

Temeljna međudjelovanja u prirodi 1

1.1. Još o konceptu sile

1.2. Četiri temeljna međudjelovanja

1.3. Primjene zakona očuvanja: sudari

Gravitacijska sila:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Električna sila:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

Jakost gravitacijskog polja:

$$\gamma = G \frac{m}{r^2}$$

Jakost električnog polja:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

Gravitacijski potencijal:

$$\varphi_{\text{grav}} = -G \frac{m}{r}$$

Električni potencijal:

$$\varphi_{\text{el}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$$

Gravitacijska potencijalna energija:

$$E_p^{\text{GRAV}} = -G \frac{m_1 m_2}{r}$$

Električna potencijalna energija:

$$E_p^{\text{EL}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r}$$

Elastični sudar je sudar pri kojem je očuvana ukupna kinetička energija.

Brzine nakon centralnog elastičnog sudara:

$$v_1' = \frac{2m_2 v_2 + v_1 (m_1 - m_2)}{m_1 + m_2} \quad \text{i} \quad v_2' = \frac{2m_1 v_1 + v_2 (m_2 - m_1)}{m_1 + m_2}$$

Neelastični sudar je sudar pri kojemu ukupna kinetička energija nije očuvana. U potpuno neelastičnom sudaru se tijela nakon sudara slijepe.

Promjena unutrašnje energije pri potpuno neelastičnom sudaru:

$$Q = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \frac{(v_1 - v_2)^2}{2}$$

1.3. Primjene zakona očuvanja: sudari

1. Tane mase 100 g udari u metu mase 9900 g. Ako se nakon udara meta i tane zajedno gibaju brzinom $1,2 \text{ ms}^{-1}$, kolika je bila brzina taneta prije udara u metu?

Rješenje: $1,2 \cdot 10^2 \text{ ms}^{-1}$

2. Metak mase 15 g ispaljen je u komad drveta mase 20 kg koji je pričvršćen za oprugu. Brzina metka je 350 ms^{-1} . Ako je konstanta opruge 30 Nm^{-1} , za koliko će se opruga stisnuti? Pretpostavite da metak neće ući u drvo.

Rješenje: 21,4 cm

1. Metak mase m ima brzinu v i sudari se s većom kuglom mase $2m$ koja ide u suprotnom smjeru te se zabije u nju. Ako je brzina tijela nakon sudara jednaka $\frac{v}{4}$ i u smjeru je gibanja metka, kolika je bila brzina veće kugle?

Rješenje: $\frac{v}{8}$

2. Metak mase m ima brzinu v i sudari se s većom kuglom mase $2m$ koja miruje. Metak prođe kroz kuglu i nastavi dalje brzinom $\frac{v}{4}$. Kolika je brzina kugle mase $2m$ nakon sudara?

Rješenje: $\frac{3}{8}v$

3. Metak mase m ima brzinu v , sustigne veću kuglu mase $2m$ i zabije se u nju. Nakon sudara kugla ima brzinu $\frac{v}{2}$. Kolika je bila brzina veće kugle mase $2m$ prije sudara?

Rješenje: $\frac{1}{4}v$

4. Kuglica mase 500 g naleti brzinom v_1 na mirnu kuglicu i elastično se od nje odbije te se vraća po istom pravcu upola manjom brzinom. Kolika je masa druge kuglice?

Rješenje: 1,5 kg

5. Klizač mase 70 kg stoji na ledu i u ruci ima kuglu mase 5 kg. Baci kuglu u horizontalnom smjeru i dobije brzinu od $1,5 \text{ ms}^{-1}$. Umjesto da uhvati kuglu, klizačica mase 50 kg odgurne od sebe kuglu i počne se klizati. Kugla se vraća natrag istom brzinom kojom je došla do klizačice.

a) Kolika je brzina klizanja klizačice?

b) Koliki je rad izvršila klizačica pri odguravanju kugle?

Rješenje: a) $4,2 \text{ ms}^{-1}$; b) 441 J

6. U mirni drveni blok mase 15 kg jedan za drugim udare dva metka, svaki mase 4,2 g. Koliku brzinu ima drveni blok nakon što ga pogodi drugi metak, ako je brzina metaka jednaka 1200 ms^{-1} ?

Rješenje: $0,67 \text{ ms}^{-1}$

2.1. Još o inercijskim sustavima

2.2. Relativnost u klasičnoj mehanici

2.3. Posebna teorija relativnosti

2.4. Osnovne ideje opće teorije relativnosti

Galilejeve transformacije povezuju koordinate dvaju inercijskih sustava čija je relativna brzina mala u usporedbi s brzinom svjetlosti.

$$x' = x - vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

Klasično zbrajanje brzina:

$$v = v' + u$$

Brzina svjetlosti je brzina kojom se elektromagnetski valovi šire u vakuumu.

$$c = 299792458 \text{ ms}^{-1}$$

Ista je u svim inercijskim sustavima i ujedno je granična brzina za tijela u prostoru.

Lorentzov faktor je skraćeni zapis relativističkog faktora:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}},$$

gdje je $\beta = \frac{v}{c}$.

Lorentzove transformacije povezuju koordinate dvaju inercijskih sustava čija je relativna brzina velika ili mala u usporedbi s brzinom svjetlosti.

$$x' = \gamma(x - \beta ct)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$ct' = \gamma(ct - \beta x)$$

Kontrakcija duljine je skraćivanje duljine u smjeru gibanja, gledano iz vanjskog sustava.

$$l = \frac{l_0}{\gamma}$$

Dilatacija vremena je produljenje vremena u sustavu koji se giba, gledano iz vanjskog sustava.

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0$$

Relativističko zbrajanje brzina:

$$v = \frac{v' + u}{1 + \frac{uv'}{c^2}}$$

Relativistička količina gibanja:

$$\vec{p} = \gamma m \vec{v}$$

Ukupna relativistička energija:

$$E = \gamma mc^2$$

$$E = E_0 + E_k$$

Energija mirovanja:

$$E_0 = mc^2$$

Relativistička kinetička energija:

$$E_k = E - E_0 = \gamma mc^2 - mc^2 = (\gamma - 1) mc^2$$

2.3. Posebna teorija relativnosti

1. Kojom se brzinom čestica mora gibati da bi se količina mirne čestice utrostručila?

$$\text{Rješenje: } \frac{2\sqrt{2}}{3}c$$

2. U mirnom vagonu s visine 1 m isпустimo kovanicu. Za koje vrijeme kovanica udari o dno vagona? Promatrač u vagonu vlaka koji jednoliko pravocrtno prolazi pokraj nas brzinom od 25 ms^{-1} mjeri vrijeme padanja naše kovanice. Kakav je njegov rezultat? Komentirajte rezultat s obzirom na mogućnost mjerenja.

$$\text{Rješenje: } \Delta t = 0,45 \text{ s} \cdot (1 + 3,5 \cdot 10^{-15}). \text{ Ispravak nije moguće izmjeriti.}$$

3. Neka se u prethodnom zadatku umjesto u vlaku promatrač nalazi u avionu koji leti brzinom od 2500 ms^{-1} , odnosno u raketi koja se giba brzinom od $0,9c$. Kakav je sada rezultat?

$$\text{Rješenje: } \Delta t_1 = 0,45 \text{ s} \cdot (1 + 3,5 \cdot 10^{-11}); \Delta t_2 = 1 \text{ s}$$

4. Promatrač se nalazi u raketi koja nadleti pistu za spuštanje brzinom od $0,92c$. Izmjeri da je duljina piste 1960 m. Kolika je duljina piste kada se raketa prizemljuje brzinom od 200 ms^{-1} ?

$$\text{Rješenje: } 5000 \text{ m}$$

5. Promatrač gleda raketu i ustanovi da je raketa duljine L skraćena za 2%. Kojom se brzinom u odnosu na promatrača giba raketa?

$$\text{Rješenje: } 0,2c$$

6. Raketa putuje brzinom od $0,9c$ udaljavajući se od Zemlje. Iz rakete su prema Zemlji poslana dva svjetlosna signala u razmaku od devet sati, prema satu u raketi. U kojem će razmaku ti signali stići na Zemlju?

$$\text{Rješenje: } 20,6 \text{ h}$$

7. Da bi znale odrediti relativne brzine, rakete sa strane imaju nacrtane mjerne štapove duljine 1 m. Promatrač u raketi A izmjeri da je štap na raketi B dug $0,93 \text{ m}$. Kolika je relativna brzina kojom se rakete mimoilaze? Koju će duljinu štapa na raketi A izmjeriti promatrač u raketi B?

$$\text{Rješenje: } v = 0,37c; L_B = 0,93 \text{ m}$$

8. Kolikom se brzinom mora gibati neko tijelo da odgovarajuća vrijednost γ bude 1% veća od vrijednosti γ kada tijelo miruje?

$$\text{Rješenje: } 0,14c = 4,2 \cdot 10^7 \text{ ms}^{-1}$$

9. Izračunajte vrijednost γ za česticu koja se giba upola sporije od brzine svjetlosti.

$$\text{Rješenje: } 1,15$$