



ШИНЖЛЭХ УХААН ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ
ХЭРЭГЛЭЭНИЙ ШИНЖЛЭХ УХААНЫ СУРГУУЛЬ
ФИЗИКИЙН ТЭНХИМ

Физик I (S.PH101)



Лекц №3



Сэдэв: Агуулга

Динамик

- Динамикийн судлах зүйл
- Ньютоны I, II, III хууль
- Импульс хадгалагдах хууль





Сэдэв: Динамик

Динамик нь хөдөлгөөн үүсэх шалтгааныг судалдаг механикийн бүлэг юм. Динамикийн бүлэг нь атом молекулын хөдөлгөөнөөс эхлээд од эрхэс, гарагуудын хөдөлгөөний учир шалтгааны үндсийг судална.

Физикт үндсэн 4 харилцан үйлчлэл байна. Үүнд:

1. Гравитацийн (бүх ертөнцийн таталцлын харилцан үйлчлэл)
2. Цахилгаан соронзон (цахилгаан соронзон орноор дамжина)
3. Хүчтэй эсвэл цөмийн (атомын цөм дэх бөөмийг холбоно)
4. Сул харилцан үйлчлэл (эгэл бөөмийн задрах процесст нөлөөлнө)





Хүч ба орон

Хүч- Нэг биеийг бусад биес ба хүчний орны зүгээс хөндөн үйлчилж, тэр биеийн хэмжээ хэлбэрийг өөрчилдөг, тэр биед хурдатгал олгодог механик үйлчлэлийн хэмжүүр болсон вектор хэмжигдэхүүн. Өөрөөр хэлбэл хүч нь харилцан үйлчлэлийг тодорхойлогч вектор хэмжигдэхүүн. Харилцан үйлчлэл нь хоорондоо хүрэлцэн шүргэх биеүүдийн хооронд төдийгүй (харимхай хүч, үрэлтийн хүч), бие биеэсээ алс байгаа биеүүдийн (бүх ертөнцийн таталцлын, цахилгаан соронзон хүч гэх) хооронд явагдана. Ө.х хүч бол орноор дамжин явагдах бөгөөд орны үйлчилгээний үр дүн юм.

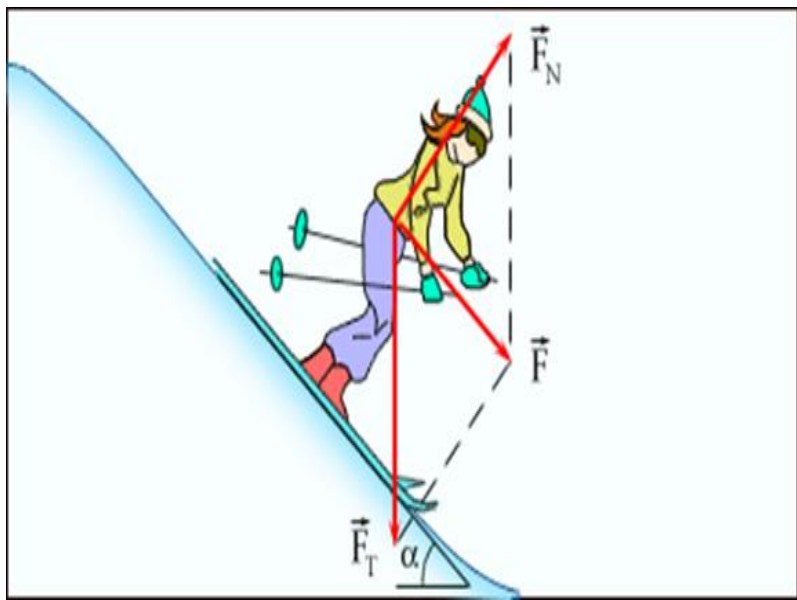
Физик орон-Бодисын бөөмсийг нэгдмэл системд холбож тэдгээрийн хоорондох харилцан үйлчлэлийг төгсгөлөг хурдтай дамжуулагч **материйн онцгой** дүрсийг **орон** гэж товчлон нэрлэдэг.

Хүчний хөндөх цэг, огторгуй дахь **чиглэл, модуль** өгөгдсөн тохиолдолд хүч мэдэгдэж байна гэж үздэг.

Хүчний үйлчлэлийн шугам- хүчний чиглэлийн дагуу татсан шулуун.



Сэдэв: Ньютоны хуулиуд



Ньютоны хуулиуд: Сонгодог механик, классик физик хэмээн нэрлэгдэх бидний эргэн тойронд ажиглагдах макро хөдөлгөөнийг судлах онолын тулгуур үндэс нь Ньютоны хуулиуд юм. Ньютон (1642-1727) Г.Галилей үндэс суурийг нь тавьсан сонгодог механикийг хөгжүүлж сонгодог механикийн үндэс болсон гурван хуулийг томъёолсон байна.

Ньютоны I хууль: Энэхүү хууль нь материйн инерцит шинж чанарын тухай юм. Бие гаднаас харилцан үйлчлэх хүртэл тайван байдаг эсвэл шулуун замын жигд хөдөлгөөнөө хадгална. Үүнийг Ньютоны I хууль гэх бөгөөд заримдаа инерцийн хууль гэж нэрлэдэг. Ньютоны I хууль биелэх тооллын системийг инерциал тооллын систем гэнэ.

Ньютоны I хуулийг томъёолбол:

$$\vec{F}=0 \Rightarrow \vec{v}=const \quad (3.1)$$

Энд биед хүч үйлчлэхгүй бол хурд нь хадгалагдана гэдгийг томъёолсон байна.

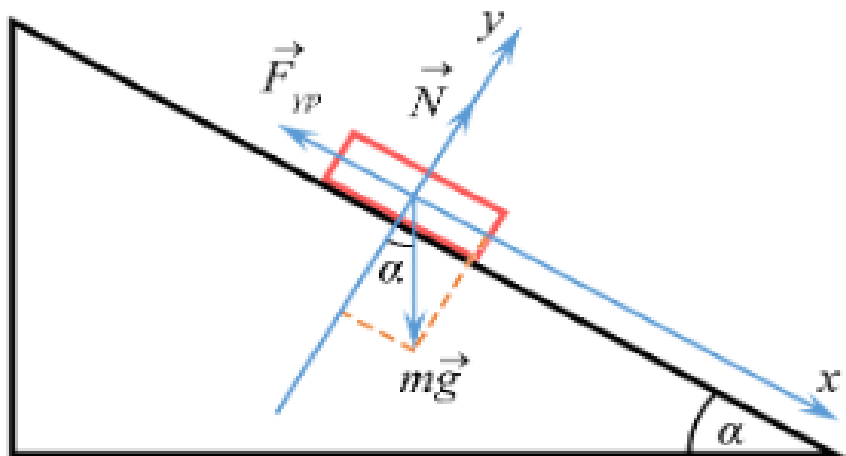


Сэдэв: Ньютоны хуулиуд

Ньютоны II хууль: Харилцан үйлчлэлийн хэмжээ чиглэлийг тодорхойлох хэмжигдэхүүн нь хүч юм. Биед гаднаас хүч үйлчилбэл биеийн хөдөлгөөний хэмжээ өөрчлөгдөнө. Үйлчилж байгаа хүчнүүдийн нийлбэрийг дүнгийн хүч гэнэ. Дүнгийн хүч нь биеийн масс ба хурдатгалын нийлбэртэй тэнцүү байна.

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (3.2)$$

3.1-р зурагт налуугаар гулсах биеийн хувьд үйлчлэх дүнгийн хүч нь $\vec{F} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{Үр}}$ учир Ньютоны II хуулир хөдөлгөөний тэгшитгэлийг бичвэл $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{Үр}}$. Хүч үйлчилснээр хурдатгалтай болж байгаа учир хөдөлгөөний тоо хэмжээ импульс өөрчлөгдөнө. Биеийн хөдөлгөөний тоо хэмжээ нь масс хурдны үржвэр байна.



$$\vec{P} = m\vec{v} \quad (3.3)$$

Масс нь тогтмол биеийн хувьд Ньютоны II хуулийг бичвэл:

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} \quad (3.4)$$

Энд $\vec{P} = m\vec{v}$ учир Ньютоны II хуулийг импульсээр илэрхийлбэл:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt} \quad (3.5)$$

Зураг 3.1. Налуугаар гулсах үед биед үйлчлэх хүчнүүд



Сэдэв: Ньютоны хуулиуд

Эндээс биеийн нэгж хугацаан дахь импульсийн өөрчлөлт нь хүчтэй тэнцүү байна. Энэ нь Ньютоны II хуулийн ерөнхий хэлбэр болно. 3.5-аас импульсийн өөрчлөлтийг олбол:

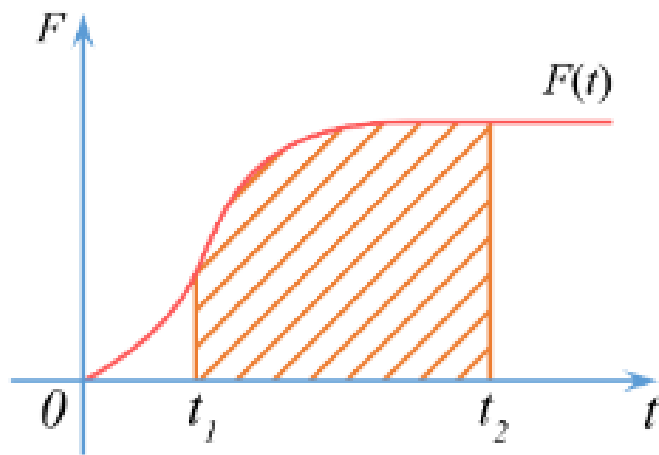
$$d\vec{P} = \vec{F} \cdot dt \quad (3.6)$$

Хүчийг үйлчилсэн хугацаагаар нь үржүүлсэн үржвэрийг хүчний импульс гэнэ. Иймд хүчний импульс нь импульсийн өөрчлөлттэй тэнцүү байна.

$$\Delta\vec{P} = \vec{F} \cdot \Delta t \quad (3.7)$$

Хувьсах хүч үйлчилж байвал биеийн импульсийн өөрчлөлтийг олбол

$$\Delta\vec{P} = \vec{P}_2 - \vec{P}_1 = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} \cdot dt \quad (3.8)$$



Энэ илэрхийллээс импульсийн нийт өөрчлөлт нь \vec{F} хүчийг хугацаагаар интегралчилсан утга буюу нийт хүчний импульстэй тэнцүү. 3.2- р зурагт үзүүлсэн жишээгээр хүчний импульсийн нэг проекц нь хүч хугацааны хамаарлын графикаар хашигдсан муруй шугамын трапецын талбайтай тэнцүү байна.

Зураг 3.2. Хүчний импульс



Сэдэв: Хувьсах масстай биеийн хөдөлгөөн

Сансрын хөлөг түлшээ цацаж байж хөдөлгөөнийхөө хэмжээ чиглэлээ өөрчилдөг ба энэ үед хөлгийн масс хувьсаж байна. Хувьсах масстай биеийн хувьд Ньютоны II хуулийг бичвэл

$$\vec{F} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}) = m \frac{d\vec{v}}{dt} + \vec{v} \frac{dm}{dt} \quad (3.9)$$

Сансрын хөлгийн хувьд түлшээ цацаж тийрэлт аван хөдлөх учир хувьсах масстай биеийн хөдөлгөөний жишээ болно. 3.9-р тэгшитгэл нь нэгж хугацаанд биеэс $\frac{dm}{dt}$ - масстай хэсэг тэг хурдтайгаар тасрах эсвэл нэгдэж байгаа үед бичигдэж байна. Сансрын хөлгийн хувьд хөлөгтэй харьцангуй \vec{u} хурдтайгаар түлш цацах бол импульс хадгалагдах хуулиар нэгж хугацаанд биеэс $\frac{dm}{dt}$ масстай түлш цацагдах учир хөлөгт dt хугацаанд нэмэлт $-(\vec{v} + \vec{u})dm$ импульс өгөгдөнө.



Иймд хүчний импульс нь:

$$\vec{F} \cdot dt = m d\vec{v} + \vec{v} dm - (\vec{v} + \vec{u}) dm \quad \text{болох учир}$$

$$\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} - \vec{v} \frac{dm}{dt} \quad (3.10)$$

Энэ тэгшитгэлд \vec{u} нь пуужинтай харьцангуй түлш цацагдах хурд бөгөөд энэ тэгшитгэлийг Мешерскийн тэгшитгэл гэнэ. \vec{F} хүчийг бага гэж үзэх буюу задгай сансарт m_0 масстай хөлөг u хурдтайгаар түлш цацан v хурдтай болоход масс нь m болно гэвэл

$$m \frac{dv}{dt} + u \frac{dm}{dt} = 0 \Rightarrow \int_0^v dv = -u \int_{m_0}^m \frac{1}{m} dm,$$

$$v = u \cdot \ln \frac{m_0}{m}, \quad m = m_0 e^{-\frac{v}{u}} \quad (3.11)$$

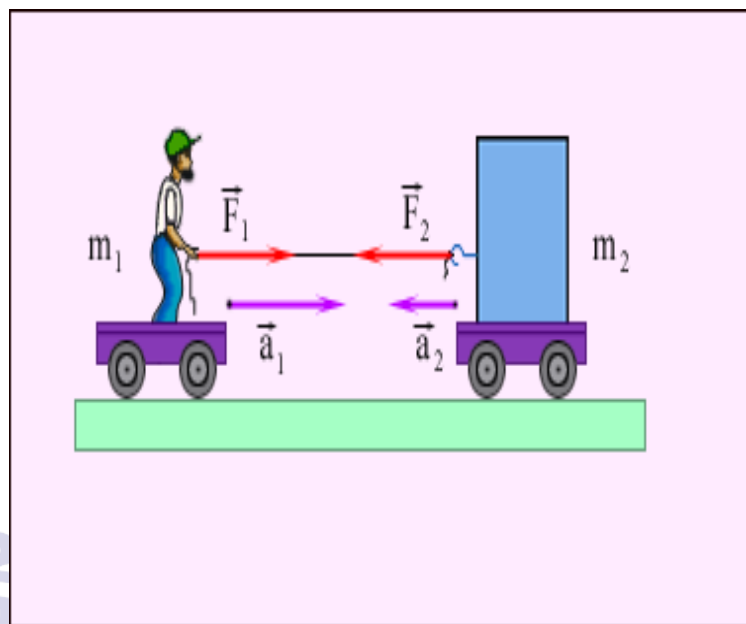
Зураг 3.3 Хувьсах масстай биеийн хөдөлгөөн

Энэхүү тэгшитгэлийг Циолковскийн тэгшитгэл гэнэ.



Сэдэв: Ньютоны III хууль

Ньютоны III хууль: Аливаа харилцан үйлчлэл нь хэмжээгээрээ тэнцүү, чиглэлээрээ эсрэг хос хүчээр тодорхойлогдоно. (3.4-р зураг)



Зураг 3.4. Биеүдийн харилцан үйлчлэлийн хүчнүүд

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \quad (3.12)$$

Энд \vec{F}_{12} нь 1-р биеэс 2-р биед үйлчлэх хүч бол \vec{F}_{21} 2-р биеэс нэгдүгээр биед үйлчлэх хүч болно. Хэд хэдэн биеэс тогтох системийн хувьд Ньютоны II хуулиар бие тус бүрийн хувьд хөдөлгөөний тэгшитгэлийг бичиж хөдөлгөөнийг тодорхойлно. Жишээ нь 3.4-р зурагт үзүүлсэн системд хөдөлгөөний тэгшитгэл нь дараах байдлаар бичигдэнэ.

$$\begin{cases} m_1 \vec{a}_1 = \vec{F} + \vec{F}_{21} \\ m_2 \vec{a}_1 = \vec{F}_{12} \\ \vec{a}_1 = \vec{a}_2 \end{cases}$$



Сэдэв: Импульс хадгалагдах хууль

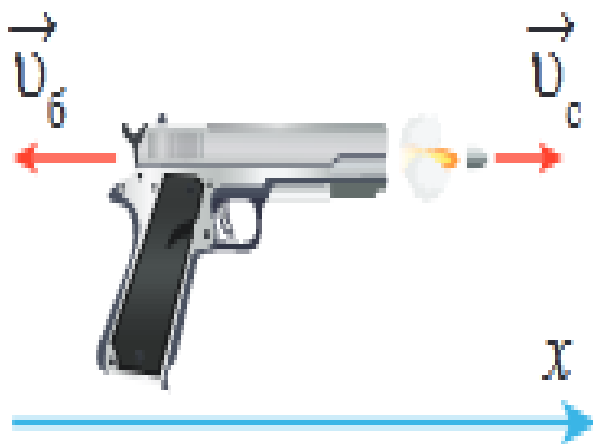
Байгаль дээр хадгалагдах хэмжигдэхүүнүүд олон байдаг. Аливаа хадгалагдах хэмжигдэхүүн нь байгаль дээрх тэгш хэмийн шинж чанартай холбоотой байдаг. Импульс хадгалагдах хууль нь огторгуйн нэгэн төрөл шинж чанартай холбоотой юм. Системд гаднын харилцан үйлчлэл байхгүй бол системийн бүрэн импульс хадгалагдана.

$$\sum \vec{P}_c = \text{const} \quad (3.13)$$

Гаднаас харилцан үйлчлэлгүй хүч үйлчлэхгүй буюу $\vec{F} = 0$ байна. Ньютоны II хуулиар

$$\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt} = 0 \Rightarrow d\vec{P} = 0 \text{ буюу } \vec{P} = \text{const} \quad (3.14)$$

Энд хүч үйлчлээгүй эсвэл үйлчилсэн хүчнүүдийн нийлбэр тэг үед системийн импульс хөдөлгөөнийг тооцоолоход чухал үүрэг гүйцэтгэнэ.



Зураг 3.5. Бууны тийрэлт

Жишээ нь буу буудах үед бууны тийрэлтийн хурдыг тооцоолъё.

Бууны масс M , сумны масс m ба сум v_c -хурдтай нисэх бол импульс хадгалагдах хуулиар бууны тийрэлтийн хурдыг олъё. Системийн анхны импульс тэг $0 = M\vec{v}_6 + m\vec{v}_c$, зурагт үзүүлснээр x тэнхлэг дээр проекцолбол $0 = -M\vec{v}_6 + m\vec{v}_c$,

$$v_6 = \frac{m}{M} v_c \quad (3.15)$$

Гар бууны сум 400-500 м/с хурдтай нисдэг байна. Буудлагын үед тамирчин бууг чанга барьснаар бууны массад хүний масс нэмэгдэж тийрэлтийн хурд буурна.



Оюутны кодын сүүлийн орон сондгой бол сондгой асуултанд, тэгш бол тэгш асуултанд физик үндэслэлтэйгээр хариулна.

1. Биеүдийн харилцан үйлчлэлийн хэмжээг ямар физик хэмжигдэхүүнээр илэрхийлдэг вэ?
2. Биед гаднын хүч үйлчлэхэд түүний хурд өөрчлөгдөх үү?
3. Ямар тохиолдолд биеийн хурдны хэмжээ өөрчлөгдөхгүй вэ?
4. Биеийн инерцит чанарыг тайлбарлана уу?
5. Гаднын хүчний үйлчлэлээр бие хурдатгалтай болох уу? Яагаад?
6. Хүчний үйлчлэлийн шугам гэж юу вэ?
7. Физик орон гэж юу вэ? Тайлбарлана уу?
8. Биеийн хурдатгал түүнд үйлчилсэн хүчтэй ямар хамааралтай вэ? Тайлбарлана уу?
9. Ньютоны I хуулийг тайлбарлана уу?
10. Хүч үйлчлэхэд биеийн импульс өөрчлөгдөх үү?
11. Ньютоны II хуулийг тайлбарлана уу?
12. Ньютоны III хуулийг тайлбарлана уу?
13. Хэд хэдэн хүчний үйлчлэлийн дүнд бие тайван байдлаа хадгалж болох уу?
14. Хоёр бие хоорондоо тэнцүү биш хүчээр харилцан үйлчлэлцэх үү?
15. Хүчнүүдийн геометр нийлбэр тэгээс ялгаатай үед бие тайван байдал, шулуун замын жигд хөдөлгөөнөө хадгалах уу?
16. Биеийн импульсийн өөрчлөлтийн хурд түүнд үйлчилсэн хүчтэй тэнцүү байх уу?
17. Биеийн нэгж хугацаан дахь хурдны өөрчлөлт түүнд үйлчилсэн хүчтэй ямар хамааралтай вэ?
18. Импульс хадгалагдах хуулийг тайлбарлана уу?
19. Пуужингийн хөдөлгөөний физик үндсийг тайлбарлана уу?
20. Циолковскийн тэгшитгэлийг бичиж тайлбарлана уу?



Анхаарал тавьсан та бүхэнд баярлалаа.

