



ფიზიკის შესავალი - I

ლექცია 6

იმპულსი

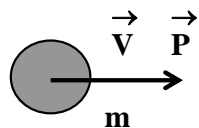
დაჯახებები ერთ განზომილებაში
იმპულსის შენახვის კანონი

იმპულსი

სხეულის იმპულსი ვექტორული სიდიდეა და უდრის მისი მასისა და სიჩქარის ნამრავლს

$$\vec{P} = m \vec{V}$$

$$\begin{aligned} P_x &= m V_x \\ P_y &= m V_y \\ P_z &= m V_z \end{aligned}$$



წინა ლექციაში

ძალა და ძალის ტიპები
ძალთა ტოლქმედი
ინერცია

ნიუტონის პირველი კანონი
ნიუტონის მეორე კანონი
ნიუტონის მესამე კანონი

ძალა და იმპულსი

ნიუტონის მეორე კანონი: $\vec{F} = m \vec{a}$

აჩქარება: $\vec{a} = \Delta \vec{V} / \Delta t$

$$\vec{F} = m \Delta \vec{V} / \Delta t = \Delta \vec{P} / \Delta t \quad (F = dP/dt)$$

$$\Delta \vec{P} = \vec{F} \Delta t$$

სხეულზე მინიჭებული იმპულსი უდრის მასზე მოქმედი ძალის ნამრავლს დროის ინტერვალზე, რომლის განმავლობაშიც ეს ძალა მოქმედებდა

იმპულსის მინიჭება

სხეულისათვის ერთიდაიგივე იმპულსის მინიჭება შეიძლება ან მცირე ძალის დიდი ხნის განმავლობაში ზემოქმედებით, ან დიდი ძალის მცირე ხნის განმავლობაში ზემოქმედებით

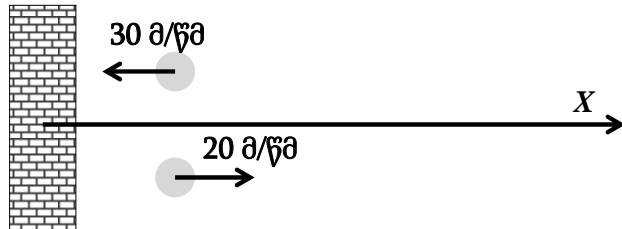
$$\Delta P = F_1 \Delta t_1 = F_2 \Delta t_2$$

$$F_1 \gg F_2, \quad \Delta t_1 \ll \Delta t_2$$

მაგალითად: ბურთისათვის იმპულსის მინიჭება თავისუფალი ვარდნისას და ჩოგანის დარტყმით



ამოცანა #1



დაჯახებამდე:

$$P_{x1} = m V_{x1} = 0.4 \text{ კგ} (-30 \text{ მ/წმ}) = -12 \text{ კგ მ/წმ}$$

შემდეგ: $P_{x2} = m V_{x2} = 0.4 \text{ კგ} 20 \text{ მ/წმ} = 8 \text{ კგ მ/წმ}$

$$\Delta P = F \Delta t$$

$$F = \Delta P / \Delta t = (P_{x2} - P_{x1}) / \Delta t = (8 - (-12)) / 0.01 = 2000 \text{ (ნ.)}$$

ამოცანა #1

0.4 კგ მასის სხეული ესროლეს აგურის კედელს. კედელთან დაჯახებისას სხეულის სიჩქარე იყო 30 მ/წმ, ხოლო არეკვლის შემდეგ სხეულის სიჩქარე იყო 20 მ/წმ. სხეული კედელთან კონტაქტში იმყოფებოდა 0.01 წმ განმავლობაში. იპოვეთ რა ძალით იმოქმედა კედელმა სხეულზე.

იმპულსი და ურთიერთქმედება

ორი იზოლირებული სხეულის ურთიერთქმედება:

ნიუტონის III კანონი: ქმედება უდრის უკუქმედებას;

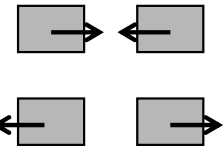
$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

$$F_1 = \Delta P_1 / \Delta t$$

$$F_2 = \Delta P_2 / \Delta t$$

$$F_1 + F_2 = (\Delta P_1 + \Delta P_2) / \Delta t = 0$$

$$\vec{\Delta P}_1 + \vec{\Delta P}_2 = 0$$



იმპულსის შენახვის კანონი

ჩაკეტილ სისტემაში სხეულების იმპულსების ჯამი მუდმივია

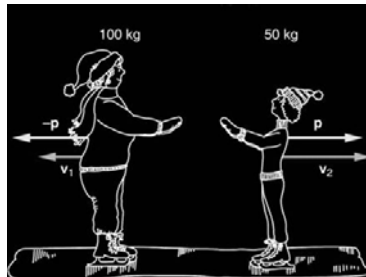
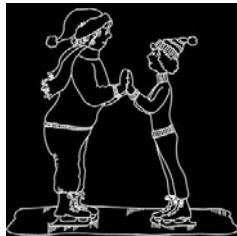
$$\vec{P} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \dots = m_1 \vec{V}_1 + m_2 \vec{V}_2 + \dots = \text{constant}$$

თუკი სისტემაზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია, მაშინ სისტემის ჯამური იმპულსი არ იცვლება

$$\vec{F} = \Delta \vec{P} / \Delta t = 0, \quad \Delta \vec{P} = 0, \quad \vec{P} = \text{constant}$$

მაგალითი

იმპულსის შენახვა სხვადასხვა მასის სხეულების ურთიერთქმედებისას:



$$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 = 0, \quad m_1 V_1 - m_2 V_2 = 0, \\ m_1/m_2 = V_2 / V_1$$

იმპულსის შენახვის კანონი

იმპულსის შენახვის კანონი გეგმილებში:

$$P_{1x} + P_{2x} + \dots = m_1 V_{1x} + m_2 V_{2x} + \dots = C_1$$

$$P_{1y} + P_{2y} + \dots = m_1 V_{1y} + m_2 V_{2y} + \dots = C_2$$

$$P_{1z} + P_{2z} + \dots = m_1 V_{1z} + m_2 V_{2z} + \dots = C_3$$

იმპულსი ყოველი ღერძის გასწვრივ შეიძლება იყოს სხვადასხვა:

$$C_1 \neq C_2 \neq C_3 \\ C_1, C_2, C_3 = \text{constant}$$

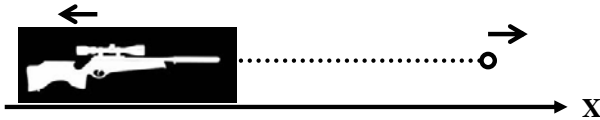
ამოცანა #2

თოფიდან გასროლისას 5 გრამიანი ტყვია იღებს 300 მ/წმ საწყის სიჩქარეს. დათვალეთ რა სიჩქარით მოხდება დაუმადრებელი თოფის უკუცემა, თუ მისი მასაა 3 კგ. რა სიჩქარით მოხდება თოფის უკუცემა თუკი ის მყარად უკავია მონადირეს, რომლის მასაა 77 კგ?

ტყვიის მასა: 5 გრ = 0.005 კგ

ყველა სიდიდე გადაგვყავს SI სისტემის ერთეულებში

ამოცანა #2



$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 = 0$ (საწყისი იმპულსი ნულის ტოლია)

$V_1 = 300$ მ/წმ

$V_2 < 0$ (= ?)

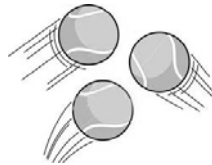
$m_1 V_1 - m_2 V_2 = 0 \quad V_2 = m_1/m_2 V_1$

1) $m_2 = 3$ კგ, $V_2 = 0.005/3 \times 300 = 0.5$ მ/წმ

2) $m_2 = (3+77)$ კგ, $V_2 = 0.005/80 \times 300 = 0.02$ მ/წმ

დაჯახებები

სხეულების დაჯახება:
 აბსოლუტურად დრეკადი
 დაჯახება: გაფანტვა



აბსოლუტურად არადრეკადი
 დაჯახება: შეერთება



რეალური დაჯახებები:
 არადრეკადი,
 ნაწილობრივი გაფანტვა



იმპულსის შენახვა სროლისას

6_shooting_wrong

აბსოლუტურად არადრეკადი დაჯახება

ბურთს ვესვრით
 პლასტელინს.

იმპულსის შენახვა:

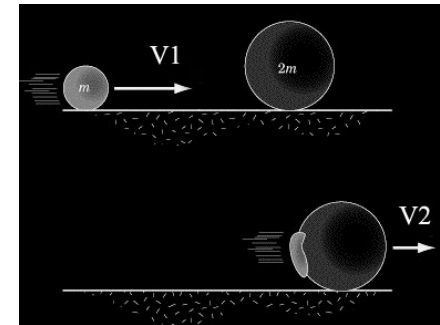
საწყისი: $m V_1$

საბოლოო: $(M+m) V_2$

$m V_1 = (M+m) V_2$,

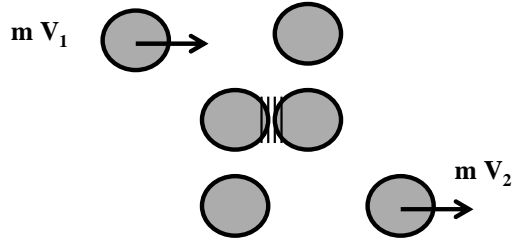
$V_2 = m / (M+m) V_1$

$m / (M+m) < 1$, $V_2 < V_1$



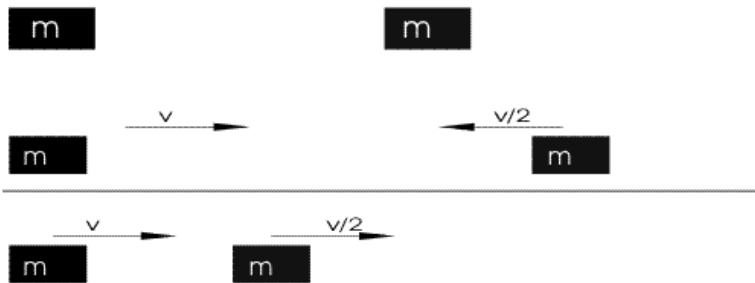
დრეკადი დაჯახება

ტოლი მასის ბურთულების დრეკადი დაჯახება
 მაგალითი: ბილიარდის ბურთულები



იმპულსის სრული გადაცემა: $m V_1 = m V_2$

დრეკადი დაჯახებები



გადასვლა ერთ-ერთი მოძრავი სხეულის სისტემაში:
 გალილეის გარდაქმნები

იმპულსის გადაცემა

6_transfer

დრეკადი დაჯახებები

დრეკადი დაჯახებები და იმპულსის გადაცემები
 ერთიდაიგივე მასის ბურთულებისათვის.
 მაგალითი: “ნიუტონის აკვანი”

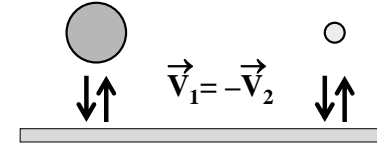


იმპულსის გადაცემა: “ნიუტონის აკვანი”

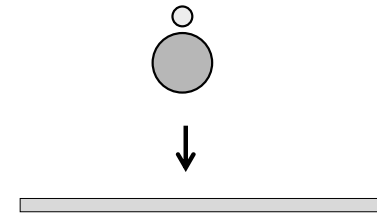
6_newton

გალილეის ქვემეხი

სხვადასხვა მასის
სხეულების ვარდნა:
(დრეკადი არეკვლა)

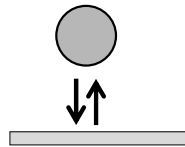


სხვადასხვა მასის
სხეულების ერთად
ვარდნა და არეკვლა:



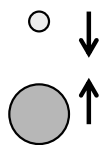
გალილეის ქვემეხი

1.) მძიმე ბურთის დრეკადი არეკვლა:
დაცემის სიჩქარე უდრის არეკვლის
სიჩქარეს: V



2.) პატარა ბურთის დრეკადი
დაჯახება არეკვლილ დიდ
ბურთთან.

არეკვლის სიჩქარე: V_1
 $M \gg m, V_1 \gg V$



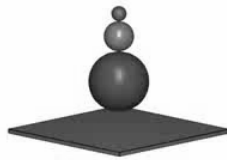
არეკვლისას პატარა ბურთი იძენს ვარდნის სიჩქარეზე
გაცილებით მეტ სიჩქარეს

გალილეის ქვემეხი



დამოუკიდებლად: კალათბურთის და ჩოგბურთის ბურთები

გალილეის ქვემეხი: სიჩქარეები



IMPETUS AFEXI SOUVER

მასათა ცენტრი

სისტემის მასათა ცენტრი დამოკიდებულია
სისტემაში შემავალი მასების განაწილებაზე

$$\vec{r} = (m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 + \dots) / (m_1 + m_2 + \dots)$$

კომპონენტებში:

$$x_c = (m_1 x_1 + m_2 x_2 + \dots) / (m_1 + m_2 + \dots)$$

$$y_c = (m_1 y_1 + m_2 y_2 + \dots) / (m_1 + m_2 + \dots)$$

$$z_c = (m_1 z_1 + m_2 z_2 + \dots) / (m_1 + m_2 + \dots)$$

ეფექტური სიჩქარე

სხეულების სისტემის ჯამური იმპულსი:

$$\vec{P} = m_1 \vec{V}_1 + m_2 \vec{V}_2 + \dots$$

სისტემის სრული მასა: $M = (m_1 + m_2 + \dots)$

წარმოსახვითი სხეული: $\vec{P} = M \vec{V}$

სისტემის როგორც ერთი სხეულის ეფექტური
სიჩქარე:

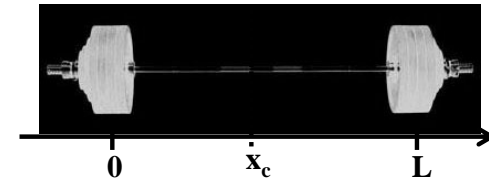
$$\vec{V} = (m_1 \vec{V}_1 + m_2 \vec{V}_2 + \dots) / (m_1 + m_2 + \dots)$$

რთული სხეულის მასათა ცენტრი

ტვირთის მასა:

$$2M$$

სიგრძე: L



მასათა ცენტრი: $x_c = (x_1 m_1 + x_2 m_2) / (m_1 + m_2)$

$$x_c = (0 M + L M) / (M + M) = L M / (2M) \quad x_c = L/2$$

ერთ-ერთი მასის ადგილის ცვლილება მასათა
ცენტრის ცვლილების გარეშე:

$$L M \rightarrow 2L M/2 \rightarrow 4L M/4 \text{ ("მხარის" ცვლილება)}$$

მასათა ცენტრის სიჩქარე

ყოველი სხეულის სიჩქარე: $\vec{V}_i = \Delta \vec{r}_i / \Delta t$

მასათა ცენტრის სიჩქარე:

$$\Delta \vec{r} = (m_1 \Delta \vec{r}_1 + m_2 \Delta \vec{r}_2 + \dots) / (m_1 + m_2 + \dots)$$

$$\vec{V} = (m_1 \vec{V}_1 + m_2 \vec{V}_2 + \dots) / (m_1 + m_2 + \dots)$$

$$\vec{V} = \vec{P} / M$$

მასათა ცენტრის სიჩქარე უდრის სრული იმპულსის სრულ მასასთან ფარდობას

მასათა ცენტრის აჩქარება

მოდრაობის კანონი მასათა ცენტრისათვის: $\vec{a} = \Delta \vec{V} / \Delta t$

$$\Delta \vec{V} = (m_1 \Delta \vec{V}_1 + m_2 \Delta \vec{V}_2 + \dots) / (m_1 + m_2 + \dots)$$

$$\vec{a} = (m_1 \vec{a}_1 + m_2 \vec{a}_2 + \dots) / M$$

$$M \vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = \Sigma \vec{F}_{\text{გარე}} + \Sigma \vec{F}_{\text{შიდა}}$$

ნიუტონის III კანონი: შიდა ძალების ჯამი ნულის ტოლია (ქმედება-უკუქმედება წყვილები)

$$\Sigma \vec{F}_{\text{შიდა}} = 0$$

მასათა ცენტრის მოძრაობა

იმპულსის შენახვის კანონი: თუკი სისტემაზე გარეშე ძალები არ მოქმედებენ, სრული იმპულსი არ იცვლება.

$$\vec{V} = \vec{P} / M$$

თუკი არ იცვლება სრული მასა ($M = \text{const}$) მუდმივია მასათა ცენტრის სიჩქარეც.

სისტემაში მასათა შიდა გადანაწილება არ მოქმედებს მასათა ცენტრის მოძრაობაზე

მასათა ცენტრის მოძრაობა

$$\Sigma \vec{F}_{\text{გარე}} = M \vec{a}$$

სისტემაზე მოქმედი გარე ძალების ჯამი ტოლია სისტემის სრული მასისა და მასათა ცენტრი აჩქარების ნამრავლს

სისტემის მასათა ცენტრის მოძრაობის კანონი: ნიუტონის მეორე კანონი რთული სისტემებისათვის

მასათა ცენტრი

კუთხით გასროლილი სხეული:

1) საკუთარი მოძრაობა:

მოძრაობა სიმძიმის ცენტრის ცვლილების გარეშე

2) სიმძიმის ცენტრის მოძრაობა:

გარეშე ძალა:

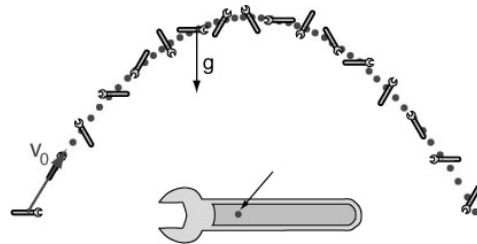
სიმძიმის ძალა:

სიმძიმის ცენტრის

მოძრაობის

ტრაექტორია:

პარაბოლა



მასათა ცენტრის მოძრაობა

სიმაღლეში მხტომელის მასათა ცენტრი



მასათა ცენტრის მოძრაობა სხეულის გაფანტვა და მასათა ცენტრი



სხეულების მასათა ცენტრის მოძრაობა



მოდრაობა ცვალებადი მასით

რეაქტიული მოძრაობა: მასის ნაწილი
გამოიტყორცნება დიდი სიჩქარით სხეულის
მოძრაობის საპირისპიროდ

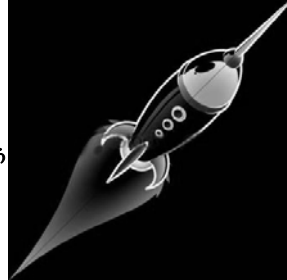
$$M \Delta v = \Delta m V_0$$

რაკეტის სიჩქარის მატება: Δv

რეაქტიული ჭავლის სიჩქარე: V_0

$$\Delta v / V_0 = \Delta m / M$$

$$\Delta v \ll V_0, \Delta m \ll M$$



მოდრაობა ცვალებადი მასით

$$\cancel{m} V = \cancel{m} V + m dV - \cancel{dm} V - V \cancel{dm} + V/dm - V_1 dm$$

$$m dV = V_1 dm$$

$$dm/m = dV/V_1$$

თუკი $V_1 = \text{Constant}$

$$V + C_1 = V_1 (\ln(m) + C_2)$$

$$V + V_0 = V_1 (\ln(m) - \ln(m_0))$$

$$V = V_0 + V_1 \ln(m/m_0)$$

მოდრაობა ცვალებადი მასით

რაკეტა: V

საწვავის გამოტყორცნის სიჩქარე: V_1

საწვავის სიჩქარე: $V - V_1$

მყისიერად გამოტყორცნილი საწვავის მასა: dm

რაკეტის საწყისი იმპულსი: $m V$

ცვლილების შემდეგ: $(m-dm)(V+dV)$

საწვავის იმპულსი: $dm (V-V_1)$

$$m V = (m-dm)(V+dV) + dm (V-V_1)$$

მოდრაობა ცვალებადი მასით

ვთქვათ რეაქტიული ჭავლის ნაკადი მუდმივია.
დროში მასის კარგვა მუდმივი სიჩქარით:

$$m(t) = \mu t/t_0$$

μ - რეაქტიულ ჭავლში მასის კარგვის სიჩქარე

t_0 - საწყისი მომენტი

$$V(t) = V_0 + V_1 \ln(\mu t / m_0 t_0)$$

ბოთლის რეაქტიული მოძრაობა



არ გაიმეოროთ დამოუკიდებლად!

www.tevza.org/home/course/phys2013

მოძრაობა და იმპულსი

ძალა და იმპულსი
იმპულსის შენახვის კანონი

დრეკადი და არადრეკადი დაჯახებები

მასათა ცენტრი
მასათა ცენტრის მოძრაობა

რეაქტიული მოძრაობა