

თეორიული ფიზიკის თანამედროვე პრობლემები

გ. ჯორჯაძე

თავისუფალი უნივერსიტეტი

თბილისი, 11 ნოემბერი 2013

- ფიზიკა აღწერს მატერიალურ სამყაროს ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე;
- ფიზიკის ენა არის მათემატიკა;
- მათემატიკა, თავის მხრივ, არის ლოგიკურ აზროვნებაზე დაფუძნებული მეცნიერება;
- ამიტომ ფიზიკა უნდა იყოს, და არის, რეალური სამყაროს აღმწერი მეცნიერება პრაქტიკული გამოყენებებით.

ფიზიკის ძირითადი ამოცანა :

ფიზიკური სისტემების დინამიკის აღწერა

დინამიკის აღწერა გულისხმობს:

- 1) სისტემის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეების შემოყვანას
- 2) ამ სიდიდეების ცვლილების აღწერას დროსა და სივრცეში

მარტივი სისტემები

- ნაწილაკის მოძრაობა
- მყარი სხეულის მოძრაობა
- ორი ურთიერთქმედი ნაწილაკის მოძრაობა

ფიზიკური სიდიდეები: კოორდინატები და სიჩქარეები
დინამიკა განისაზღვრება მოძრაობის განტოლებით

ნიუტონის კანონი:

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}}{m}$$

სიჩქარე აღწერს კოორდინატის ცვლილების ხასიათს $\mathbf{v}(t) = \dot{\mathbf{x}}(t)$,

აჩქარება სიჩქარის ცვლილების ხასიათს $\mathbf{a}(t) = \dot{\mathbf{v}}(t)$

$$\ddot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{F}(\mathbf{x}(t), \dot{\mathbf{x}}(t))$$

აჩქარება არის კოორდინატისა და სიჩქარის ფუნქცია.

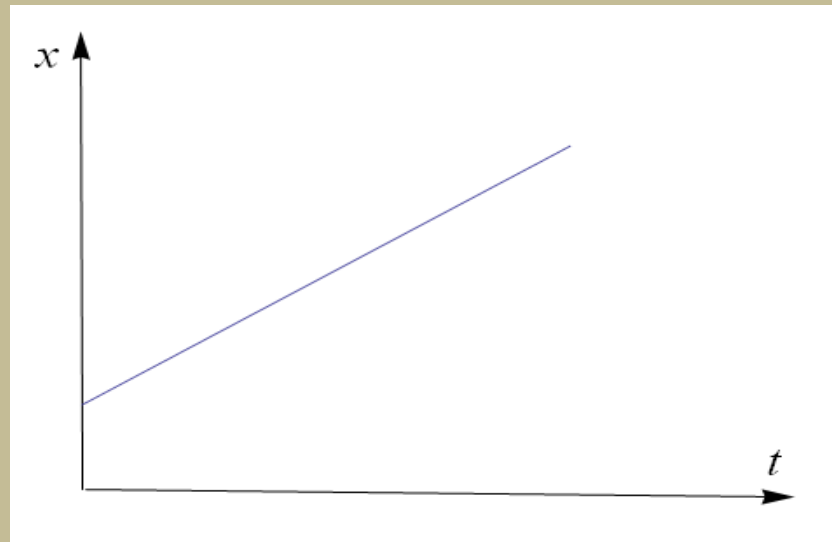
მაგალითები:

- თავისუფალი მოძრაობა ღერძზე

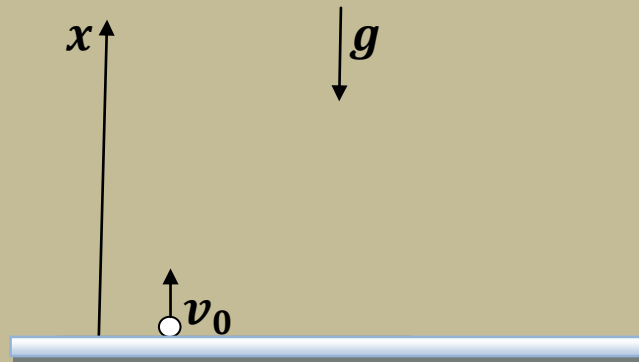


$$\ddot{x} = 0$$

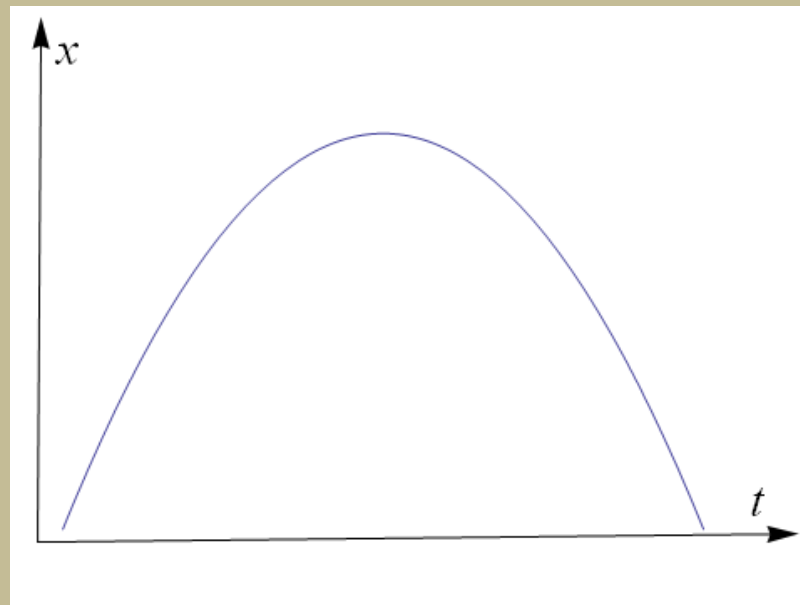
$$x(t) = x_0 + vt$$



თავისუფალი ვარდნა



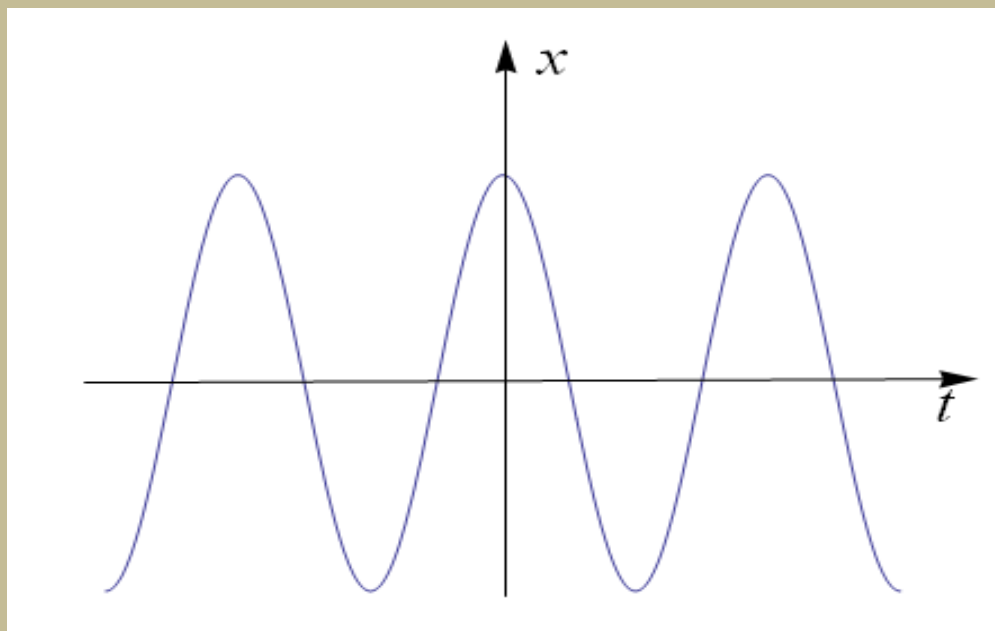
$$\ddot{x} = -g, \quad x(t) = x_0 + v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$



ზამბარის ჰარმონიული რხევა

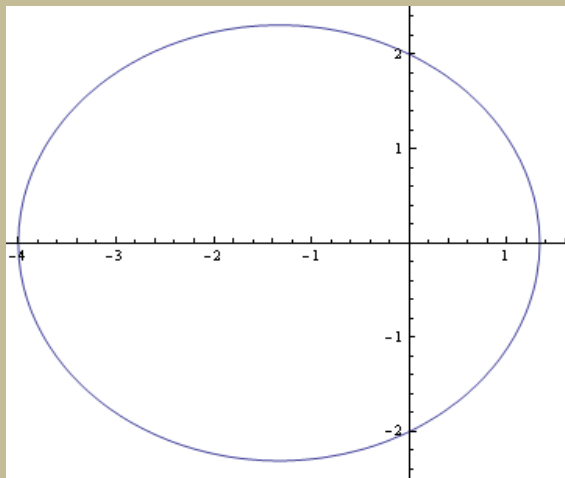
$$\ddot{x} = -\omega^2 x, \quad \omega = \frac{k}{m}$$

$$x(t) = x_0 \cos \omega t + \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t$$

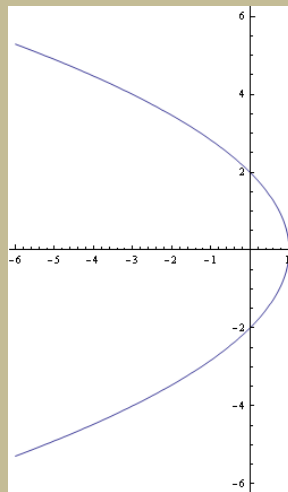


პლანეტის მოძრაობა მზის მიზიდულობის ველში

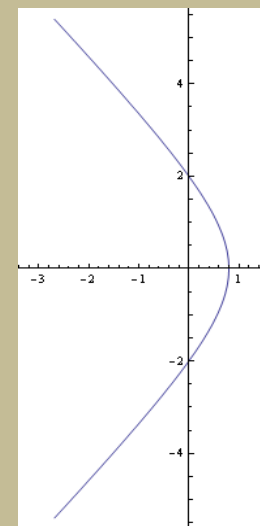
$$\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = -\frac{\alpha\vec{r}}{|\vec{r}|^3}$$



ელიფსი

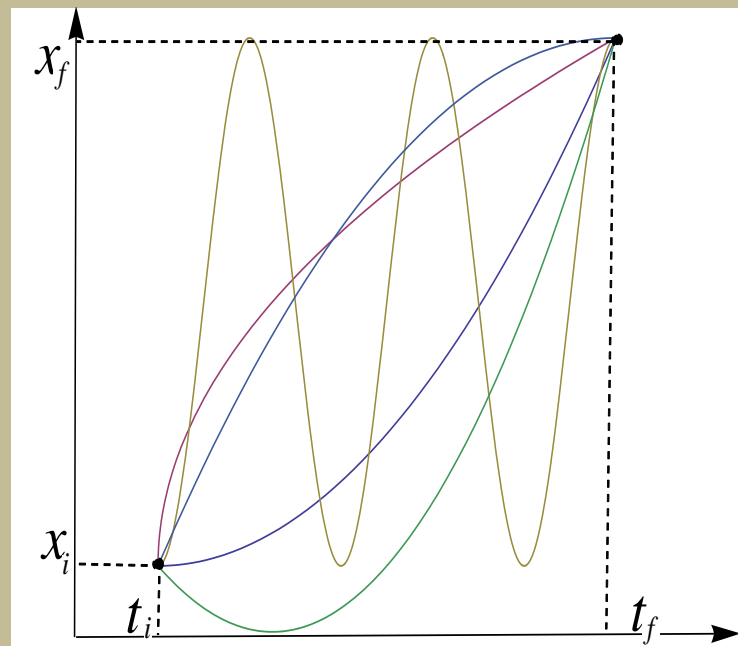
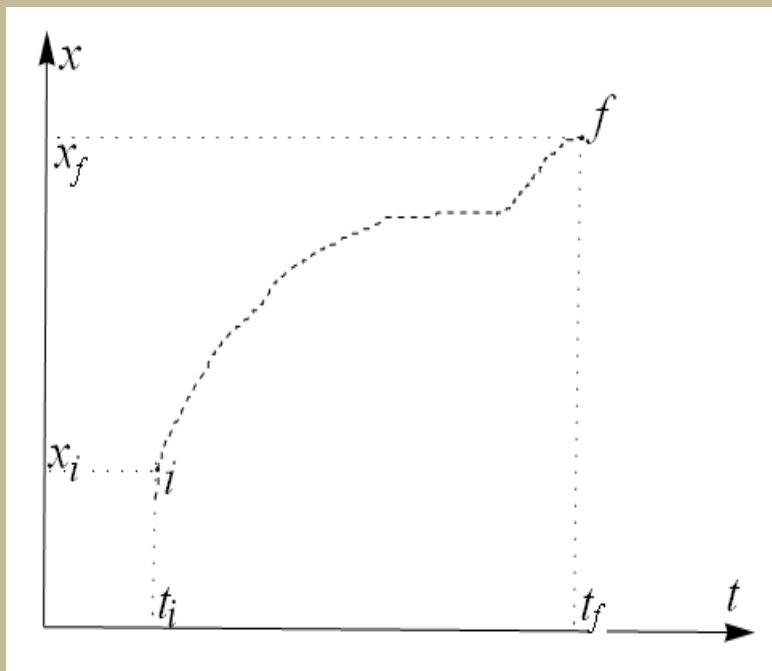


პარაბოლა



ჰიპერბოლა

უმცირესი ქმედების პრინციპი



$$S = \int_{t_i}^{t_f} dt L(x(t), v(t)) ,$$

$$L = E_k - E_p, \quad L = -m\sqrt{1 - v^2(t)}$$

კვანტური მექანიკა

$$\Delta p \cdot \Delta q = \hbar$$

მე-20 საუკუნის ფიზიკა

ველის კვანტური თეორია

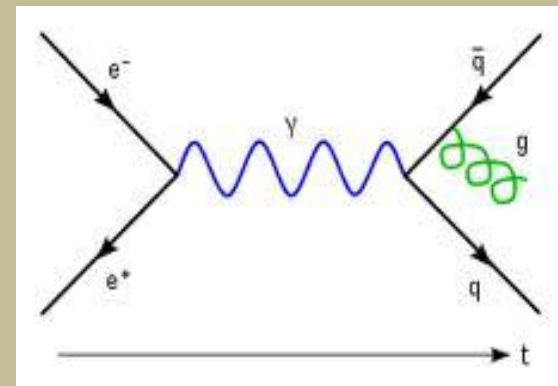
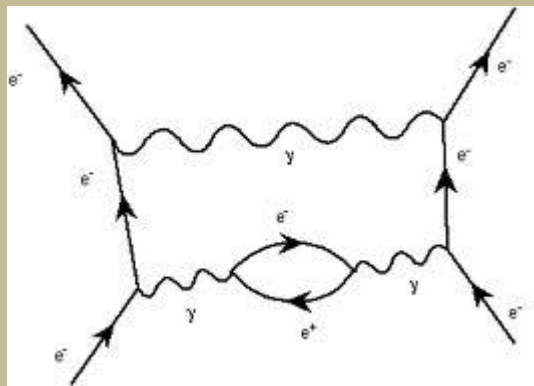
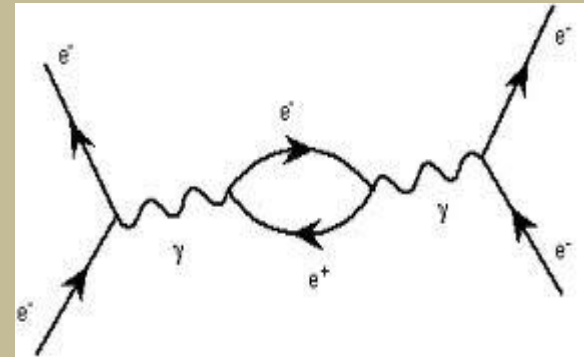
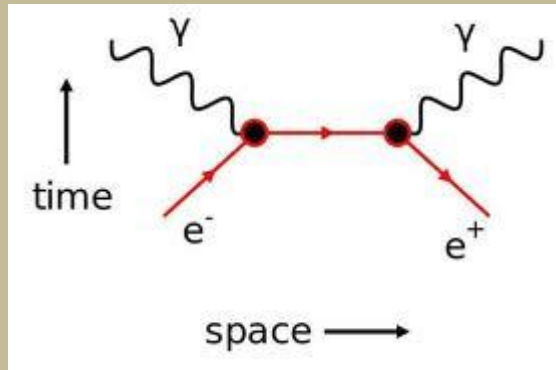
$$a_p^+ |0\rangle = |p\rangle, \quad a_{p_1}^+ a_{p_2}^+ |0\rangle = |p\rangle, \dots$$

ველის თეორია

$$\nabla \times E = -\frac{1}{c} \frac{\partial B}{\partial t}, \quad \nabla \times B = \frac{1}{c} \frac{\partial E}{\partial t}$$

E-M და გრავიტაცია

შეშფოთების თეორია – ფაინმანის დიაგრამები



სტანდარტული მოდელი

Three generations of matter (fermions)

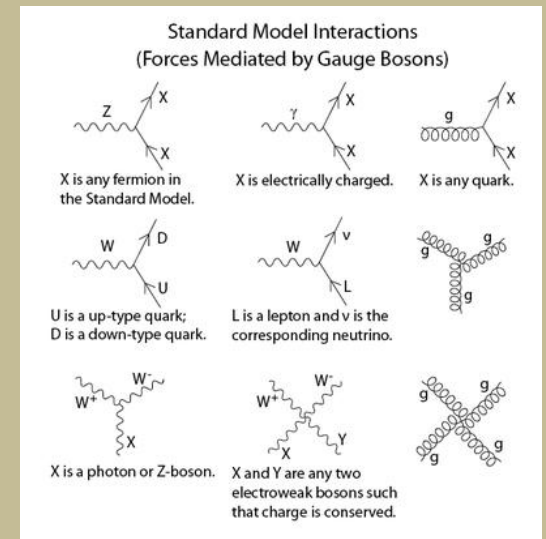
| | I | II | III | |
|--------|---|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| mass | 2.4 MeV/c ² | 1.27 GeV/c ² | 171.2 GeV/c ² | 0 |
| charge | 2/3 | 2/3 | 2/3 | 0 |
| spin | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1 |
| name | u up | c charm | t top | γ photon |
| | d down | s strange | b bottom | H Higgs boson |
| | v_e electron neutrino | v_μ muon neutrino | v_τ tau neutrino | Z⁰ Z boson |
| | e electron | μ muon | τ tau | W[±] W boson |

Quarks: u, c, t, d, s, b, g

Leptons: v_e, v_μ, v_τ, e, μ, τ, W[±]

Gauge bosons: γ, Z⁰, W[±], g

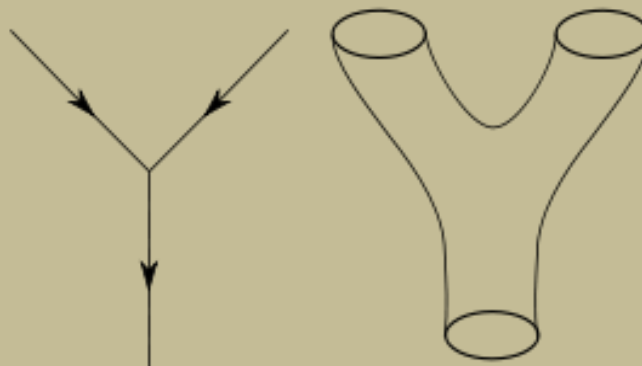
ელემენტარული ნაწილაკები და მათი ურთიერთქმედება აღიწერება იანგ-მილსის თეორიით



გამოთვლის სირთულე (პრობლემები!)

სიმის თეორია

ნაწილაკის მაგივრად გრძივი ობიექტი – სიმი.



კრიტიკული განზომილება $D = 26$, $D = 10$.

სივრცე დროის განზომილება, სადაც სიმის თეორია არსებობს

შემფოთების თეორია უკეთ არის განმარტებული.

თანამედროვე თეორიულ ფიზიკაში სამყაროს აღმწერი სურათი თითქოს არარეალისტურია.

ერთი შეხედვით ეს სურათი გამოიყურება ისე, თითქოს ის სიზმრებსა და ჰალუცინაციებზე არის დაფუძნებული.

ზოგიერთი მოდელი:

- მულტი სამყაროები
- მრავალგანზომილებიანი თეორიები
- ორგანზომილებიანი თეორია (ჰოლოგრაფიის პრინციპი)
- დუალური თეორიები

იანგ-მილსის თეორია 4 განზომილებიან სივრცე-დროში
ექვივალენტურია სიმის თეორიას $AdS_5 \times S^5$

