = \Theta \boldsymbol{\omega}$ (3 egyenlet)

fordatónyomaték

perdület (impulzusnyomaték)

szögsebesség

tehetetlenségi nyomaték (a forgási tehetetlenség mértéke)

Merev test síkmozgása: 3 adat



Egy homogén tömegeloszlású, lapos korong forogva csúszik a jégen. A súrlódás miatt mindkét fajta mozgás lelassul, majd megáll. Vajon a forgás, vagy a tömegközéppont haladó mozgása áll le hamarabb?

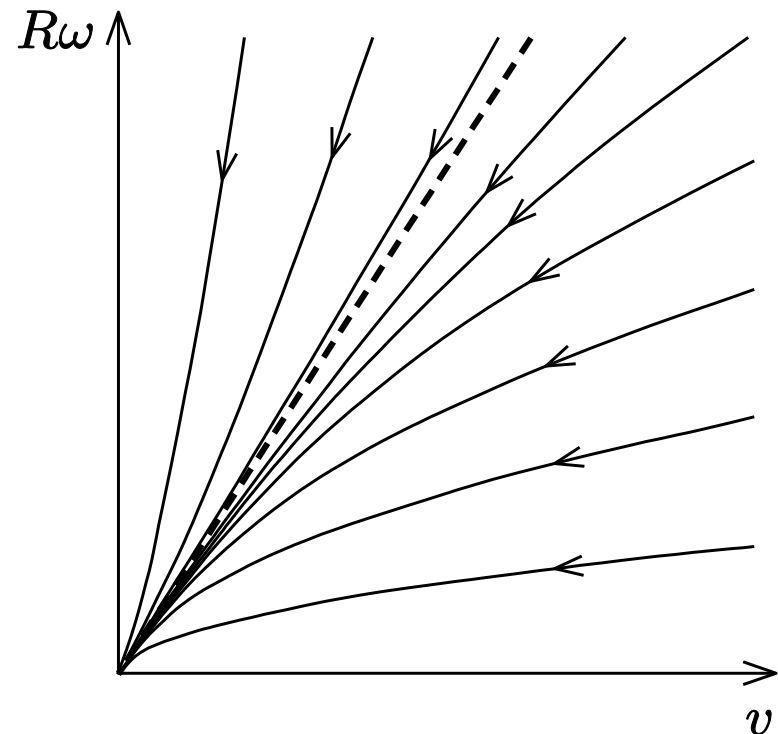
(Feltételezhetjük, hogy a korong egyenletesen nyomja a jeget, a súrlódási erő nem függ a sebességtől, a légellenállás pedig nem számottevő.)

Megoldás: egyik mozgás sem állhat le hamarabb, mint a másik!

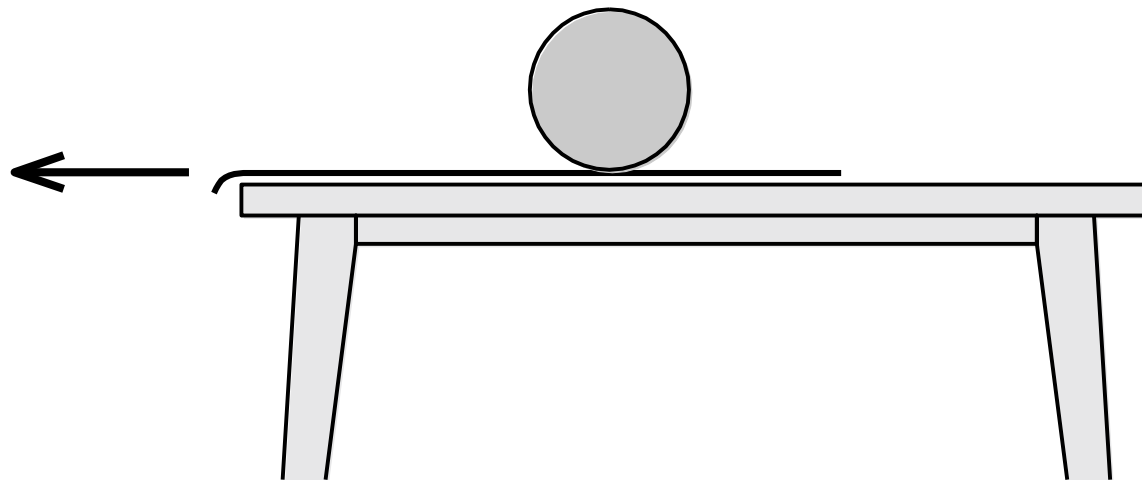
-Ha már alig forog, de még csúszik: az eredő fékező forgatónyomaték kb. nulla.

- Ha már alig csúszik, de még forog: az eredő erő kb. nulla.

Számítógépes szimuláció
eredménye:



Vízszintes asztallapon egy terítő, rajta pedig egy acélgolyó található. A terítőt kihúzzuk a golyó alól, eközben a golyó a súrlódási erő miatt mozgásba jön, és forogni is kezd. Mekkora lesz a sebessége az asztalon, amikor már csúszásmentesen gördül? (Az asztal elég nagy méretű, a golyó nem esik le róla.)



Ausztráliában, a canberrai „Csodák Palotájában” látható a következő berendezés.

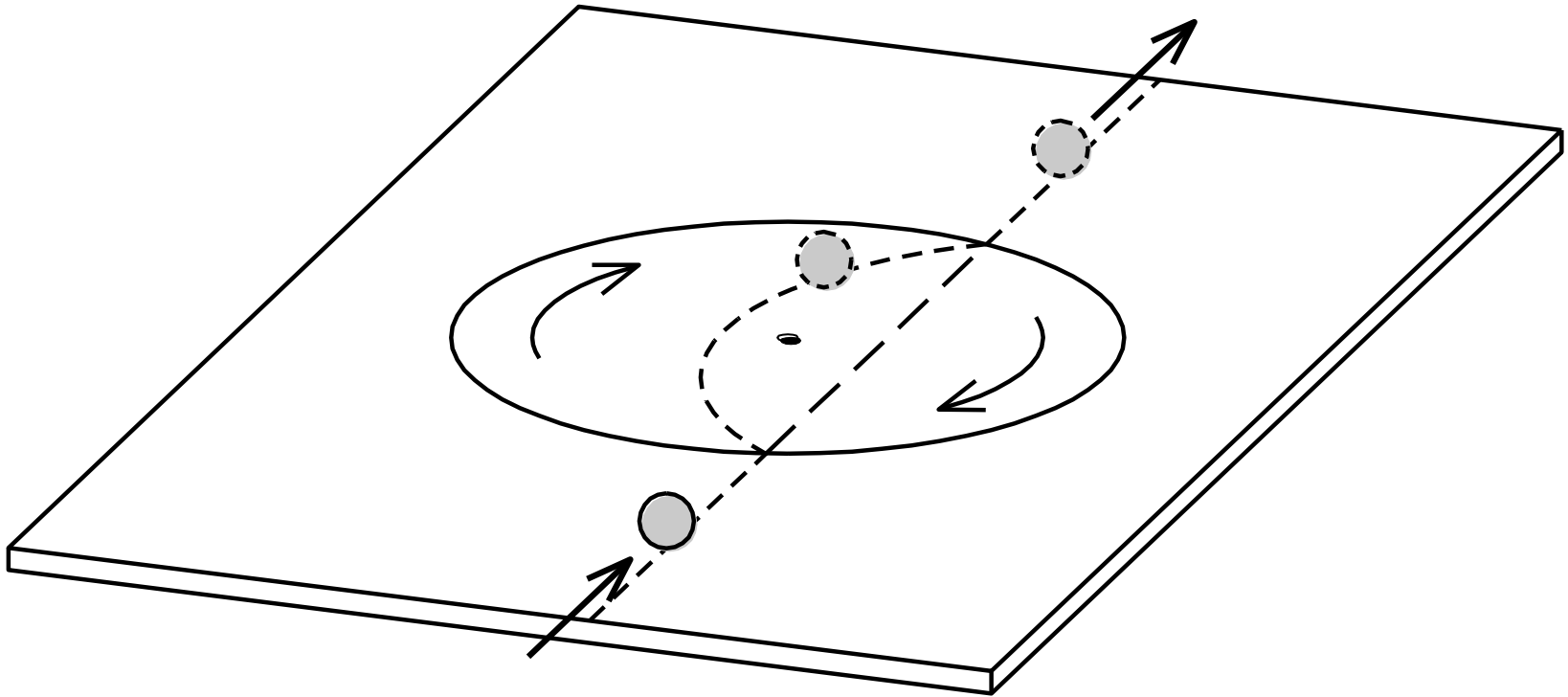
Egy vízszintes asztallap közepéből kivágtak egy R sugarú korongot, és azt – csapágyazva – visszahelyezték az eredeti helyére.

A korongot egy motor segítségével egyenletes forgásban tartják.

Ha az asztalon egy tömör gumilabdát (trükklabdát) gurítunk végig, akkor a labda a forgó korongra érve letér az eredeti egyenes pályájáról, ívesen eltérül, majd a korongról lekerülve ismét tiszta gördüléssel, egyenes vonalban folytatja útját.

Ez az egyenes pontosan egybeesik a kezdeti mozgás egyenesével, és a labda végsebessége is ugyanakkora lesz, mint amekkora a korongra érkezés előtt volt.

Vajon milyen megmaradási törvények rejtőznek emögött?



A mechanikai energia NEM marad meg (a súrlódás miatt).

A lendület SEM marad állandó (a súrlódási erő miatt).

DE megmaradó mennyiség a **perdület**
(alkalmas tengelyekre vonatkoztatva).

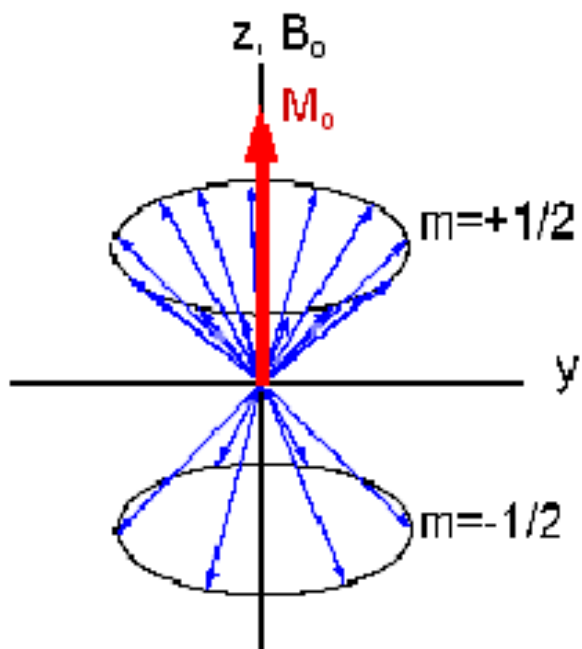
- A pörgettyűmozgás 3 alaptörvénye



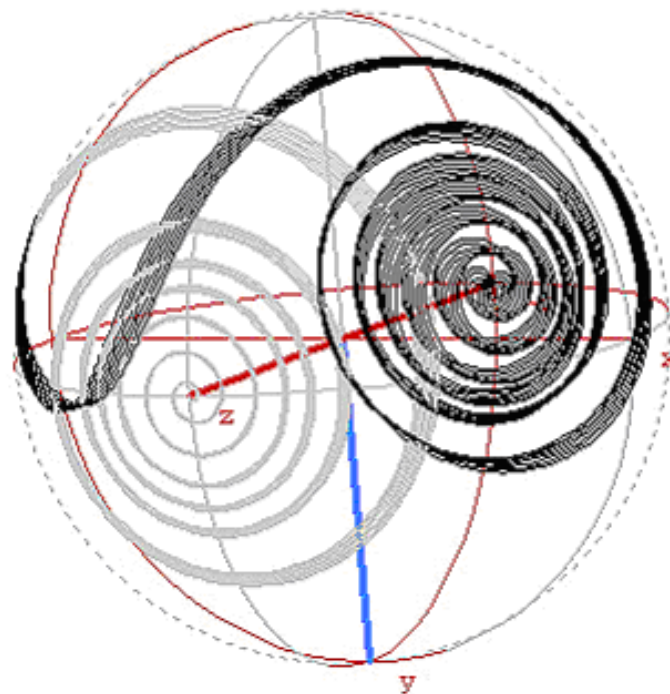
- I. A pörgettyű nem arra mozog, amerre az ember a józan eszével elképzelné.
- II. A pörgettyű nem is a józan észsel elképzelttel ellentétes irányban mozog.
- III. A pörgettyű semmilyen olyan mozgást nem hajlandó végezni, amit az ember józan észsel el tud képzelni.

NMR (magnéses rezonancia)

Atommag magnéses
momentumának mozgása
homogén magnéses térben



A spinvektor mozgása magnéses
térben



Az **elektron** is egy pörgettyű, a „tengelye” mágneses térben forog.

g (giromágneses faktor)/2 =

$$= 1,001\ 159\ 652\ 180\ 73(28).$$

Az elmélet (QED) jóslata: $g/2 = 1,001\ 159\ 614$

A hidrogénatom színképének hiperfinom szerkezete

Az elektron (mint pörgettyű) és a proton (mint pörgettyű) kapcsolatban áll egymással, ha a relatív helyzetük megváltozik, egy mikrohullámú foton nyelődik el, vagy bocsátódik ki. Ennek frekvenciája:

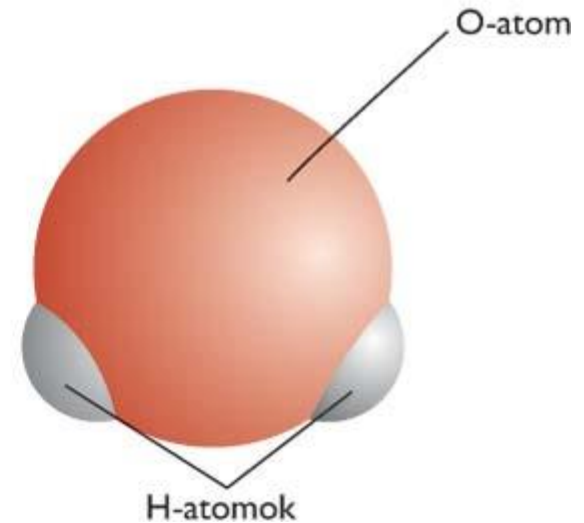
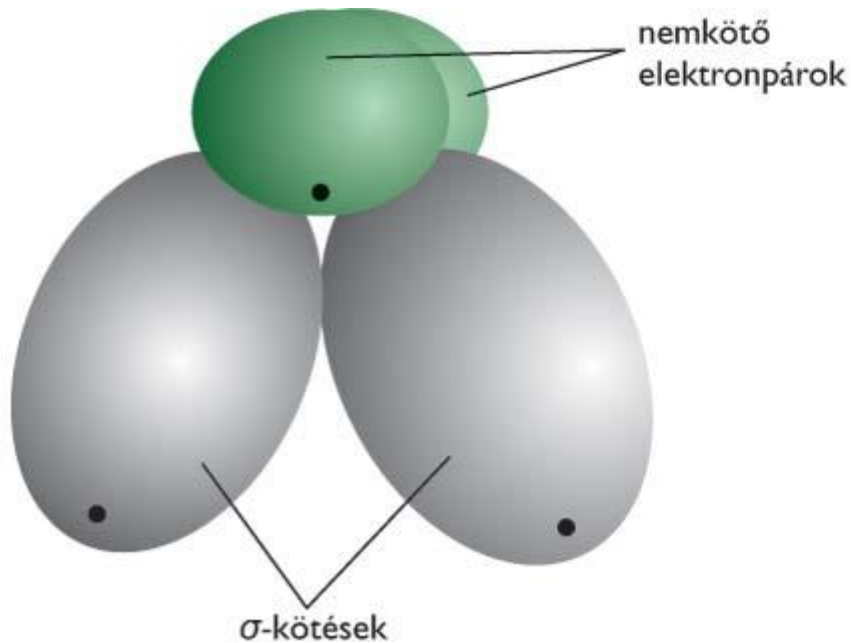
$$f = 1420,405\,751\,768(1) \text{ MHz.}$$

Ez a LEGPONTOSABBAN megmért fizikai mennyiség a természettudományok eddigi történetében!

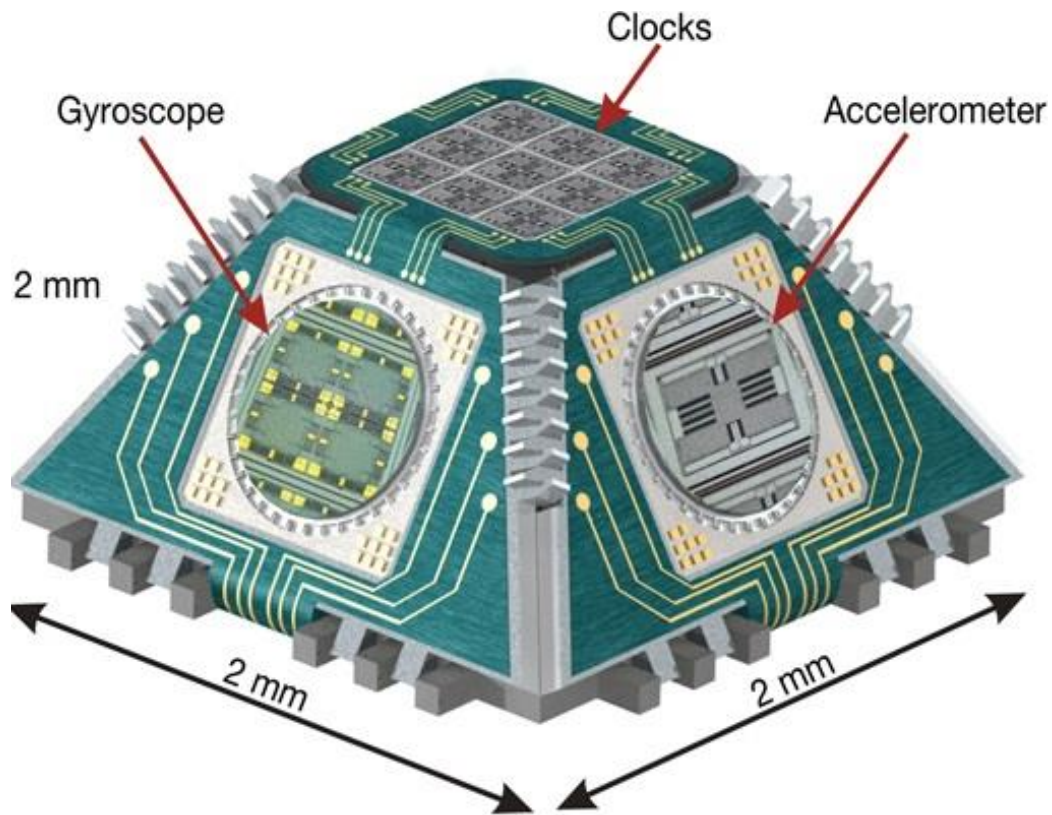
Az „elmélet” sokkal bizonytalanabb: 1420,452) MHz, mert ilyen pontosság mellett már több határozatlan faktor is van.

A molekulák is (bizonyos körülmények között) pörgettyűként viselkednek, ...

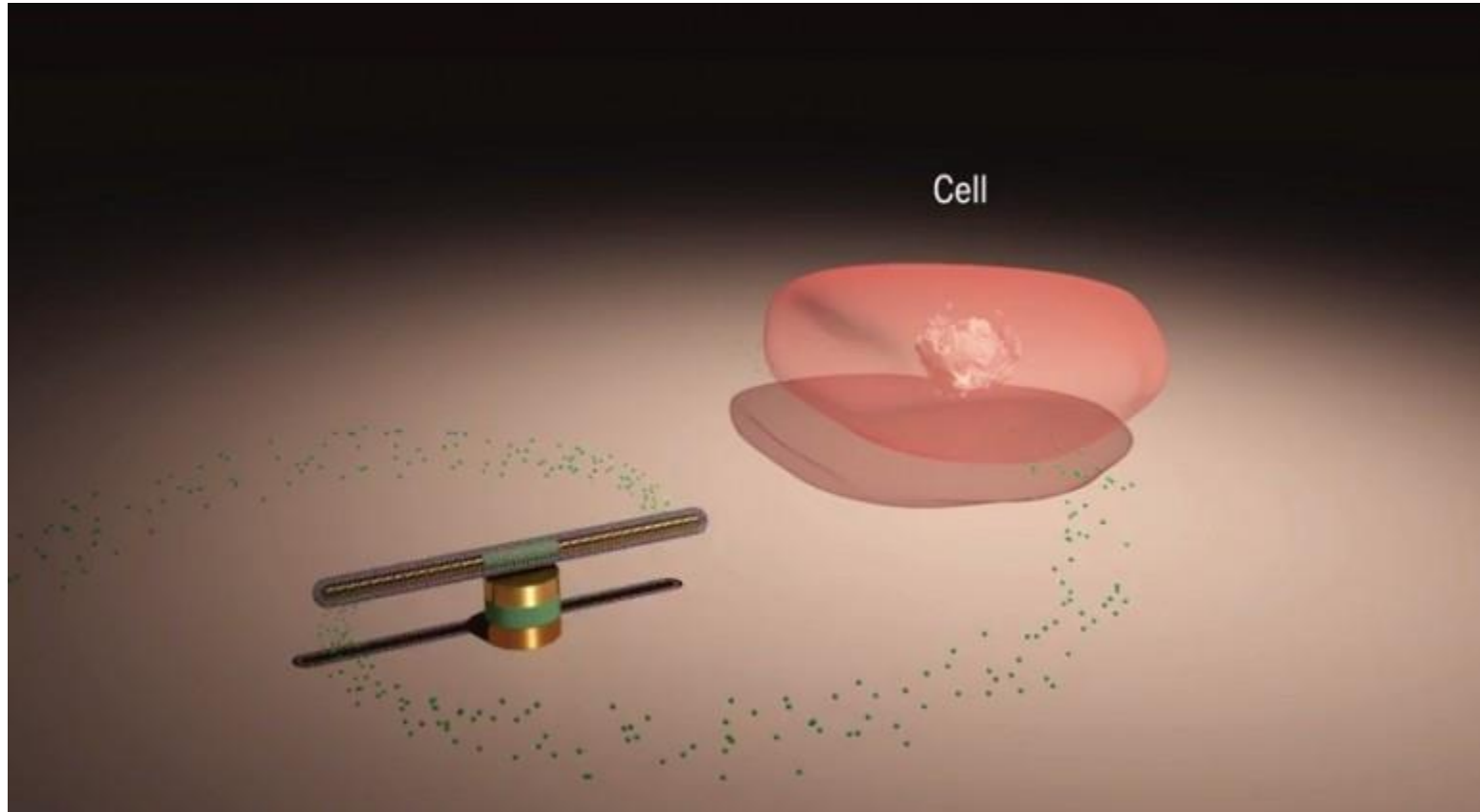
... a „forgás szögsebessége” azonban nem lehet akármekkora, csak „ugrásszerűen” változhat.



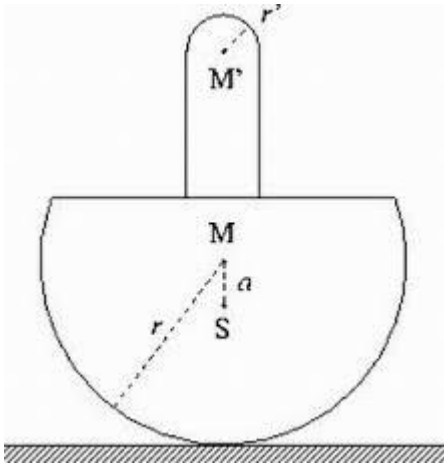
Gyorsulás- és elfordulás-érzékelő + időmérő mikroáramkör mobiltelefonokban



A világ legkisebb, leggyorsabb és leghosszabb ideig folyamatosan működő nanomotorja



Fejreálló pörgettyű és húsvéti tojás



Klasszikus játékok

(fizikusoknak és gyerekeiknek ajánlott)

... a bűgócsiga,

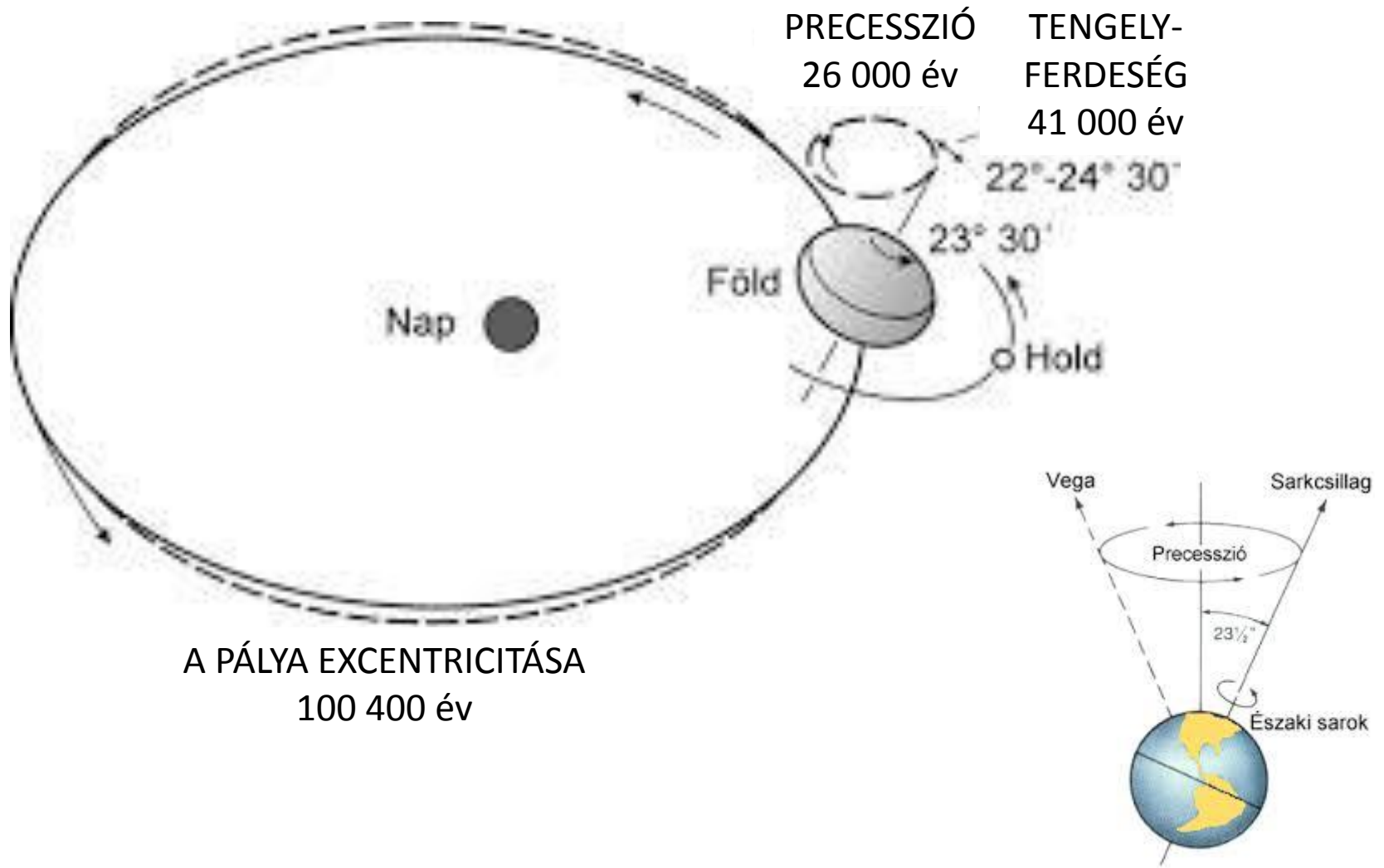


a kelta kövecske ...

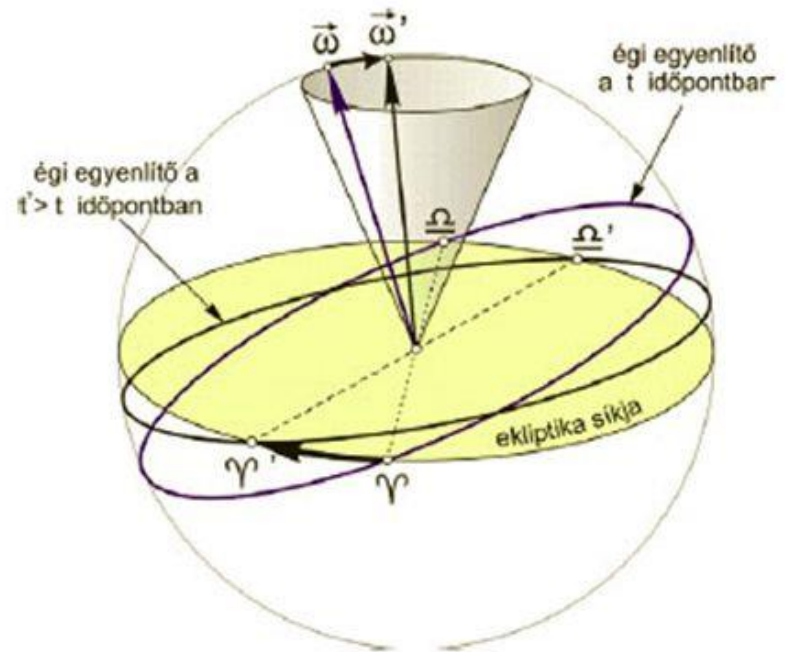
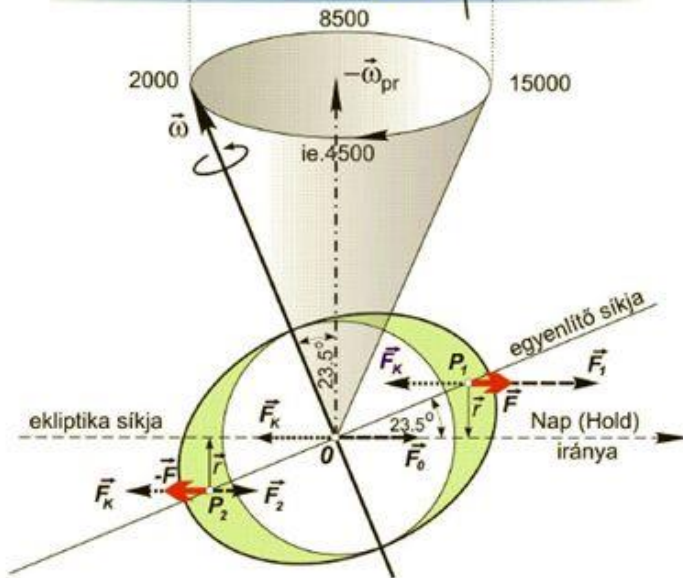
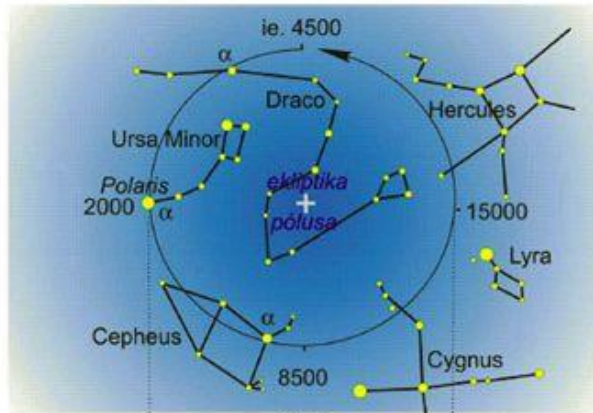
... és annak menzai változata



A Föld is egy Nagy Pörgettyű:

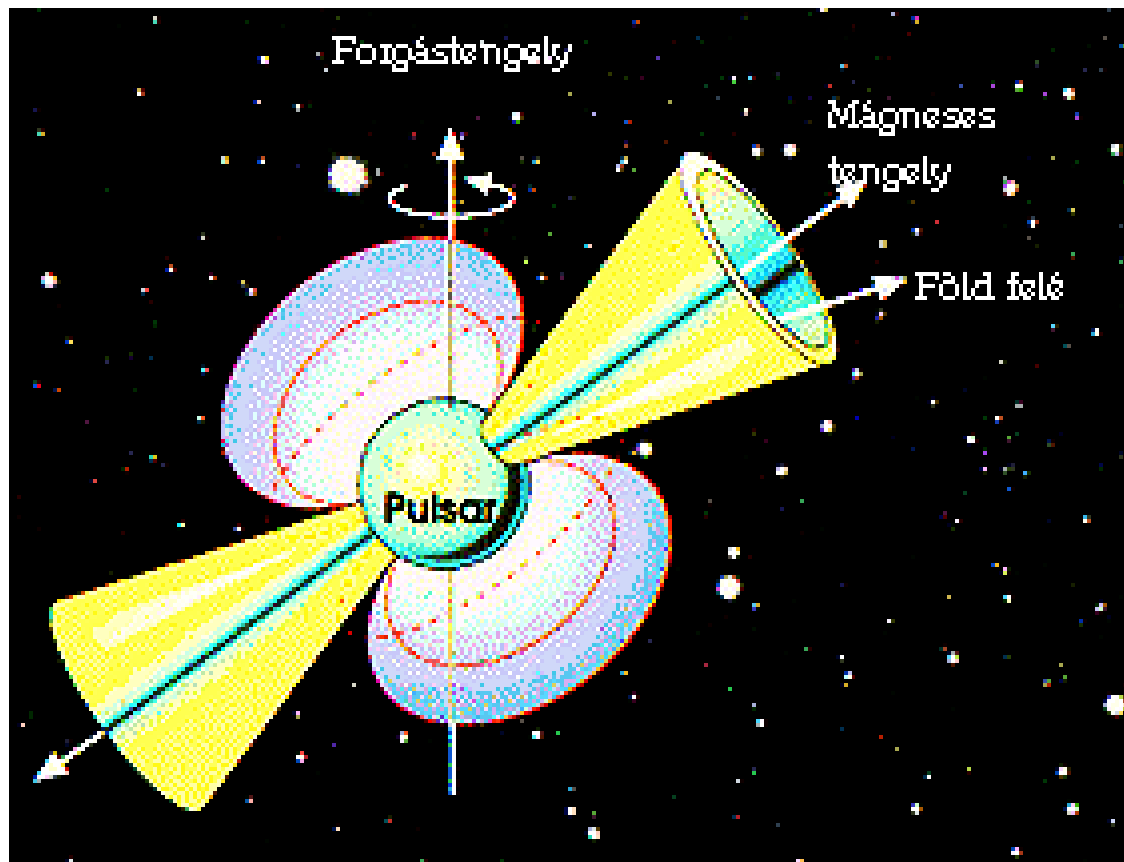


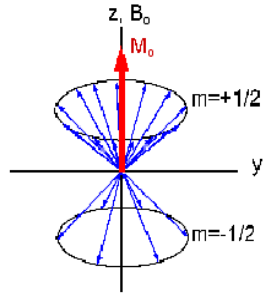
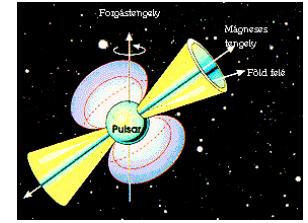
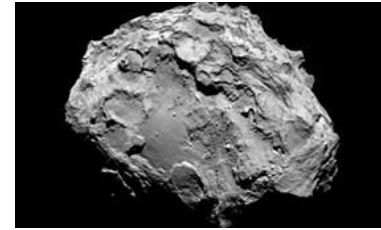
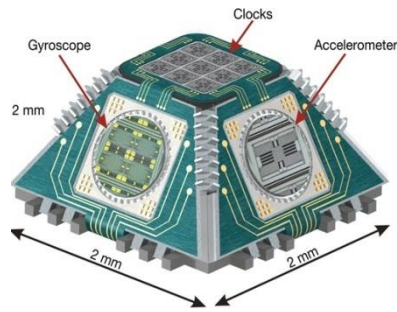
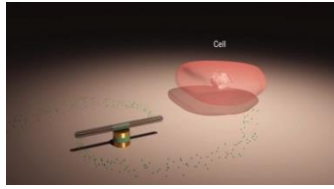
A Föld precessziós mozgása – luniszoláris precesszió



50.37"/év óramutató
járásával egyezően (kb.
26000 éves periódus)

Gyorsan forgó neutroncsillag (hatalmas atommag)
Mérete: kb. 10 km,
Sűrűsége: 1000 000 000 000 000 vízsűrűség,
Forgási periódusidő: 4 s – től 1,6 ms

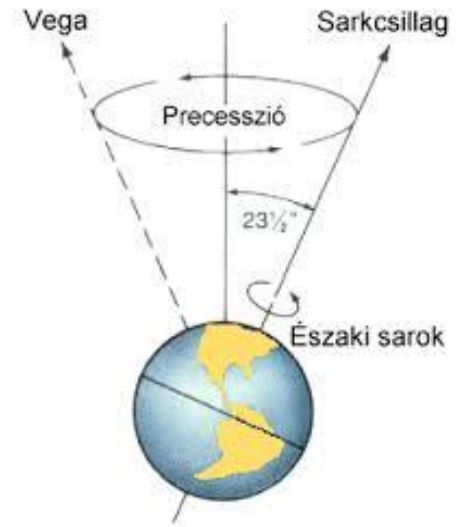
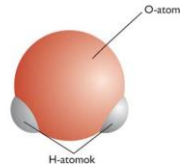
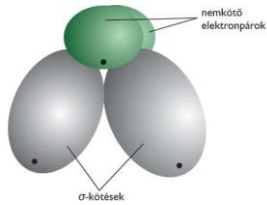
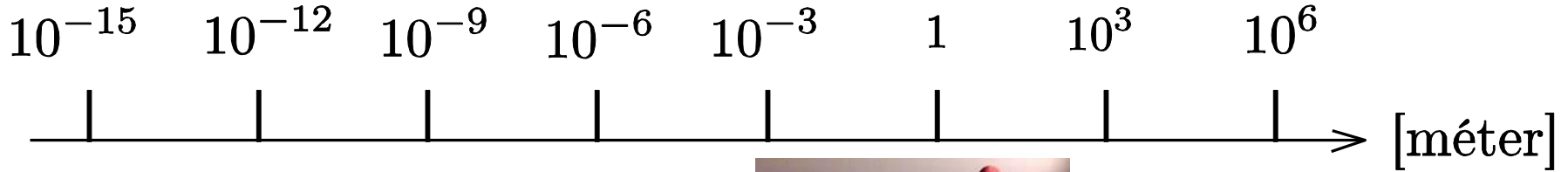




atomok

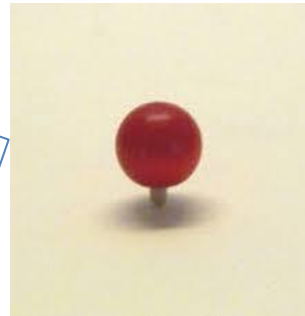


csillagok



$$g/2 = 1,001\ 159\ 652\ 180\ 73(28).$$

$$f = 1420,405\ 751\ 768(1)\ \text{MHz}$$



Pörgettyűk – az atomoktól a csillagokig