## **2-laboratoriyalıq jumıs.**

## **DENELERDIŃ INERCIYA MOMENTLERIN**

### DINAMIKALÍQ USÍL MENEN ANÍQLAW

**Kerekli ásbaplar:** Bloklı hám elektromagnitli ultanǵa bekkemlengen aylanıwshı gorizontal stolshadan ibarat qurılma, stolsha ústine ornatıw ushın massa orayı arqalı tesilgen  massalı eki parallelepiped, shtangencirkul, masshtablı sızǵısh, elektrosekundomer.

**Jumıstıń maqseti:** Student jumıstı orınlaw waqtında aylanbalı qozǵalıs ushın kinematika hám dinamika nızamların, bul nızamlardaǵı shamalardıń mánisin biliwi hámde mexanikalıq sistemalar ushın energiyanıń saqlanıw nızamınan paydalanıp, denelerdiń inerciya momentlerin tájiriybe arqalı anıqlay alıwı kerek.

Bul jumısta energiyanıń saqlanıw nızamınan paydalanıp dinamikalıq usıl menen parallelepipedtiń inerciya momenti anıqlanadı.

**Tapsırma**

1. Denelerdiń inerciya momentlerin anıqlawdıń dinamikalıq usılın úyreniw.
2. Qurılma - júk qoyılatuǵın aylanıwshı stolsha dúzilisi menen tanısıw.
3. Parallelepipedtiń inerciya momentin eki usıl menen anıqlaw: tájiriybe arqalı - energiyanıń saqlanıw nızamı járdeminde, teoriyalıq - Shteyner teoreması járdeminde.
4. Tájiriybe nátiyjelerin teoriyalıq usılda tabılǵan nátiyjeler menen salıstırıw arqalı ólshew anıqlıǵın bahalaw. Inerciya momentin ólshew nátiyjelerin analizlew.

**Tiykarǵı teoriyalıq maǵlıwmatlar**

Denelerdiń aylanbalı qozǵalısı dep sonday qozǵalısqa aytıladı, bunda deneniń barlıq noqatları orayları bir tuwrı sızıqta jatatuǵın aylanbalar sızadı, bul tuwrı sızıq aylanıw kósheri dep ataladı.

Aylanbalı qozǵalıstı xarakterlew ushın tómendegi túsinikler kiritiledi:

1. Aylanıw dáwiri  - bir márte tolıq aylanıw ushın ketken waqıt.

2. Aylanıw jiyiligi  - waqıt birligindegi aylanıwlar sanı

. (1)

3. Radius vektordıń burılıw múyeshi .

4. Múyeshlik tezlik . (2)

5. Múyeshlik tezleniw  . (3)

Aylanbalı qozǵalıs ushın kiritilgen bul shamalardıń qolaylıǵı sonda, olar deneniń barlıq noqatları ushın bir qıylı.

Aylanbalı hám sızıqlı qozǵalıstı xarakterlewshi shamalar arasında tómendegi baylanıs bar.

Sızıqlı jıljıw

, (4)

bul jerde  - aylanıw radiusı.

Sızıqlı tezlik

. (5)

Tangencial tezleniw

 . (6)

Normal tezleniw

 . (7)

Múyeshlik tezliktiń ózgeriwi kúsh momentiniń tásirine baylanıslı. Kúsh momenti san jaǵınan kúshtiń iynine kóbeymesine teń

 .

Kúsh iyini dep (O) aylanıw orayınan  kúsh tásir qılıp atırǵan sızıqqa shekem bolǵan yeń qısqa aralıqqa aytıladı (1-súwret). Kúsh iyini () dı radius-vektor () arqalı ańlatsaq:

Δm

О

α

е

F





**1 – súwret**

 bunnan:

.

Vektorlıq kóriniste jazsaq

. (8)

Kúsh momenti vektorı ()niń baǵıtı () hám () tiń baǵıtları menen oń vint qádesi tiykarında baylanısqan.  massalı materiallıq noqat ushın Nyutonnıń ekinshi nızamı teńlemesin jazıp, sızıqlı hám aylanbalı qozǵalıs shamaları arasındaǵı baylanıstan paydalansaq, tómendegi ańlatpanı alamız

. (9)

Bul jerde  skalyar shama bolıp, materiallıq noqattıń aylanıw kósherine salıstırǵanda inerciya momenti dep ataladı.

C’

d

Ó

Ó’

C’’

C

m

Deneniń barlıq noqatlarınıń aylanıw kósherine salıstırǵanda inerciya momentleri jıyındısı

 (10)

qattı deneniń inerciya momenti dep ataladı.

(9) formulanı vektor kórinisinde tómendegishe jazıw múmkin

. (11)

Denege qoyılǵan barlıq kúshlerdiń aylanıw kósherine salıstırǵanda juwmaqlawshı kúsh momenti deneniń sol kósherge salıstırǵanda inerciya momentin múyeshlik tezleniwge kóbeymesine teń. Bul aylanbalı qozǵalıs ushın dinamikanıń tiykarǵı nızamı (Nyutonnıń ekinshi nızamı) anıqlaması esaplanadı. Bunnan inerciya momenti deneniń inertlik ólshemi ekenligi kelip shıǵadı, yaǵnıy aylanbalı qozǵalısta massa ralın oynaydı. Inerciya momenti dene massasınıń aylanıw kósherine salıstırǵanda qan­day bólistirilgenligine baylanıslı. Kósherden uzaqta jaylasqan noqatlardıń  jıyındısına qosqan úlesi kósherge jaqın jaylasqan noqatlarǵa salıstırǵanda úlkenrek boladı. Dene inerciya momentiniń mánisi deneniń formasına, ólshemlerine, massasına hám aylanıw kósherine salıstırǵanda qanday jaylasqanlıǵına baylanıslı.

Awırlıq orayınan ótpegen kósherge salıstırǵanda deneniń inerciya momenti (2-súwret) Shteyner teoreması arqalı anıqlanadı: deneniń awırlıq orayınan ótpegen qálegen aylanıw kósherine salıstırǵanda inerciya momenti sol kósherge parallel bolǵan, awırlıq orayınan ótiwshi kósherge salıstırǵanda inerciya momenti hám dene massası menen awırlıq orayınan aylanıw kósherine shekem aralıq (kósherler arasındaǵı aralıq) kvadratınıń kóbeymesi jıyındısına teń

. (12)

# **Qurılmanıń súwretleniwi hám ólshew usılı**

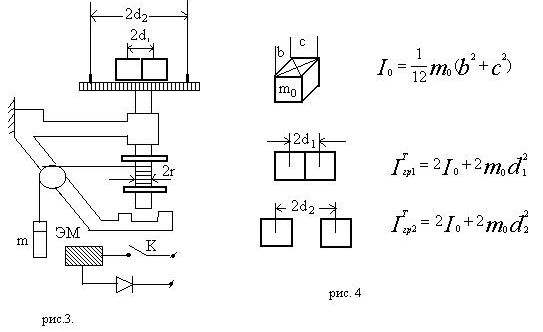
Bul jumısta eki bir qıylı tuwrı múyeshli parallelepiped formasındaǵı qattı denelerdiń inerciya momentlerin anıqlaw ushın vertikal kósher átirapında yerkin aylana alatuǵın gorizontal dóńgelek stolshadan paydalanıladı. Stolshaǵa shkif bekkemlengen bolıp, oǵan jip oralǵan hám bul jip kronshteynge bekkemlengen blok arqalı ótkerilip, ushına júk asılǵan. Dáslep júk yeń joqarı halatta elektromagnit járdeminde uslap turıladı. Elektromagnit óshirilgende júk jipti tartıp tómenge túse baslaydı hám stolshanı onda jaylasqan parallelepiped formasındaǵı deneler menen birge aylandıradı.

Energiyanıń saqlanıw nızamına tiykarlanıp, dáslepki halatta joqarıǵa kóterilgen júktiń potencial energiyasına teń bolǵan sistemanıń tolıq mexanikalıq energiyası júktiń ilgerilemeli qozǵalısı kinetikalıq energiyasına, stolshanıń aylanıwı kinetikalıq energiyasına hám súykeliw kúshlerine qarsı jumıs atqarıwǵa sarplanadı.

Podshipniklerdegi súykeliw kúshlerine qarsı orınlanatuǵın jumısqa sarplanıwshı mexanikalıq energiyanı esaplaw qıyın bolǵanlıǵı ushın tájiriybe hár qıylı  hám  júklerde alıp barıladı. Bul bolsa súykeliwge qarsı atqarılǵan jumıslardı esapqa almawǵa imkan beredi, sebebi bul jumıslardıń mánisi ózgermeydi

,  (13)

Bul jerde  - aylanıp atırǵan sistema inerciya momenti, ,  - júklerdiń sızıqlı tezligi,  - júkler tómenge túsip platformaǵa urılǵan payıtta stolshanıń aylanıw múyeshlik tezlikleri.









**3-súwret. 4-súwret.**

Júk tınısh halattan (baslanǵısh tezlik nolge teń) teń ólshewli tezleniwshi ilgerilemeli qozǵalıs qılǵan hal ushın kinematika formulalarınan paydalansaq:

.

Sızıqlı hám múyeshlik tezliklerdi () tuwrıdan-tuwrı ólshew imkaniyatı bolǵan  hám arqalı ańlatıw múmkin:

 ,

bul jerde  - shkif radiusı.

Bul almastırıwlardı esapqa alǵan halda (13) ti tómendegishe jazıw múmkin:

 (14)

 (15)

(15) ten (14) ti alsaq

 (16)

(16) dan inerciya momenti ushın tómendegi ańlatpa kelip shıǵadı

 (17)

bul jerde  - aylanıp atırǵan stolshanıń hám stol ústindegi barlıq denelerdiń aylanıw kósherine salıstırǵanda inerciya momentleri.

Eki bir qıylı parallelepiped formasındaǵı denelerdiń aylanıw kósherine salıstırǵanda inerciya momentlerin anıqlaw ushın ústine parallelepipedler qoyılǵan stolshanı aylandırıp tájiriybe ótkeriw kerek. Parallelepipedler stolshaǵa eki qıylı halatta bekkemlenedi hám hár bir halat ushın (17) formula boyınsha aylanıp atırǵan sistemanıń  hám  inerciya momentleri esaplanadı. Bos stolshanı aylandırıp tájiriybe ótkeriledi hám (17) formula boyınsha stolshanıń  inerciya momenti tabılıp, pútkil sistemanıń inerciya momentinen alınadı

 , (18)

, (19)

bul jerde,  hám - parallelepipedlerdi stolsha orayına jaqın hám uzaq jaylastırılǵan halatlardaǵı inerciya momentleri.

## **Jumıstı orınlaw tártibi**

1. Shtangencirkul járdeminde shkiftiń diametric ólshenedi hám radiusı esaplanıp, 1-kestege jazıladı.
2.  júktiń massası ólshenedi yaki qurılmadaǵı kesteden anıqlanadı.  júktiń ústine qoyılatuǵın qosımsha júkshe massası  ólshenedi hám  tabıladı.
3. Júkti elektromagnit uslap turatuǵın halatqa shekem kóteriledi hám elektromagnit jalǵanadı.
4. Elektromagnit uslap túrgen júktiń tómengi bóliminen júk kelip urılatuǵın platformaǵa shekem bolǵan  biyiklik ólshenedi.
5. Elektromagnit óshiriledi hám sol waqıtta aq sekundomer iske túsiriledi. Stolsha bos bolǵan halatta  júktiń  túsiw waqtı ólshenedi. Tájiriybe 3 márte orınlanadı.  ortasha waqıt tabıladı. Nátiyjeler 1-kestege jazıladı.
6. Tómenge túsetuǵın júkke qosımsha júkshe qoyıladı. 5-punkttegi ólshewler tákirarlanadı. Júktiń qosımsha júkshe menen birgelikte túsiw ushın ketken ortasha waqtı  tabıladı. Nátiyjeler 1-kestege jazıladı.
7. Parallelepipedlerdi stolshanıń orayına jaqın halatta ornatıladı, 5 hám 6punktlerdegi ólshewler tákirarlanıp,  júklerdiń ortasha túsiw waqtı ,  anıqlanadı. Nátiyjeler 1-kestege jazıladı.
8. Parallelepipedti stolsha shetine jaqın halatta ornatıladı. 5 hám 6-punktlerdegi ólshewler tákirarlanıp,  júklerdiń ortasha túsiw waqtı ,  tabıladı. Nátiyjeler 1-kestege jazıladı.
9. Shtangencirkul járdeminde parallelepipedtin "b" hám "c" tárepleri ólshenedi.
10. Parallelepipedti stolsha orayına hám shetine jaqın halatta ornatıw ushın mólsherlengen kósherler arasındaǵı 2d1 hám 2d2 aralıqlar ólshenedi hámde d1, d2 mánisler 2-kestege jazıladı.
11. Parallelepipedtiń birewi táreqarsıe tartıladı hám onıń  massası 2-kestege jazıladı.

## **Ólshew nátiyjelerin esaplawǵa tiyisli metodikalıq**

## **kórsetpeler**

1. (17) formulaǵa hámniń mánislerin qoyıp bos stolshanıń inerciya momenti  tabıladı.
2. (17) formulaǵa ,  niń mánislerin qoyıp, parallelepipedler orayǵa jaqın halatta ornatılǵanda stolshanıń inerciya momenti  tabıladı.
3. Parallelepipedler orayǵa jaqın halatta ornatılǵanda stolshanıń inerciya momenti dan (18) formula boyınsha bos stolshanıń inerciya momentin alıp, orayǵa jaqın kósherlerde ornatılǵan parallelepipedtiń aylanıw kósherine salıstırǵanda inerciya momenti anıqlanadı.
4. (17) formulaǵa, niń mánislerin qoyıp, parallelepipedler shetki kósherlerde ornatılǵan halat ushın stolshanıń inerciya momenti  tabıladı.
5. Parallelepipedler shetki kósherlerde ornatılǵan halatta stolshanıń inerciya momenti  den (19) formula boyınsha bos stolshanıń inerciya momentin alıp, shetki kóshershelerde ornatılǵan parallelepipedtiń aylanıw kósherine salıstırǵanda inerciya momenti anıqlanadı.
6. Inerciya momentiniń teoriyalıq mánisi formuladan keltirip shıǵarıladı. Oǵan muwapıq bir parallelepipedtiń awırlıq orayınan ótiwshi kósherge salıstırǵanda inerciya momenti



ǵa teń.

Shteyner teoreması járdeminde qurılmanıń aylanıw kósherine salıstırǵanda parallelepipedtiń inerciya momentin tabıw múmkin:

,  .

7. Inerciya momentleriniń tájiriybe arqalı hám teoriyalıq anıqlanǵan mánisleri salıstırıladı

,  .

1. Inerciya momentin anıqlawdaǵı salıstırmalı qátelikler tabıladı

,  .

**1 - keste**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | r | h | m1 | m2 | **Bos stol** | | | **Stolsha orayında** | | | **Stolsha shetinde** | | |
| t1 | t2 | I |  |  | I1 |  |  | I2 |
| 1  2  3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

### 2 - keste

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| m0 | b | C | d1 | d2 | I0 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

**QADAǴALAW SORAWLARÍ**

1. Deneniń aylanıw kósherine salıstırǵanda inerciya momentin anıqlaw usılın túsindiriń.

2. Júk - stolsha -platforma sisteması ushın energiyanıń saqlanıw nızamı qanday jazıladı?

3. Aylanbalı qozǵalıstı xarakterlewshi shamalar - múyeshlik tezlik, múyeshlik tezleniwdi táriypleń. Sızıqlı hám aylanbalı qozǵalıs kinematikasın xarakterlewshi shamalar ózara qanday baylanısqan?

4. Aylanbalı qozǵalıs dinamikasınıń tiykarǵı shamaları - deneniń kúsh momenti, inerciya momenti, impuls momentiniń mánisin túsindiriń.

5. Aylanbalı qozǵalıs dinamikasınıń tiykarǵı nızamın táriypleń. Ilgerilemeli qozǵalıs penen salıstırıń.

6. Aylandırıwshı momenttiń jumısı qanday anıqlanadı? Qattı dene aylanbalı qozǵalısınıń kinetikalıq energiyası nege teń?

7. Denelerdiń inerciya momentlerin teoriyalıq hám tájiriybe arqalı

anıqlaw usılların túsindiriń.