8 – Ma`ruza
Saqlanish qonunlari.

Ma`ruzaning rejasi:

Saqlanish qonunlari. Energiyani bir turdan boshqasiga o`tish. Mexanizmlar va dvigatellar foydali ish koeffitsienti. Abadiy dvigatel. Energiya saqlanish qonunlari.

Saqlanuvchi kattaliklar.

Mexanik sistemani tashkil qilgan jismlar o`zaro bir-birlari bilan ta`sirlashishi, hamda berilgan sistemaga taaluqli bo`lmagan jismlar bilan o`zaro ta`sirlashishi mumkin. Shunga mos ravishda sistemaning jismlariga ta`sir etuvchi kuchlarni ichki va tashqi kuchlarga ajratish mumkin. Berilgan jismga sistemaning boshqa jismlari ko`rsatgan ta`sir kuchini ichki kuchlar, sistemaga kirmagan jismlarning ta`sir kuchini esa tashqi kuchlar deb ataymiz.

Agar sistemaga tashqi kuchlar ta`sir etmasa bunday sistemaga yopiq sistema deyiladi.

Kinetik energiya.

Additiv integral harakatlarni topamiz. Bitta zarrachadan iborat bo`lgan sistemani ko`ramiz.

Bu zarracha uchun harakat tenglamani yozamiz:

$$F = ma \qquad a = \frac{dv}{dt} \qquad F = m\frac{dv}{dt} \qquad (1)$$

Bu yerda F – zarrachaga ta`sir etuvchi kuchlarning teng ta`sir etuvchisi (1) tenglamani ikkala tomoniga zarrachani ko`chishi dS = vdt ni ko`paytiramiz:

$$mv \cdot vdt = F \cdot dS \qquad (2)$$

$$mv \cdot vdt = F \cdot dS$$

(2) formulani chap tomonini quyidagicha yozamiz:

$$mv \frac{dv}{dt} \cdot dt = md\left(\frac{v^2}{2}\right) = d\left(\frac{mv^2}{2}\right)$$

yani:

$$d\left(\frac{mv^2}{2}\right) = F \cdot dS \qquad (3)$$

Agar sistema yopiq sistema bo`lsa F = 0, u holda $d(mv^2/2) = 0$

$$F_k = \frac{mv^2}{2} \qquad (4)$$

bunga zarrachaning kinetik energiyasi deyiladi.

Agar zarracha izolyatsiyalangan bo`lsa uning kinetik energiyasi integral harakat bo`ladi.

(4) formulani surat maxrajiga m ni ko`paytirib, hamda mv kattalik jism impulsi ekanligini e`tiborga olib, kinetik energiya ifodasini quyidagicha yozamiz:

$$T = \frac{p^2}{2m} \qquad (5)$$

Agar zarracha F kuch ta`sir etsa, uning kinetik energiyasi o`zgarib boradi. Bu holda

$$d(mv^2/2) = F \cdot dS \qquad \textit{formuladan}$$

$$d \cdot A = F \cdot dS$$

$d \cdot A$ - skalyar kattalik bo`lib, F kuchning dS yo`ldagi bajargan ishi deyiladi. Demak ish harakatlanuvchi zarrachaga kuch ta`sir etganda uning energiyasini o`zgarishini xarakterlaydi.
(3) formulani integrallab

$$\int_1^2 d\left(\frac{mv^2}{2}\right) = \int_1^2 F \cdot dS$$

Bu tenglikni chap tomoni 1 va 2 nuqtalardagi kinetik energiyani o`zgarishini beradi.

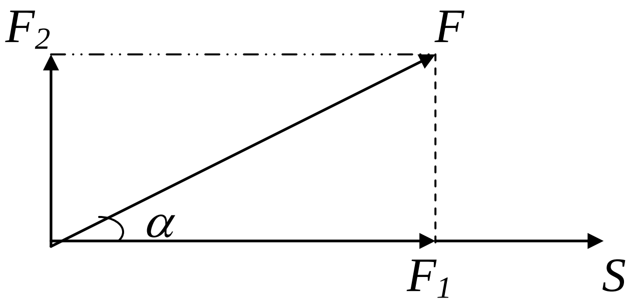
$$Ek_2 - Ek_1 = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = \int_1^2 F \cdot dS$$

Bu $$A_{1,2} = \int_1^2 F \cdot dS = \int_1^2 F_s \cdot dS$$

integral bizga ishni beradi. Demak, $A_{1,2} = Ek_2 - Ek_1$ zarrachaga ta`sir etayotgan hamma kuchlarning (natijaviy) teng ta`sir etuvchisining bajargan ishi, zarrachaning kinetik energiyasining o`zgarishiga teng.

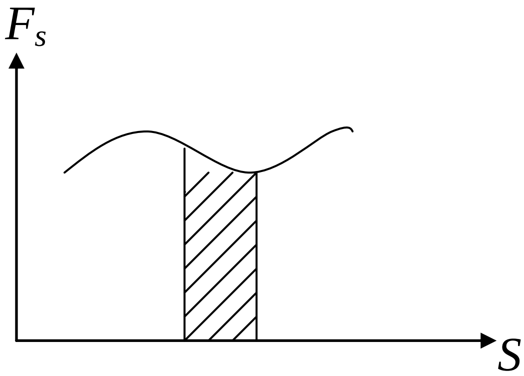
Ish.

Mexanik ishni batafsilroq ko`rib chiqamiz. Qo`yilgan kuch ta`sirida jismning ko`chishi natijasida mexanik ish bajariladi.



$A = F \cdot S \cos \alpha$ *kuch ham ko`chish ham vektor kattalik. Bu vektorlarning skalyar ko`paytmasi bizga skalyar miqdor ishni beradi. Shunday qilib ish jismning ko`chish kattaligini kuchga hamda ko`chish bilan kuch yo`nalishlari orasidagi burchak kosinusiga ko`paytmasi bilan ifodalanadi.*

Agar kuch bilan ko`chish yo`nalishi orasidagi burchak o`tkir burchak bo`lsa (cos $\alpha > 0$*, ish musbat. Agar* α *- o`tmas burchak bo`lsa cos* $\alpha < 0$*), ish manfiy. Agar cos* $\alpha = \pi/2$ *bo`lsa ish nolga teg bo`ladi. Quyidagi rasmda kuchning ko`chish yo`nalishiga proeksiyasini* F_s *ni yo`lga S ga bog`lnish grafigi ko`rsatilgan.*



Rasmdan elementar ish $dA = F_s dS$ *ga teng*

To`liq bajarilgan ishni topish uchun, butun elementar ishlarni yig`ib chiqamiz.

$$\int dA = \int_s F_s \cdot dS\ ; \qquad A = \int_s F_s \cdot dS$$

Bir birlik vaqtda bajarilgan ishga quvvat deyiladi. Agar dt vaqt ichida dA ish bajarilsa, u holda quvvat

$$P = \frac{dA}{dt}$$

dA = F·dS ga teng ekanligini e`tiborga olib

$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{F \cdot dS}{dt} = Fv$$

Demak, quvvat kuch bilan tezlik vektorlarning skalyar ko`paytmasiga teng.

Xalqaro birliklar sistemasida ish Joulda o`lchanadi 1J = 1N·1m

Quvvat Vattda o`lchanadi 1Vatt = 1J/1sek

XB, CGC va MKGCC sistemalari orasida quyidagi bog`lanish mavjud.

1J = 1N·1m = 10^5 dn 10^2 sm =10 erg.

1kgk m = 1kg 1m = 9.81N 1m = 9,81 = J

1Vt = 10^7erg/s

MKGCC sistemada 1 ot kuchi = 75 kg km/s = 736 Vt

Kuchlarning potensial maydoni. Konservativ va nokonservativ kuchlar.

Agar fazoning har bir nuqtasida jismga boshqa jismlar nuqtadan nuqtaga qonuniyat bilan o`zgarib boruvchi kuch bilan ta`sir qilib turgan bo`lsa, jism kuchlar maydonida turibdi deyiladi.

Masalan, yer sirtiga yaqin joyda jismga og`irlik kuchlari ta`sir qiladi. Fazoning har bir nuqtasida unga vertikal bo`ylab pastga yo`nalgan P = mg kuch ta`sir qiladi. Og`irlik kuchi *maydoni ham kuchlarning markaziy maydoniga misol bo`la oladi. Bu maydon shu bilan xarakterlanadiki, u egallagan fazoning istalgan nuqtasida ta`sir qiluvchi kuch biror markaz orqali o`tadi, kuchning kattaligi esa faqat shu markazgacha bo`lgan masofagagina bog`liq bo`ladi.*

$$F = F(r)$$

Agar maydonning hamma nuqtalarida zarrachaga ta`sir qiluvchi kuchning kattaligi va yo`nalishi o`zgarmasa (F = const) maydon bir jinsli maydon deyiladi.

Vaqt bo`yicha maydon o`zgarib borsa, bunday maydonga stasionar bo`lmagan maydon deyiladi. Vaqt bo`yicha maydon o`zgarmasa bunday maydonga stasionar maydon deyiladi.

Stasionar maydonda maydon kuchlarning zarracha ustida bajargan ishi yo`lning shakliga bog`liq bo`lmay zarrachaning boshlang`ich va oxirgi vaziyatlariga bog`liq bo`ladi. Bu holda kuchlar maydoni potensial maydon, kuchlarining o`zlari esa konservativ kuchlar deb ataladi. Bajargan ishi jism bir holatdan ikkinchi holatga qanday yo`l bilan o`tganligiga bog`liq bo`lgan kuchlar konservativ bo`lmagan kuchlar deyiladi.

Konservativ kuchlarning yopiq yo`lda bajargan ishi nolga teng. Ya`ni:

$$A_{1,2} = \int_{r_1}^{r_2} F(r)dr \qquad A_{1,2} = \oint F(r)dr = 0$$

$$\oint F(r)dr = o \ \text{ - konservativlik sharti.}$$

Potensial energiya.

Yerga nisbatan ko`tarilgan jismning potensial energiyasi bo`ladi, chunki jismning energiyasi jism bilan Yerning o`zaro holatiga va o`zaro ta`siriga bog`liqdir. Odatda Yer sirtida yotgan jismning potensial energiyasini nolga teng deb olinadi. Potensial energiyaga faqat o`zaro ta`sirlashuvchi jismlar *sistemasigina emas, balki alohida olingan elastik deformatsiyalangan jism (masalan, qisilgan yoki cho`zilgan purjina) ham ega bo`lishi mumkin. Bu holda potensial energiya jismning ayrim qismlari bir-birlariga nisbatan qanday joylashganligiga bog`liq bo`ladi.*

$$A = F \cdot h = mg \cdot h$$

Demak, biror balanlikka ko`tarilgan jismning potensial energiyasi jism og`irligining shu balandlikka ko`paytmasiga teng. Agar biror jism h balandlikdan tushayotgan bo`lsa, uning potensial energiyasini kamayishi hisobiga og`irlik kuchi ish bajaradi.

$$A_{12} = Ep_1 – Ep_2$$

yoki $$A_{12} = mgh_1 – mgh_2$$

ga teng bo`ladi.

Jismlar sistemasining to`liq mexanik energiyasi.

Umumiy holda jism bir vaqtda ham kinetik energiyaga, ham potensial energiyaga ega bo`lishi mumkin. Bu energiyalarning yig`indisi to`la mexanik energiyani tashkil qiladi. Masalan, Yer sirtidan h balandlikda Yerga nisbatan v tezlik bilan harakatlanayotgan jism

$$E = \frac{mv^2}{2} + mgh$$

to`la energiyaga ega bo`ladi.

Agar zarrachaga faqat konservativ kuchlar ta`sir qilsa 1-2 yo`lda, zarracha ustida bajarilgan ish quyidagiga teng. $A_{12} = Ep_1 - Ep_2$ *. Ikkinchi tomondan shu ish* $A_{12} = Ek_2 - Ek_1$ *ga teng. Demak,*

$$Ek_2 - Ek_1 = Ep_1 - Ep_2$$

ga teng bo`ladi.

$$Ek_2 - Ep_2 = Ek_1 + Ep_1$$

$E = E_k + E_p$ *bilan belgilaymiz. Bunga to`liq mexanik energiya deyiladi.*

$$E_1 = E_2 \qquad\qquad E = const$$

Konservativ kuchlar maydonida joylashgan zarrachaning to`liq mexanik energiyasi o`zgarmaydi. Ya`ni mexanik energiya integral harakat ekan.

Potensial maydon kuchlari konservativ kuchlardir. Maydon kuchlarini $\Pi(x,y,z,t)$ *funksiya bilan xarakterlash mumkin. Bu funksiyaning gradienti maydonning har bir nuqtasidagi kuchni aniqlaydi, ya`ni*

$$F = \nabla\Pi$$

Π *- potensial funksiya yoki potensial deyiladi. Agar potensial vaqtga bog`liq bo`lmasa,* $\Pi = \Pi(x,y,z)$ *potensial maydon stasionar maydon, maydon kuchlari esa – konservativ kuchlar bo`ladi. Bu holda*

$$\Pi(x,y,z) = -U(x,y,z)$$

bu yerda $U(x,y,z)$ *– zarrachaning potensial energiyasi.*

Potensial kuchlarning bajargan ishi yo`lning shakliga bog`liq bo`l-

may, zarrachaning boshlang`ich va oxirgi vaziyatlariga bog`liq bo`lsa, maydonning har bir nuqtasini U(x,y,z) funksiya bilan aniqlash mumkin.

Bu funksiyaning 1 va 2 nuqtalardagi qiymatlarini ayirmasi zarrachaning birinchi nuqtadan ikkinchi nuqtaga o`tishida maydon kuchlarining bajargan ishiga teng, ya`ni

$$A_{12} = U_1 – U_2$$

Ikkinchi tomondan ish zarracha kinetik energiyalarining o`zgarishiga teng. Demak, biz shunday tenglikka kelamiz.

$$T_2 – T_1 = U_1 – U_2$$

$$T_2 + U_2 = T_1 + U_1$$

yuqoridagi formuladan

$$E = T + U$$

E – to`liq mexanik energiya deyiladi.

Konservativ kuchlar maydonida joylashgan zarrachaning to`liq mexanik energiyasi o`zgarmaydi.

U – ga zarrachaning potensial energiyasi deyiladi.

U(x,y,z) funksiyani bilgan holda maydonning har bir nuqtasida zarrachaga ta`sir etayotgan kuchni topish mumkin. Zarraxhani X o`qi bo`ylab ko`chishini ko`rsak bunda $dA = F{\cdot}dS = F_x\, dx$ *ish bajariladi (dy va dz komponentlari nolga teng).*

Bu ish $A_{12} = U_1 – U_2$ *ga asosan potensial energiyaning kamayishi hisobiga bajariladi, ya`ni*

$$dA = - dU. \qquad \text{Buni}$$

$$dA = F{\cdot}dS = F_x\, dx \text{ bilan tenglashtirib,}$$

$$F_x\, dx = -dU$$

$$F_x = -dU/dx \ (y = const, z = const)$$

Funksiya U(x,y,z) da y_1 va z lar o`zgarmas bo`lgani uchun dU/dx ni xususiy hosilaga almashtiramiz, ya`ni $\partial U/\partial x$

$$F = -\partial U/\partial x$$

Kuchning y va z o`qlaridagi komponentlari uchun

$$F_x = \frac{-\partial U}{\partial x}; \qquad F_y = \frac{-\partial U}{\partial y}; \qquad F_z = \frac{-\partial U}{\partial z}$$

Komponentlarini bilgan holda kuch vektorini topish mumkin:

$$F = F_x e_x + F_y e_y + F_z e_z = -(\partial U/\partial x)e_x - (\partial U/\partial x)e_y - (\partial U/\partial x)e_z \quad (1)$$

Vektorning komponentlari

$$\partial\varphi/\partial x, \qquad \partial\varphi/\partial y, \qquad \partial\varphi/\partial z.$$

(bu yerda φ - x,y,z koordinatalarning skalyar funksiyasi) lariga φ - funksiyaning gradienti deyiladi va shunday belgilanadi.

$$grad\ \varphi \text{ yoki } \Delta\varphi$$

(Δ - Nabla operatori deyiladi).

Demak,

$$\Delta\varphi = (\partial U/\partial x)e_x + (\partial U/\partial x)e_y - (\partial U/\partial x)e_z \qquad (2)$$

(1) va (2) formulalarni bir-biriga taqqoslab konservativ kuch potensial energiya gradientini teskari ishora bilan olingan qiymatiga teng ekanligini ko`ramiz. Ya`ni

$$F = -\nabla U$$

Agar zarracha kuch ta`sirida dS(dx, dy, dz) ko`chayotgan bo`lsa, bunda bajarilgan ish quyidagiga teng bo`ladi.

$$dA = F \cdot dS = -\nabla U \cdot dS = -\left(\frac{\partial U}{\partial x} \cdot dx + \frac{\partial U}{\partial y} \cdot dy + \frac{\partial U}{\partial z} \cdot dz\right) \quad (3)$$

(3) formulaga U(x,y,z) funksiyaning to`liq differensiali deyiladi.
U(x,y,z) funksiyaning aniq ko`rinishi maydon kuchlarining xarakteriga bog`liq bo`ladi. Masalan, og`irlik kuchi maydonidagi zarrachaning potensial energiyasi shu kuchning zarracha ustida bajargan ishiga teng.

$$A_{12} = mg(h_1 - h_2)$$

ikkinchi tomondan

$$A_{12} = U_1 - U_2$$

$$U = mgh$$

h – ixtiyoriy satxdan olinadi.

Agar zarrachaga konservativ kuchlardan tashqari konservativ bo`lmagan kuchlar ham ta`sir qilsa, u holda bajarilgan ish quyidagiga teng bo`ladi.

$$A_{12} = U_1 - U_2 + A`_{12}$$

bu yerda $A`_{12}$ – konservativ bo`lmagan kuchlarning bajargan ishi.

Zarrachaga qo`yilgan kuchlarning yig`indi ishi shu zarrachaning kinetik energiyalarining o`zgarishigacha teng, ya`ni

$$T_2 - T_1 = U_1 - U_2 + A`_{12}$$

bunda T + U = E ga teng ekanligini e`tiborga olib

$$E_2 - E_1 = A`_{12}$$

ga ega bo`lamiz. Demak, nokonservativ kuchlarning bajargan ishi zarrachaning to`liq mexanik energiyasini o`zgarishiga teng.

N ta o`zaro ta`sirlashmaydigan zarrachalardan tashkil topgan sistema konservativ kuchlar maydonida bo`lsa, har bir zarrachani kinetik energiyasi $T_i = m_i v_i^2/2$ *(i – zarrachaning nomeri) va potensial energiyasi* $U_i = U_i(x_i, y_i, z_i)$ *i – chi zarracha uchun.*

$$E_i = T_i + U_i = const \qquad (4)$$

(4) chi formulani hamma zarrachalar uchun yig`ib chiqib quyidagiga ega bo`lamiz.

O`zaro ta`sirlashmaydigan N ta zarrachadan iborat bo`lgan, va faqat konservativ kuchlar ta`sir etayotgan sistemaning to`liq mexanik energiyasi o`zgarmaydi. Bunga energiyaning saqlanish qonuni deyiladi.

Oralarida faqat konservativ kuchlar ta`sir etayotgan yopiq sistemaning to`liq mexanik energiyasi o`zaro maydon energiyasining saqlanish qonuni deyiladi.

Agar zarracha konservativ kuchlardan tashqari, konservativ bo`lmagan kuchlar ham ta`sir qilsa, sistemaning to`liq mexanik energiyasi o`zgarmaydi

$$E_2 - E_1 = \Sigma(A`_{12})_i$$

bu yerda $A`_{12}$ *konservativ bo`lmagan kuchlar boshlang`ich holatdan oxirgi holatining i – chi zarrachani ko`chirishdan bajargan ishi.*

Agar sistemaga ishqalanish kuchlari ta`sir qilsa, sistemaning to`liq mexanik energiyasi kamayadi, (sochiladi) mexanik bo`lmagan turdagi energiyaga aylanadi. Ichki energiyaga aylanadi.Bunga energiyaning sochilishini hosil qiluvchi kuchlarga dissipativ kuchlar deyiladi. Ishqalanish kuchlari dissipativ kuchlar ekan.

Impulsning saqlanish qonuni.

Bizga N ta o`zaro ta`sirlashuvchi zarrachalardan tashkil topgan sistema berilgan bo`lsin. Sistemani i zarrachasini olaylik. i – zarrachaga ta`sir etuvchi ichki kuchlarni F_{ik} *va tashqi kuchlarni natijalovchisini* F_i *bilan belgilaylik.*

Sistema uchun harakat tenglamani yozamiz. $F = ma$

$$F = dP/dt$$

$$\frac{dP_1}{dt} = F_{12} + F_{13} + \ldots + F_{1k} + \ldots F_{1N} + F_1 = \sum F_{1k} + F_1$$

$$\frac{dP_2}{dt} = F_{21} + F_{23} + \ldots + F_{2k} + \ldots F_{2N} + F_2 = \sum F_{2k} + F_2$$

……………………………………………………………….

……………………………………………………………….

$$\frac{dP_i}{dt} = F_{i1} + F_{i2} + \ldots + F_{ik} + \ldots F_{iN} + F_i = \sum F_{ik} + F_i$$

$$\frac{dP_N}{dt} = F_{N1} + F_{i2} + \ldots + F_{NR} + \ldots F_{N,W1} + F_N = \sum F_{NR} + F_N$$

N ta tenglamani bir-biriga qo`shib,* $F_{12} + F_{21} = 0$ *teng ekanligi e`tiborga olib quyidagini olamiz.

$$\frac{d}{dt} = (P_1 + P_2 + \ldots P_N) = F_1 + F_2 + \ldots + F_N = \sum F_i \qquad (2)$$

Zarrachalarni impulslarini yig`indisiga mexanik sistemani impulsi deyiladi, ya`ni

$$P = \sum P_i = \sum m_i v_i$$

Demak, impuls additiv kattalik ekan. (2) chi formulani quyidagicha yozamiz.

$$\frac{dP}{dt} = \sum F_i$$

Agar sistemaga tashqi kuchlar ta`sir etmasa, ya`ni sistema yopiq bo`lsa impuls P o`zgarmas bo`ladi. Moddiy nuqtadan tashkil topgan yopiq sistemaning impulsi o`zgarmaydi. Bunga impulsning saqlanish qonuni deyiladi.

Masalalar markazi.

Jismni ilgarilanma harakatga keltiruvchi kuchlarning teng ta`sir etuvchisi qo`yilgan nuqtaga jismni massa markazi deyiladi. Massa markazi S ning holati r_s radius vektor orqali aniqlanadi.

$$r_s = \frac{m_1 r_1 + m_2 r_2 + \ldots + m_N r_N}{m} = \frac{\sum m_i r_i}{m} = \frac{\sum m_i r_i}{m}$$

bu yerda m_i – i – chi zarrachaning massasi. r_i – zarrachaning radius vektori.

m – sistemaning massasi

Dekart koordinatalar sistemasida massa markazining koordinatalari quyidagiga teng.

$$r_s = \frac{\sum m_i x_i}{m}; \qquad y_s = \frac{\sum m_i y_i}{m}; \qquad z_s = \frac{\sum m_i z_i}{m};$$

Og`irlik kuchining bir jinsli maydonida og`irlik markazi massa markazi bilan ustma-ust tushadi.

Sistemaning impulsi sistemaning massasini massa markazini tezligiga ko`paytmasiga teng.

$$P = mv_s$$

Radius vektordan hosila olib sistema massa markazining tezligini topamiz.

$$v_s = \frac{dr_s}{dt} = r_s = \frac{\sum m_i r_i}{m} = \frac{\sum m_i r_i}{m} = \frac{P}{m}$$

$$v_s = P/m$$

Yopiq sistema uchun $P = m/v_s = const$. Yopiq sistemaning massa markazi to`g`ri chiziqli tekis harakat qiladi yoki tinch holda bo`ladi.

Massa markazi tinch bo`lgan sanoq sistemaga u – sistema yoki inersial sanoq sistema deyiladi.

Impuls momentining saqlanish qonuni.

Biz ikkita additiv saqlanuvchi kattaliklarni ko`rdik: energiya va impuls.

Endi uchinchi kattalikni ya`ni impuls momentining saqlanish qonunini ko`ramiz. Buning uchun ikkita o`zaro ta`sirlashuvchi zarrachalardan iborat bo`lgan sistemani ko`ramiz. Bu sistemaga tashqi kuchlar ta`sir etayotgan bo`lsin. Zarrachalarni harakat tenglamalari quyidagicha bo`ladi:

$$m_1 \frac{dv_1}{dt} = F_{12} + F = 1 \quad (1)$$

$$m_L \frac{dv_2}{dt} = F_{21} + F_2 \quad (2)$$

Birinchi tenglamani chap tomoniga r_1 radius vektorni ikkinchi tenglamani chap tomoniga r_2 radius vektorni vektor ko`paytiramiz.

$$\begin{aligned} m_1[r_1,(dv_1/dt)] &= [r_1,F_{12}] + [r_1,F_1] \\ m_2[r_2,(dv_2/dt)] &= [r_2,F_{21}] + [r_2,F_2] \end{aligned} \quad (3)$$

$[r(dv/dt)]$ vektor ko`paytmani ochib uni $d/dt\ [r\ v]$ ga ekvivalent ekanligini ko`ramiz.

Haqiqtdan ham

(4)

bu yerda $[(dr/dt)v] = [v\ v] = 0$

$F_{21} = -F_{12}$ teng ekanligini e`tiborga olib (1) tenglamani quyidagicha yozamiz.

$$m_1 \frac{d}{dt}[r_1 v_1] = [r_1,F_{12}] + [r_1,F_1]$$

$$m_2 \frac{d}{dt}[r_2 v_2] = -[r_2,F_{12}] + [r_2,F_2] \quad (3)$$

tenglamadan massa skalyar kattalik ekanligini e`tiborga olib, hosila belgisi ostiga kiritamiz.

$$m\frac{d}{dt}(r\, v) = \frac{d}{dt}[r, mv] = \frac{d}{dt}[r, P]$$

(4)tenglamani e`tiborga olib (3) tenglamani bir-biriga qo`shamiz, u holda

$$\frac{d}{dt}([r_1\, P_1] + [r_2\, P_2]) = [(r_1 - r_2)F_{12}] + [r_1\, F_1] + [r_2\, F_2] \quad (5)$$

$r_1 - r_2$ va F_{12} lar kollinar vektorlar bo`lgani uchun ularning vector ko`paytmasi nolga teng. U holda (5) formula quyidagi ko`rinishni oladi.

$$dt\,([r_1\, P_1] + [r_2\, P_2]) = [r_1\, F_1] + [r_2\, F_2]$$

Agar sistema yopiq sistema bo`lsa, (5) tenglamani o`ng tomoni nolga teng, u holda

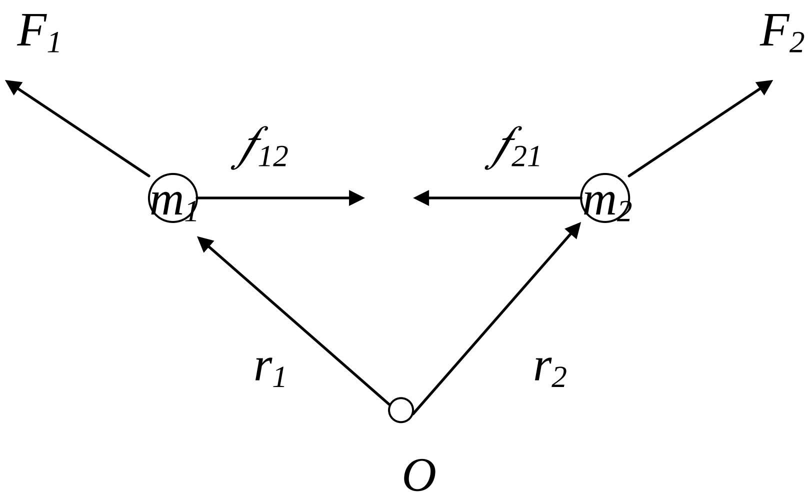
$$[r_1\, P_1] + [r_2\, P_2] = const \qquad (5`)$$

Demak, biz additiv saqlanuvchi kattalikka O nuqtaga nisbatan (rasm) impuls momentini aniqladik.

Bitta olingan zarracha uchun O nuqtaga nisbatan impuls momenti

$$L = [r_1\, P] = [r, mv]$$

Sistema uchun O nuqtaga nisbatan impuls momenti



$L = \sum L_i = \sum [r_i P_i]$

$M = [r\ F]$ ga kuch momenti ekanligini e`tiborga olib, (5`) formulani quyidagicha yozamiz.

$$\frac{dL}{dt} = \sum M_T \qquad\qquad \sum M_{ichki} = 0$$

$$\frac{dL}{dt} = \sum \tag{6}$$

(6) formula dP/dt = F ga o`xshash jism impulsidan vaqt bo`yicha olingan hosila shu jismga ta`sir etuvchi kuchlarning teng ta`sir etuvchisiga teng edi.

Biz energiyaning, impulsning , impuls mometining saqlanish qonunini ko`rdik. Bu saqlanish qonunlari mexanikaviy harakat va jismlarning o`zaro ta`siri haqidagi ta`limotning negizini tashkil etadi.

Saqlanish qonunlari tadqiqotchilar qo`lida o`ziga xos qudratli qurol bo`lib xizmat qiladi. Masalan, energiyaning saqlanish qonunidan sh xulosa kelib chiqadiki, energiya* *iste`mol qilmasdan ishlaydigan qurilmani (abadiy dvigatelni) yaratish mumkin emas.

Impuls momentining saqlanish qonuniga asoslanib quyosh tizimi tarkibidagi sayyoralarning harakati bilan bog`liq muammolar bevosita hal etiladi. Masalan, Quyosh va Oy tutilishi vaqtini oldindan aytib berish mazkur muammolarni yechish natijasi hisoblanadi.