FIZICA MEDIULUI:
O Incursiune Spațio-Temporală în Misterele Universului

ATRACȚIA GRAVITAȚIONALĂ UNIVERSALĂ

Conf. Dr. Mihai V. PUTZ

Chemistry Department, West University of Timisoara,
Pestalozzi Street No.16, Timisoara, RO-300115, Romania;
E-mails: mvputz@cbg.uvt.ro or mv_putz@yahoo.com ;
Web: http://www.mvputz.iqstorm.ro

Member of American Chemical Society
Member of European Society of Mathematical Chemistry

Editor in-Chief of Int. J. Chem. Model. (at NOVA Publishers)
Editor in-Chief of Int. J. Environ. Sci. (at SERIALS Publishers)
Guest Editor & Editor of Int. J. Mol. Sci. (at MDPI Organization)

Mişcarea generalizată poate fi descrisă, în locul spațiului 3D, printr-otripletă conținând timpul, spațiul (coordonata generalizată) și derivata sa temporală (viteza sau impulsul)

$$t, q(t), p(t) \quad \text{or} \quad t, q(t), \dot{q}(t)$$

Mişcarea efectivă este astfel modelată prin energia efectivă funcțională, ce poate fi exprimată convenabil prin energia totală (sau Hamiltonianul)

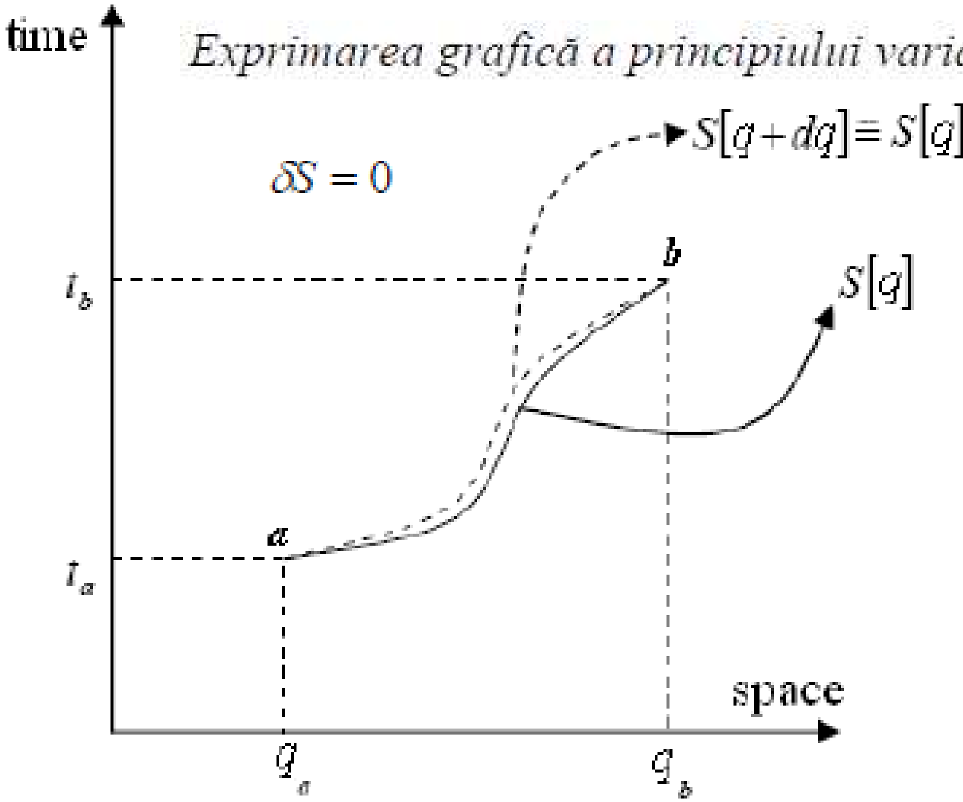
$$H = H(t, q(t), p(t)) = T(p(t)) + V(t, q(t))$$

sau prin Lagrangeanul asociat

$$L = L(t, q(t), \dot{q}(t)) = T(\dot{q}(t)) - V(t, q(t))$$

"văzute" prin combinațiile sumei si diferenței energiei cinetice (cu care evoluează sistemului) cu energia potențială (în care evoluează sistemul), respectiv.

$$S = \int_{t_a}^{t_b} L(t, q, \dot{q})dt \,.$$



Exprimarea grafică a principiului variațional.

$$\delta\dot{q} = \delta\left(\frac{dq}{dt}\right) = \frac{d}{dt}(\delta q)$$

$$\delta S = \frac{\partial S}{\partial q}\delta q + \frac{\partial S}{\partial \dot{q}}\delta\dot{q} = \frac{\partial}{\partial q}\left[\int_a^b L dt\right]\delta q + \frac{\partial}{\partial \dot{q}}\left[\int_a^b L dt\right]\delta\dot{q}$$

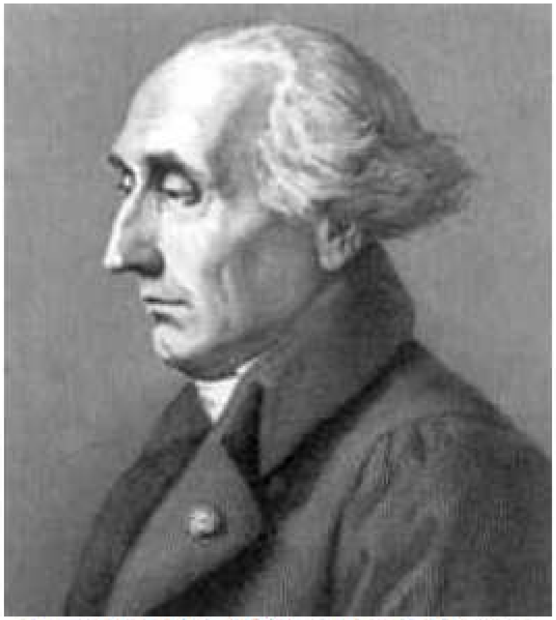
$$= \int_a^b \left(\frac{\partial L}{\partial q}\delta q\right)dt + \int_a^b \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}\delta\dot{q}\right)dt \,;$$

$$\delta S = \int_a^b \left(\frac{\partial L}{\partial q}\delta q\right)dt + \int_a^b \left[\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}\frac{d}{dt}(\delta q)\right]dt$$

$$= \int_a^b \left(\frac{\partial L}{\partial q}\delta q\right)dt + \int_a^b \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}\delta q\right)dt - \int_a^b \left[\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}\right)\right]\delta q dt$$

$$= \underbrace{\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}\delta q\right)_a^b}_{\substack{=0 \\ (\delta q_a = \delta q_b = 0)}} + \int_a^b \left[\frac{\partial L}{\partial q} - \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}\right)\right]\delta q dt$$

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



Joseph-Louis (Giuseppe Lodovico) conte de Lagrange

(25 Ianuarie 1736 Torino, Piemont - 10 Aprilie 1813 (la 77 ani) Paris, Franța; a avut contribuții în fizică și matematică-fizică; a fost asociat la École Polytechnique, École Normale, Academia de Știință Franceză, Academia din Torino, Academia din Berlin; l-a avut ca maestru pe Leonhard Euler, iar ca studenți celebri pe Joseph Fourier, Giovanni Plana și Simeon Poisson; este faimos pentru mecanica analitică (Lagrangeană), mecanica celestă, analiza matematică și teoria numerelor.

ecuație Lagrange

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

$$L_{classic} = \frac{m\dot{q}^2}{2} - V(q)$$

$$\frac{\partial L}{\partial q} = -\nabla V \equiv \vec{F}$$

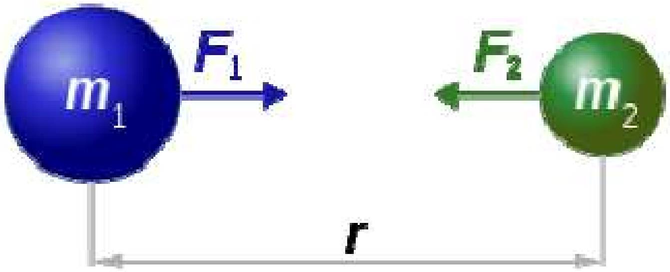
$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}\right) = \frac{d}{dt}(m\dot{q}) = m\ddot{q} \equiv m\vec{a}$$

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

ecuația a II a dinamicii (Newton)

Sir Isaac Newton

4 January 1643 Woolsthorpe-by-Colsterworth Lincolnshire, UK - 31 Martie 1727 (la 84 ani) Kensington, Middlesex, UK; a avut contribuții în fizică, matematică, astronomie, filosofia științei, alchimie, și teologia creștină; a fost asociat la Trinity Colledge - Univ. Cambridge, Societatea Regală de Științe și de Patente; i-a avut ca maeștrii pe Isaac Barrow și Benjamin Pulleyn, iar ca studenți celebri pe Roger Cotes și William Whiston; este faimos pentru mecanica Newtoniană, gravitația universală, calculul infinitesimal, optică și seriile binomiale.



$$F_1 = F_2 = G\frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

G constanta atracției universale

$$G = 6.6732 \cdot 10^{-8} cm^3 / g \cdot s^2$$

$$a_1 = \frac{F}{m_1} = G\frac{m_2}{r^2}, \quad a_2 = \frac{F}{m_2} = G\frac{m_1}{r^2}$$

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

Pentru *determinarea accelerației gravitaționale* a unui corp ceresc (Pământ, Lună, Soare) se folosește una din expresiile de mai sus considerând că acesta (corpul cosmic) este de masă M și acționează asupra unui corp de probă de masă m aflat chiar pe suprafața corpului sferic de rază R (pentru omogenitatea valorii – eroarea pentru corpurile sferoide fiind ne-esențială din punct de vedere al principiului fizic aplicat)

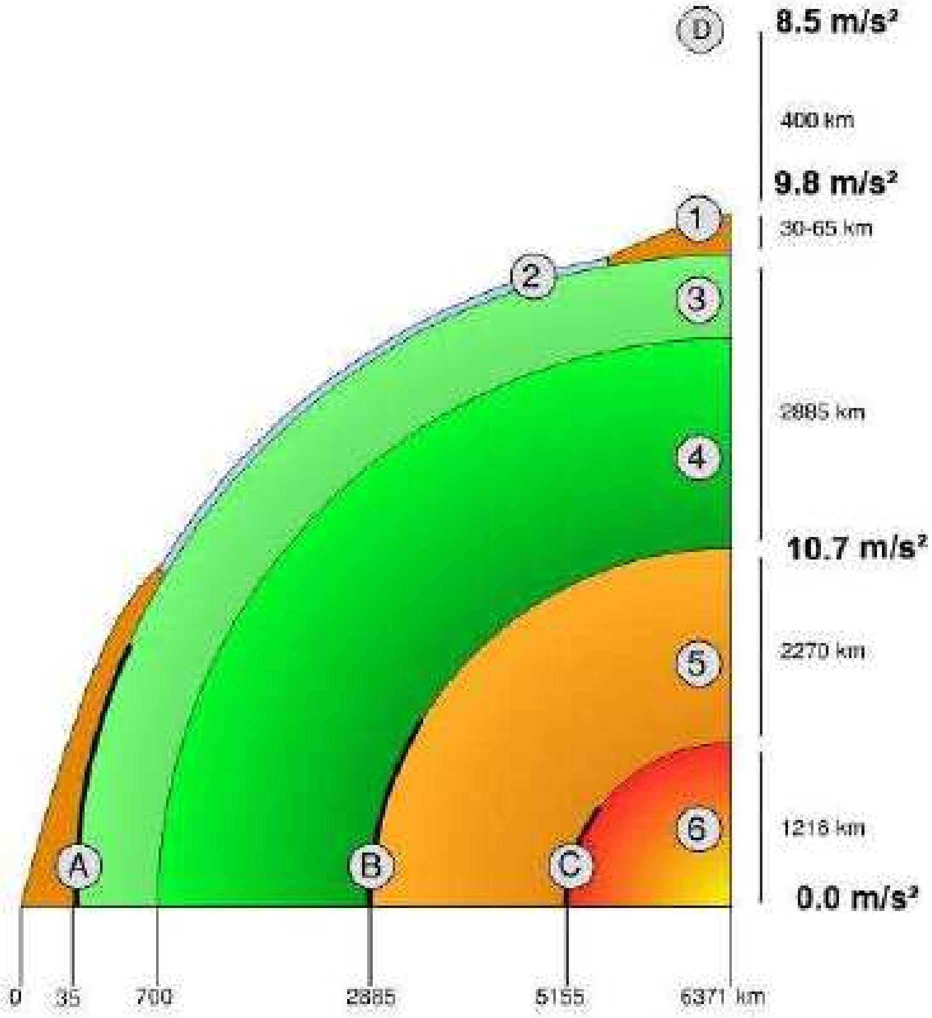
$$g_0 = \frac{F}{m} = G\frac{M}{R^2}$$

Proprietate / **Corp ceresc**	*Masă* M [kg]	*Rază* R [km]	*Acc. Gravit.* g [m/s^2]
Pământ	$5{,}975 \cdot 10^{24}$	6378	9,81
Soare	$1{,}989 \cdot 10^{30}$	695 500	274
Lună	$7{,}35 \cdot 10^{22}$	1738	1,62

Calculul accelerației gravitaționale poate fi făcut deopotrivă deasupra ca și în interiorul corpurilor cerești considerate pe baza razei rerențiale la suprafața corpului față de care se consideră deplasarea $\pm H$ rezultând expresia de lucru:

$$g_H = G\frac{M}{(R \pm H)^2} = g_0 \frac{R^2}{(R \pm H)^2}$$

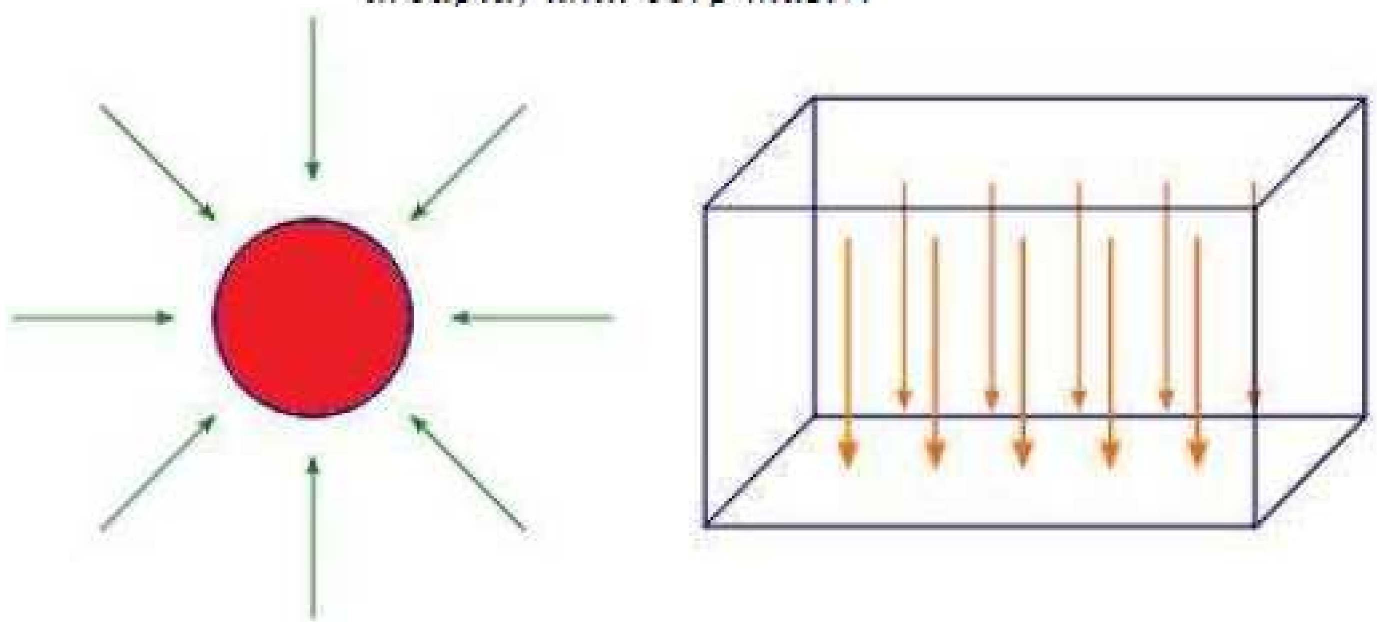
Variația accelerației gravitaționale în interiorul Pământului:
1: crusta continentală
2: crusta oceanică
3: mantaua superioară
4: mantaua inferioară
5:miezul exterior
6: miezul interior
A: discontinuitatea Mohorovičić
B: discontinuitatea Gutenberg (frontiera manta-miez)
C: discontinuitatea Lehman
D: regiunea de orbitare a sateliților



Accelerațiile gravitaționale reciproce dintre Pământ (P), Soare (S) și Lună (L).

Corp Mare-Corp Mic	*Distanța* D [kg]	*Acc. Gravit. g* [m/s^2]
Pământ-Lună	384 400	0,0027
Soare-Pământ	150 000 000	0,0059

Liniile de forță gravitațională în exteriorul (în stânga) și la suprafața (în dreapta) unui corp masiv.



Din aceste analize se remarcă următoarele probleme conceptuale cu teoria atracției universale:

Datorită distanțelor cerești imense pe care acționează forțele de gravitație se pune problema transmiterii acestora la distanță (instantaneu in ipoteza Newton) – altfel survenind întârzieri în acțiunea gravitațională reciprocă ceea ce ar duce la instabilitatea sistemului planetar, etc
(viz. *Teoria relativității generalizate*).

Mai mult, apare ideea ca în interiorul unui corp masiv gravitația crește față de suprafață, ceea ce ridica problema colapsului gravitațional când raza interacției tinde la zero, și respectiv evitarea acestuia, în paralele cu explicitarea punctului zero spațiu-timp al Universului
(viz. *Modelul Standard-Big Bang al Universului*)

Explicarea stabilității planetare prin influența universală inter-corpuri cerești în contextul în care in interiorrul unui sistem solar exista accelerații gravitaționale (vezi mai sus) între corpuri ce ar distruge mișcarea orbitală reciprocă
(*viz. Problema celor două corpuri*)