

KLASIČNA MEHANIKA 1

Nositelj: Ivan Kupčić

Asistent: Blaž Ivšić (Institut za fiziku)

Kurs traje oko 13-14 tjedana (2+1 sata tjedno)

Kratki sadržaj:

1. Postuliranja klasične mehanike

- * Definicija prostora i vremena (kontinuiranost, izotropnost, homogenost)
- * Newtonov determinizam
- * Galilejeva grupa transformacija (prostor/vrijeme)
- * Konstrukcija Newtonove jednačbi (1. Newtonov zakon)
- * Zakoni očuvanja:
 - a) količine gibanja (3. Newtonov zakon, zatvoreni i nezatvoreni sustavi)
 - b) moment količine gibanja (3. Newtonov zakon, centralne sile)
 - c) energije (rad, kinetička enegija, konzervativni sustavi, potencijalna energija)

2. Gibanje u jednoj dimenziji (1D Newtonova jednačba)

- * Konstrukcija 1D Newtonove jednačbe pomoću potencijala (energije) $U(x)$
 - * Svođenje N.J. na jednačbu prvog reda po vremenu t
 - * Analiza rješenja N.J. pomoću energijskog dijagrama (klasično dozvoljeno i zabranjeno područje, točke obrata)
 - * Implicitna (integralna) jednačba trajektorije (početni uvijeti)
 - * Gibanje tijela u mediju s otporom (disipativni sustavi)
 - * Gibanje u homogenom gravitacijskom polju, uzimajući u obzir otpor zraka (slobodni pada). Analiza:
 - a) a - t dijagrama
 - b) v - t dijagrama
 - c) s - t dijagrama.
- Pojam granične brzine i akceleracije, disipacija energije, itd...

3. Keplerov problem

*** Problem dvaju tijela**

- a) Redukcija sa 6 na 3 stupnja slobode (Newtonova jednačba za C.M.)

+Newtonova jednađba za relativnu koordinatu, reducirana masa)

b) Centralno simetrični potencijali (kulonski potencijal $-Z/r$) - **Sferni koordinatni sustav!**

b) Konstrukcija Newtonove jednađbe u **sfernom koordinatnom sustavu** (brzina, akceleracija, kinetička energija)

c) Zakon očuvanja momenta količine gibanja – \mathbf{M} → prelazak na **polarni koordinatni sustav!**

d) Redukcija na 1D Newtonovu jednađbu po radijalnoj koordinati - gibanje reducirane mase u **efektivnom potencijalu** $U_{\text{eff}}(r)$

e) Zakon očuvanja energije relativnog gibanja $U_{\text{eff}} + T_r = E$

* Analiza orbite relativnog gibanja pomoću **efektivnog potencijala** $U_{\text{eff}}(r)$

a) $E < 0$ (omeđene orbite: elipsa, kružnica) - pericentar, apocentar

b) $E > 0$ (neomeđene orbite: parabola, hiperbola)

* Izvod implicitne (integralne) jednađbe gibanja za radijalnu koordinatu $\phi = F(r)$

* Rješavanje (integracija) implicitne jednađbe gibanja za radijalnu koordinatu za privlačni kulonski/Keplerov potencijal ($-a/r$; $a > 0$)

a) Eksplicitna jednađba trajektorije $r(\phi)$

b) Konične orbite (ekscentricitet 'e' i parametar orbite 'p'):

- **$e=0$ -kružnica** (minimum efektivnog potencijala)

- **$0 < e < 1$ -elipsa** (pericentar i apocentar)

- **$e=1$ -parabola**

- **$e > 1$ -hiperbola** (granični kutevi)

* Sustavi: Sunce-Zemlja, dvojne zvijezde, komet-Sunce; Gibanje relativne koordinate (reducirane mase) i stvarno gibanje (kruženje oko zajedničkog centra mase ili fokusa)

* Keplerovi zakoni i Newtonova opća teorija gravitacije

* Gibanje u odbojnom kulonskom potencijalu ($-a/r$; $a < 0$)

a) Ulazni parametar orbite

b) Granični kutevi

c) Kut otklona

4. Kruto tijelo

* Definicija krutog tijela, brzina translacije i rotacije, brzina materijane točke u krutom tijelu

* Kinetička energija krutog tijela (uvođenje **tenzora momenta tromosti - I**)

* Tenzor momenta tromosti - **I**:

a) Steinerov teorem (translacija ishodišta koordinatnog sustava) - **I pomoću I_{CM}**

b) Glavne osi momenta tromosti (rotacije koordinatnog sustava - ortogonalne transformacije), **I - dijagonalna matrica**

* Jednadžba gibanja krutog tijela

a) Izvod momenta količine gibanja krutog tijela **M** (pomoću **tenzora I**)
Zakon očuvanja momenta količine gibanja **M**

b) Konstrukcija jednadžbe gibanja krutog tijela u polju vanjske sile (npr. gravitacijsko polje); Nesačuvanje momenta količine gibanja **M** - Eulerove jednadžbe gibanja

Predznanje (matematika)

* **Matematička analiza** (**elementarne funkcije**, limesi, integracija, deriviranje, diferencijalne jednadžbe, diferencijalni operatori, itd...)

* **Linearna algebra** (vektorski prostori, operatori, ortogonalne, unitarne transformacije, traženje vlastitih vektora i vrijednosti lin. operatora ili matrice)

* **Razumijevanje pojmova** skalarnog ili vektorskog polja, diferencijalni operatori (grad, div, rot), Eulerov zapis kompleksnog broja, itd...

* **Vektorska algebra** (skalarno, vektorsko množenje, itd...)

* **Koordinatni sustavi** (**sferni**, **polarni**, **cilindrični**)

Predznanje (fizika)

OF1 i OF2

Literatura

1. Skripta - Tamara Nikšić

2. Herbert Goldstein - Classical Mechanics (**knjižnica**)

3. Predavanja

4. Murray R. Spiegel, "Theory and problems of Theoretical Mechanics",

Schaum's outline series (**knjižnica**) - za vježbe

Kontakti

* Obavijesti, rezultati, primjedbe, kontakti, ... na <http://www.phy.pmf.unizg.hr/~kupcic/> i na Merlin stranicama kolegija

* email: kupcic@phy.hr

Konzultacije

Ponedjeljak, 12 sati, soba 322

Kolokviji

1. kolokvij - **početak prosinca**
2. kolokvij - **kraj siječnja**

* Oslobađa od pismenog ispita u zimskom i ljetnom roku **iste školske godine (ali ne i u jesenskom)**

Ispiti

- * PISMENI + USMENI
- * Dva zimska roka (početak i kraj **veljače**)
- * Dva ljetna roka - **sredina lipnja, početak ili sredina srpnja**
- * Dva jesenska roka - početkom i krajem **rujna**

Prijave ispita

* Samo pismeni dio

*** Studenti koji nisu prijavili ispit nemaju pravo izlaska na ispit!**