

Механикийн хоёр бодлого

Эхлээд тусдаа уутанд байгаа ерөнхий зааврыг унш.

А хэсэг. Нуугдмал диск (3.5 оноо)

Модон цилиндрийн радиус r_1 , зузаан нь h_1 . Модон цилиндрийн дотор хөндийлөн ухаж, r_2 радиустай, h_2 зузаантай металл диск нуужээ. Металл дискийн гол тэнхлэг B нь, модон цилиндрийн гол тэнхлэг S -тэй параллель байхаар, мөн дискийг модон цилиндрийн дээд, доод талаас ижил зайтай байхаар байрлуулсан байна. S болон B -ийн хооронд d зайтай байна гэж тэмдэглэе. Модны нягт ρ_1 , металлын нягт $\rho_2 > \rho_1$. Модон цилиндр болон түүний дотор орших металл дискээс тогтох системийн нийт масс M .

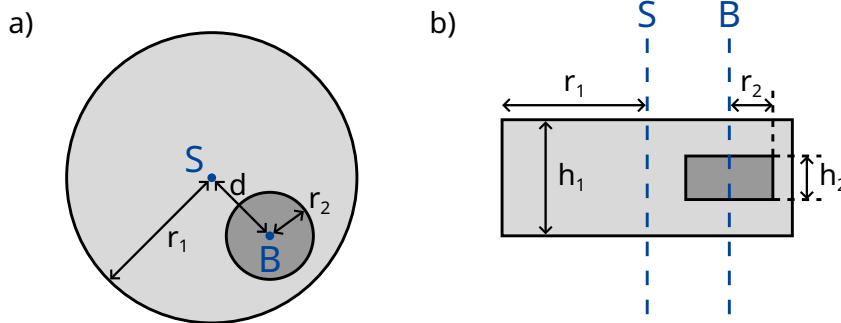
Энэ даалгаварт бид модон цилиндрийг, хоёр тийшээ чөлөөтэй өнхөрч болохоор ширээн дээр босгож байрлуулна. Зураг 1-ээс хажуугаас болон дээрээс харуулсан байдлыг харж болно.

Энэ даалгаврын зорилго нь металл дискийн хэмжээ болон байршлыг тодорхойлоход оршино.

Цаашид үр дүнгээ илэрхийлэхдээ, доорх хэмжигдэхүүнүүдийг өгөгдсөн гэж үргэлж үзнэ. Үүнд:

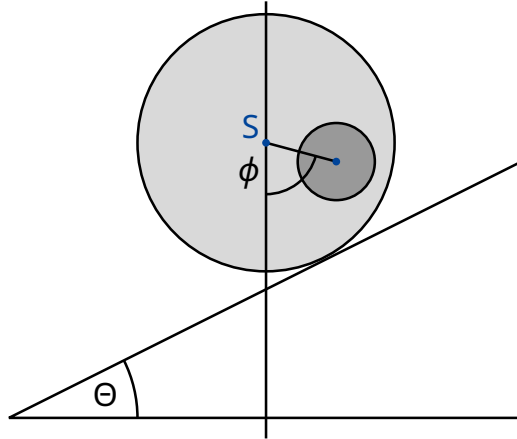
$$r_1, h_1, \rho_1, \rho_2, M. \quad (1)$$

Одоо r_2, h_2 болон d -ийг шууд бус хэмжилтүүдээр тодорхойлцгооё.



Зураг 1: а) хажуугаас харвал б) дээрээс харвал

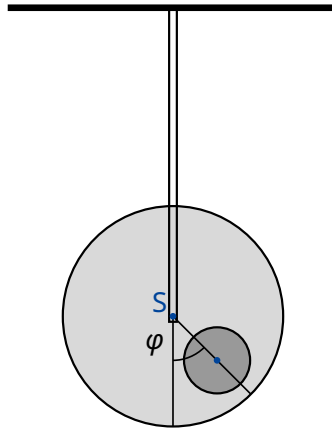
Нийт системийн массын C төвөөс модон цилиндрийн S гол тэнхлэг хүртэлх зайг b гэж тэмдэглэе. Энэхүү зайг олохын тулд дараах туршилтаг хийнэ: Модон цилиндрийг хэвтээ суурин дээр тавиад, тэнцвэрийн байдалд оруулна. Дараа нь сууриа Θ өнцгөөр аажмаар налуулна (Зураг 2-г хар). Тайвны үрэлтийн хүчний нөлөөгөөр, цилиндр гулсалтгүйгээр өнхөрнө. Цилиндр налуугийн дагуу бага зэрэг өнхөрч ϕ өнцөг дээр дахин тэнцвэрт орно. Энэ ϕ өнцгийг бид хэмжиж авна.



Зураг 2: Налуу суурь дээр тогтсон цилиндр

A.1 b зайг ол. Мэдэгдэж буй (1) хэмжигдэхүүнүүд, эргэлтийн өнцөг ϕ болон 0.8pt налууугийн өнцөг Θ -өөр илэрхийлж бич.

Цаашид b -ийн утгыг мэдэгдэнэ гэж үзнэ.



Зураг 3. Өлгөгдсөн цилиндр

Дараагийн хэсэгт, цилиндрийн гол тэнхлэг S -тэй харьцангуй, системийн инерцийн момент I_S -ийг хэмжиж олъё. Үүний тулд модон цилиндрийг, гол тэнхлэгээр нь үл хөдлөх саваанд өлгөжээ. Ингэснийхээ дараа түүнийг бага φ өнцгөөр эргүүлэн, тэнцвэрийн байрлалаас нь хазайлгаж байгаад суллав (Зураг 3-аас бүдүүвч зургийг хар). Цаашид φ нь T үетэй хэлбэлзэх хөдөлгөөн хийнэ.

A.2 φ -ийн хувьд хөдөлгөөний тэгшитгэлийг нь бич. Системийн S тэнхлэгтэй харьцангуй инерцийн момент I_S -ийг T , b болон өгөгдсөн (1) хэмжигдэхүүнүүдээр илэрхийлж бич. Тэнцвэрийн нөхцлийг маш бага φ өнцгөөр хазайлгасан бөгөөд, энэ өнцөг хөдөлгөөний туршид үргэлж бага хэвээр байна гэж үз. 0.5pt

Одоо A.1 ба A.2 туршилтийн дүнг хамтад нь ашиглан цилиндр дотор нуугдсан дискийн байрлал болон хэмжээг тодорхойлцгооё.

A.3 d зайг олох илэрхийлэл бич. Хариуг b ба өгөгдсөн (1) хэмжигдэхүүнүүд болон одоохондоо үл мэдэгдэх r_2 , h_2 хэмжигдэхүүнээр (эдгээрийг A.5 хэсэгт олно) илэрхийлж болно. 0.4pt

A.4 I_S инерцийн моментийг олох илэрхийлэл бич. Хариуг b ба өгөгдсөн (1) хэмжигдэхүүнүүд болон одоохондоо үл мэдэгдэх r_2 , h_2 хэмжигдэхүүнээр (эдгээрийг A.5 хэсэгт олно) илэрхийлж болно. 0.7pt

A.5 Өмнөх гаргасан бүх үр дүнгээ ашиглан h_2 ба r_2 -ийн илэрхийллийг b , T болон өгөгдсөн (1) хэмжигдэхүүнүүдийг ашиглан бич. h_2 -ийг r_2 -оос хамаарсан функц хэлбэртэйгээр бичиж болно. 1.1pt

В хэсэг. Эргэлдэгч сансрын станц (6.5 оноо)

Алимаа, Борхүү нар сансрын станц дээр амьдардаг. Сансрын станц нь R радиус бүхий гол тэнхлэгээ тойрон эргэлдэх асар том хүрд хэлбэртэй бөгөөд эргэлтээрээ хиймэл гравитацийн орчин бий болгодог. Сансрын нисэгчид хүрдний дотоод ирмэг дээр байрлана. Сансрын станци нь аливаа гравитацийн үүсвэрээс хол орших ба өөрийнх нь массаас үүсэх гравитаци болон шалны муруйлтыг анхаарахгүй орхиж болно.

B.1 Дэлхийн гадарга дээрх хүндийн хүчний g_E хурдатгалтай адил мэдрэмж төрүүлэхийн тулд уг сансрын хөлөг ямар хэмжээний ω_{ss} өнцөг хурдтайгаар эргэлдэх ёстой вэ? 0.5pt

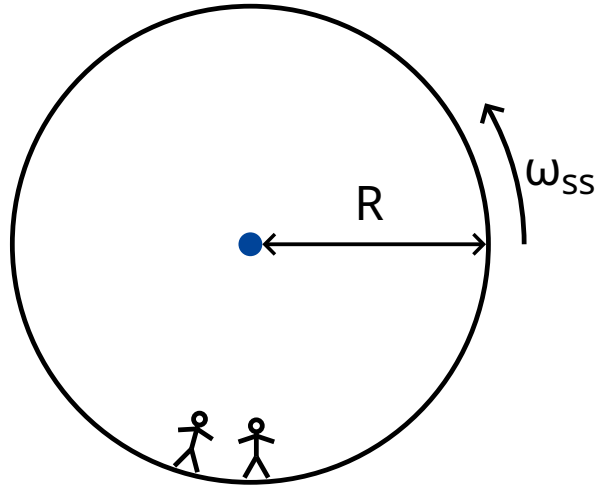
Борхүү Алимаа хоёрын хооронд дараах маргаан өрнөжээ. Борхүү "бид дэлхий дээр байгаа эсвэл сансрын хөлөг дээр байгаа эсэхээ гравитацийн нөлөөгөөр нь ялгах аргагүй" гэж хэлэв. Харин Алимаа эргэлдэгч сансрын станц дээр амьдарч байгаа гэдгээ физикийн үүднээс батлахыг оролджээ. Үүний тулд Алимаа m масстай ачааг k хаттай пүршинд дүүжлээд босоо тэнхлэгийн дагуу хэлбэлзүүлэв. Дүүжин нь хэвтээ чиглэлийн дагуу хөдлөх боломжгүй.

B.2 Дэлхий дээрх хүндийн хүчний g_E хурдатгалыг тогтмол гэж үзээд, пүрштэй ачааны дэлхий дээрх хэлбэлзлийн ω_E давтамжийг ол. 0.2pt

B.3 Сансрын станц дээр Алимаагийн хэмжих хэлбэлзлийн ω давтамжийг ол. 0.6pt

Алимаа туршлагаараа станц дээр байгаа гэдгээ нотолсон гэж үзсэн ч Борхүү эргэлзсэн хэвээр байв. Тэрээр "Хэрэв бид дэлхийн гадаргаас дээш гравитаци өөрчлөгддөгийг тооцвол, сансрын станц дээр гаргасантай яг ижил дүгнэлтэнд хүрнэ" гэж маргав. Дараах ажилд Борхүүгийн хэлсэн зөв эсэхийг

судлах болно.



Зураг 4: Сансрын станци

- B.4 Дэлхийн гадаргаас дээш h өндөрт гравитацийн хурдатгалын $g_E(h)$ илэрхийллийг бичээд пүршний хэлбэлзлийн үе $\tilde{\omega}_E$ -ийг тооцоол (h өндрийг харьцангуй бага гэж үзээд шугаман ойролцоолол ашигла). Дэлхийн радиус R_E . Дэлхийн эргэлтийг тооцохгүй. 0.8pt

Үнэхээр Борхүүгийн хэлснээр, Алимаагийн сансрын хөлөг дээр олсон үр дүн нь Дэлхий дээр байх үеийнхтэй төсөөтэй гаржээ.

- B.5 Сансрын станцийн радиус R ямар байхад ω хэлбэлзлийн давтамж, $\tilde{\omega}_E$ буюу дэлхийнхтэй яг ижил утгатай байх вэ? Хариултаа R_E -ээр илэрхийл. 0.3pt

Зөрүүд Борхүүг номхруулахын тулд Алимаа Кориолисын хүч тооцож өөрийнхөө үзлийг хамгаалахаар шийдэв. Үүний тулд газраас H өндөрт өргөгдсөн цамхаг дээр гарч биеийг анхны хурдгүйгээр унагааж үзэв. Энэ туршилтыг эргэлдэгч тооллын систем болон инерциаль тооллын системийн аль алинд нь авч үзэж болно.

Жигд эргэж байгаа тооллын системд, Кориолисын хүч гэж нэрлэгддэг \vec{F}_C инерциаль биш хүч үүсдэг билээ. $\vec{\omega}_{ss}$ хурдтай эргэлдэж байгаа тооллын системтэй харьцангуй \vec{v} хурдтай хөдөлж байгаа m масстай биед үйлчлэх Кориолисын хүч нь

$$\vec{F}_C = 2m\vec{v} \times \vec{\omega}_{ss} . \quad (2)$$

Скаляр хэмжигдэхүүнээр илэрхийлбэл

$$F_C = 2m\omega_{ss} v \sin \phi , \quad (3)$$

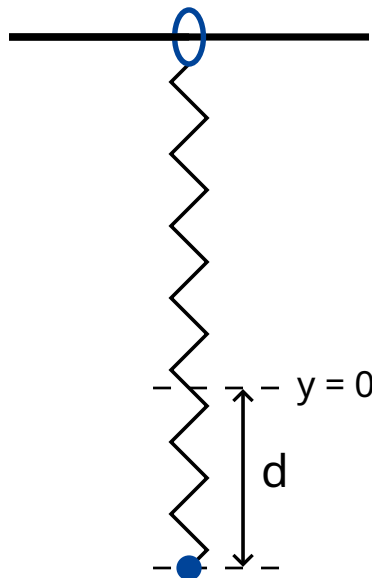
болно. Үүний, ϕ нь биеийн хурдны чиглэл ба эргэлтийн тэнхлэг хооронд үүсэх өнцөг. Уг хүч нь v хурдны чиглэл болон эргэлтийн тэнхлэгт перпендикуляр байна. Хүчний тэмдэгийг баруун гарын дүрмээр тооцох боловч цаашид ямраар ч сонгон авахыг зөвшөөрнө.

B.6 Биеийн газарт унах үеийн, хэвтээ тэнхлэгийн дагуух хурд v_x , хэвтээ чиглэлийн дагуух d_x шилжилтийг (цамхагийн сууриас хэвтээ чиглэлд тоолно) тооцоолж ол. Энэ хэсэгт ачааг тогтмол хурдатгалтай унана гэж үз. Мөн $d_x \ll H$ гэж тооцно. 1.1pt

Илүү сайн үр дүн гаргахын тулд, Алимаа өмнөхөөсөө хамаагүй өндөр цамхаг дээрээс туршилтаа явуулжээ. Тэгсэн чинь санаанд оромгүйгээр, бие цамхагийн ёроолд унаж таарав, өөрөөр хэлбэл $d_x = 0$.

B.7 $d_x = 0$ байж болох цамхагийн өндрийн доод хязгаарыг ол. 1.3pt

Алимаа Борхүүг дийлэх бас нэг туршилт хийхээр шийдэж, пүрштэй ачаагаараа Кориолисын нөлөөг үзүүлэх гэлээ. Үүний тулд, анхны туршилтынхаа хэлбэрийг өөрчилжээ: пүрштэй ачаагаа хэвтээ x чиглэлийн дагуу чөлөөтэй гулсах жижиг цагариганд өлгөв. Гэхдээ пүрштэй ачаа зөвхөн босоо y чиглэлийн дагуу л хэлбэлзэх боломжтой хэвээр. xy хавтгай нь эргэлтийн тэнхлэгт перпендикуляр ба y чиглэл нь станцын эргэлтийн төв рүү чиглэнэ.



Зураг 5: Туршилтын схем

B.8 Алимаа ачааг тэнцвэрийн ($x = 0, y = 0$) байрлалаас доош нь d зайд татаж байгаад тавив (Зураг 5-ийг хар). 1.7pt

- $x(t)$ ба $y(t)$ -ийн илэрхийллийг ол. $\omega_{ss} d$ хэмжигдэхүүнийг бага гэж үзээд, y -тэнхлэгийн дагуух хөдөлгөөнд Кориолисын хүчийг тооцохгүй орхи.
- $(x(t), y(t))$ траекторыг тоймлон байгуул. Амплитуд зэрэг чухал шинжүүдийг нь график дээрээ тэмдэглээрэй.

Алимаа Борхүү хоёр маргалдсан хэвээр л...