

**ÓZBEKSTAN RESPUBLİKASI JOQARI HÁM ORTA ARNAWLI
BÍLIMLENDÍRÍW MÍNÍSTRLÍGÍ ÁJÍNÍYAZ ATINDAĞI NÓKÍS
MÁMLEKETLÍK PEDAGOGÍKALIQ ÍNSTÍTUTI**



FIZIKA-MIYNET FAKULTETI

FIZIKA OQITIW METODIKASI KAFEDRASI

4 b –kurs studenti Kunnazarov Aydos Batirbay ulınıń

PITKERIW QÁNIGELIK JUMISI

**Tema: «Akademiyalıq liceylerde mexanikalıq
tolqınlardı úyreniw metodları »**

Kafedrası baslıgı:

f.m.i.d. A.Kamalov

Ilimiy basshısı:

f.m.i.k. B.Atashov

Talaba :

A.Kunnazarov

Kafedra majlisiniń 2019-jıl 25-may sánesindegi

№10-protkolı menen qorgawǵa ruxsat etiledi

Nókis 2019

Mazmunı

Kirisıw -----	3
I bap. Ádebiy sholıw -----	5
1.1. Mexanikalıq terbelisler. Prujinadaǵı deneniń terbelisı. Terbelmeli qozǵalıstıń tezligi hám tezleniwı-----	5
1.2. Terbelmeli qozǵalıstaǵı deneniń tezligi hám tezleniwı.-----	9
1.3. Garmonikalıq terbelmeli qozǵalıstıń energiyası-----	11
II bap. Mexanikalıq tolqınlardıń qásiyetleri -----	14
2.1. Tolqınlardıń serpimli ortalıqta tarqalıwı-----	14
2.2. Tolqınlardıń sıpatlaması-----	19
2.3. Sferalıq tolqınlar. Tegis sinusoidal ses tolqını. Ses tolqınıń energiyası----	24
2.4. Tolqınlardıń qosılıwı (interferenciyası)-----	29
2.5. Turgın tolqınlar-----	33
III bap. Mexanikalıq tolqınlardı tájiriybede úyreniw metodları -----	38
3.1. Mexanikalıq tolqınlardı úyreniw-----	38
3.2. Tolqın mashinasınıń dúzilisi hám islew principi-----	40
3.3. Mexanikalıq turgın tolqın uzınlıǵın anıqlawdı úyreniw-----	45
3.4. Turgın tolqındı payda etiwshi qurılmanıń dúzilisi hám islew principi-----	48
Juwmaqlaw -----	51
Paydalanılǵan ádebiyatlar -----	52

Nókis mámleketlik pedagogikalıq institutı

Fakultet: Fizika-miynet

Talaba: Qunnazarov Aydos Batırbay ulı

Kafedra: Fizika oqitiw metodikasi

Ilimiy basshi: B.Atashov

Oqıw jili: 2018-2019

Pitkeriw qánigelik jumis temasi: Akademiyalıq liceylerde mexanikalıq tolqınlardı úyreniw metodikasi

Annotatsiya

1. Temaniń aktuallılıǵı: Akademiyalıq liceylerde mexanikalıq tolqınlardı tájiribede úyretiw áhmiyetli m1selelerden biri bolıp esaplanadı.

2.Jumistiń maqseti: Akademiyalıq liceylerde mexanikalıq tolqınlardı úyreniw metodikasın úyretiw arqalı onıń maǵanası túsiniw jetiw

3.Izertlew ob’ekti: Akademiyalıq liceylerde mexanikalıq tolqınlardı úyreniw metodikasın izertlew hám ádebiyatlardaǵı maǵlıwmatlar

4. Izertlew metodi. Akademiyalıq liceylerde mexanikalıq tolqınlardı úyreniw metodikasi

5. Izertlew nátiyjeleriniń ilimiyligi. Akademiyalıq liceylerde mexanikalıq tolqınlardı tájiribede úyretiw metodikasi hám tolqınlardıń mexanikalıq qásiyetleri haqqında túsiniwke iye bolıw

6.Izertlew nátiyjelerin qollaniw.Bul pitkeriw qánigelik jumisiniń nátiyjelerin sabaq ótiw protsessinde fizikaniń mexanikalıq tolqınlar bólimin úyreniwde qollaniw múmkin.

7.Jumistiń dúzilisi hám bólimleri.jumis kirisiw, tiykarǵı bólim, ádebiy sholiw, laboratoriyalıq jumis shólkemlestiriw , juwmaqlaw hám paydalanǵan ádebiyatlar diziminen ibarat.

8.Pitkeriw qánigelik jumisi tiykarǵı nátiyjeleri. Pitkeriw qánigelik jumisi tiykarǵı nátiyjeleri jumisin juwmaqlaw bóliminde keltirilgen.

Ilimiybasshi:

f.m.i.k. B. Atashov

Talaba:

A.Qunnazarov

Kirisıw

Oqıwshılarga fizika pánin úyretiwde fizikalıq laboratoriyanıń róli júdá úlken. Sonıń ushında fizika pánin úyreniwde mektepte, Akademiyalıq licey hám kásip-óner kolledjlerinde demonstraciyalıq hám laboratoriyalıq jumıslardı kórsetiw hám tájriybeler ótkeriwge úlken áhmiyet beriledi.

Fizikanı úyreniw-ilimiy izertlew degen sóz. Laboratoriyalıq jumıstı úyreniw, onı orınlaw, tájriybe nátiyjelerin esaplaw eksperimentte alınǵan nátiyjelerdi teoriyalıq jaqtan túsındırıw hám juwmaq shıǵarıw, fizikalıq qubılistı tuwrı talıqlaw menen onıń ilimiy hám mánawiy túsınıklariniń rawajlanıwına alıp keledi.

Bul pitkeriw qániygelik jumıstı Akademiyalıq liceylerde mexanikalıq tolqınlardı úyreniw metodıkasın izertlewden ibarat.

Fizikanıń mexanika bóliminde terbelmeli qozǵalıslardı hám sonıń ishinde tolqınlardıń qásiyetlerin tájriybe jolı menen úyreniw eń áhmiyetli waziypalardıń biri bolıp esaplanadı.

Mexanikalıq tolqınlar quramalı tábiyatqa iye bolǵanlıqtan onı úyreniw bir qansha mashqala payda etedi.

Mine usı mäseleni sheshiw ushın tolqındı úyreniwge arnalǵan qurılmalardan paydalanıp esaplaw metodınıń teoriyasın islep shıǵıw hám qurılmanıń ólshew hám islew usılların úyreniw jolı menen mexanikalıq terbelmeli qozǵalıslar sonıń ishinde tolqınlardı laboratoriyalıq sharayatta úyreniw usılların islep shıǵıwdan ibarat.

Bul jumıstı orta mektep hám Akademiyalıq liceylerde fizika pániniń terbelmeli qozǵalıslar hám tolqınlardı úyreniwde metodikalıq jaqtan múmkinshiligin kórsetip beriwden ibarat. Bunıń ushın eki túrli tolqınlardı úyreniwge arnalǵan tolqın mashinalarınıń dúzilisi islew principi ólshew usılların úyreniw arqalı oqıwshılarga quramalı qozǵalıslardıń biri bolǵan

tolqınlardıń qozǵalısnı demonstraciyalıq túrde hámde laboratoriyalıq usılda tolqın parametrlerinı turgın tolqınlardı úyreniw arqalı ólshew usılların úyreniwdi aldımızǵa maqset etip qoydıq.

I bap. Ádebiy sholw.

1.1. Mexanikalıq terbelisler. Prujinadaǵı deneniń terbelisi. Terbelmeli qozǵalıstıń tezligi hám tezleniwi.

Terbelmeli qozǵalıslar yamasa ápiwayı terbelisler dep atalatuǵın qozǵalıslar hámmege málim. Olar bizdı qorshaǵan turmista keń túrde taralǵan. Samal eskende, tereklerdiń shaqaları, vertikal awıstırılǵan átgónshekler terbelmeli qozǵalıslar jasaydı.

Terbelmeli qozǵalıslar jasaytuǵın hár qanday sistema terbelmeli sistema dep ataladı. Prujınaǵa bekitilgen júkte sonday sistemaǵa kiredi. Biz eń aldǵı menen usınday sistemanıń biri menen tanısamız.

Prujinadaǵı deneniń terbelisi 1-súwrette prujina hám oǵan bekitilgen dene kórsetilgen. Dáslep prujina deformaciyalanbaǵan, sonlıqtan denegе serpimlilik kúshi tásir jasamaydı. Pútkil sistema teńsalmaqlıq awhalda boladı.

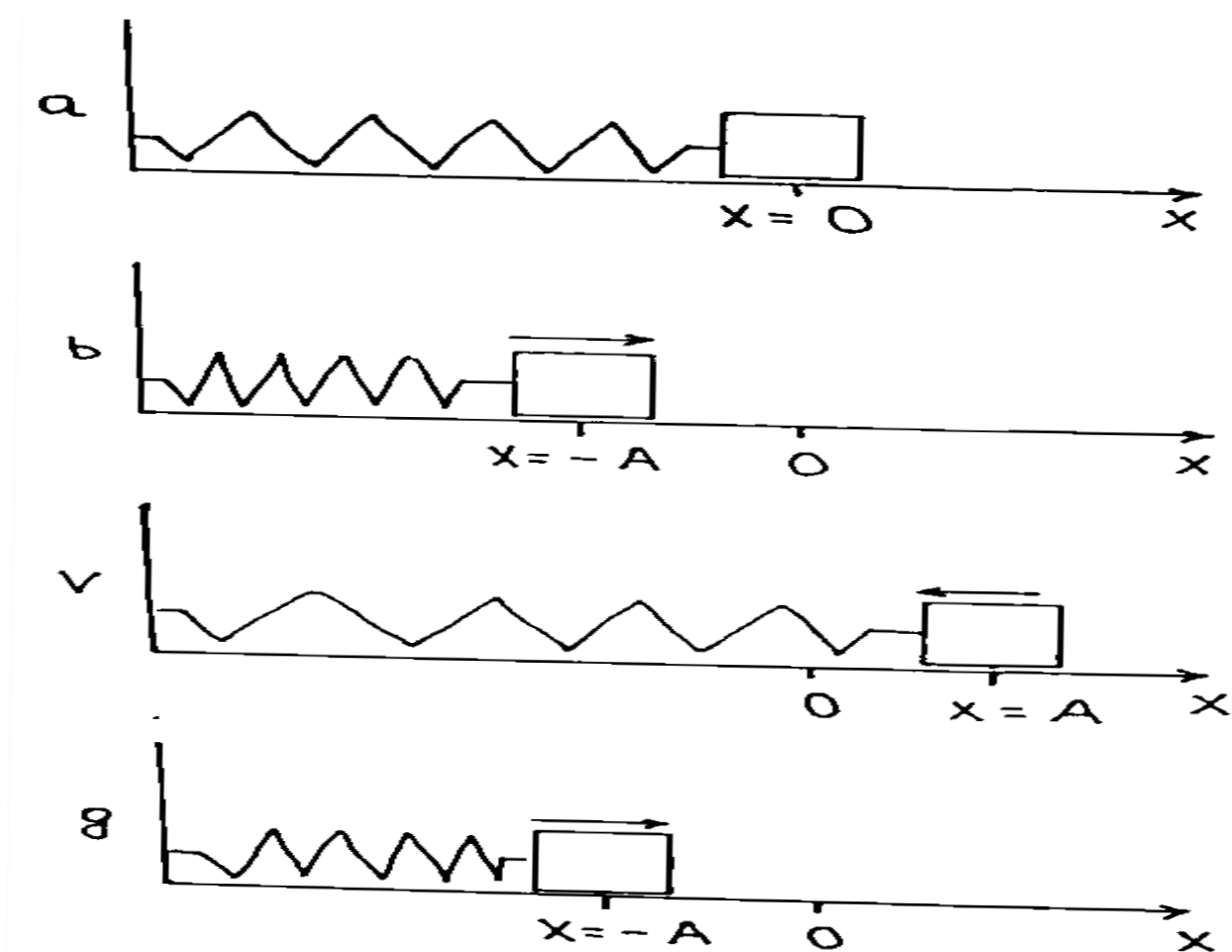
Koordinata kósheri x ti hám tegislikti boylap baǵdarlaymız, al esaplawdıń bası ushın, teń salmaqlıq awhalında ($x = 0$) de turǵan deneniń awırlıq orayın qabıl etemiz.

Deneni teńsalmaqlıq awhalınan sepke qaray báribir A aralıǵına awıstıramız (1b-súwret). Prujina qısılǵan awhalda boladı hám denegе óń tárepke qarata baǵıtlanǵan serpimlilik kúshi tásir etedi.

Egerde qısılǵan prujinadaǵı deneni jiberip qalsaq prujınaǵa bekitilgen júkke óń tárepke qaray baǵıtlanǵan serpimlilik kúsh tásirinde dene qozǵala baslaydı hám teń salmaqlıq awhalna jetedi, biraq ol teń salmaqlıq awhalında toqtay almaydı al inertliktiń tásirinde onnan ótip ketedi hám ońǵa qaray A aralıqqa awısadı (1v-súwret).

Endi prujina kerilgen waqıtta shepke qaray baǵıtlanǵan kúsh tásir etedi.

Dene bir zamatlıq irkiliwden keyin shepke qaray qozgala baslaydı. Ol teń salmaqlıq awhalınan (endi ońnan shepke qaray) ótedi hám taǵı da teńsalmaqlıq awhalınan A aralığına awısadı, yaǵnıy óziniń dáslepki awhalına qaytıp keledi (1g-súwret).



1-súwret

Bir terbelis tamamlanǵannan keyin tap soǵan usaǵan kelesi terbelis baslanadı.

Bir terbeliwshi deneniń traektoriyasınıń qálegen noqatında serpimlilik kúshiniń teń salmaqlıq awhalına qaray, yaǵnıy teń salmaqlıq awhalına qarama-qarsı baǵıtlanǵanın kóremiz. Bul kúsh x tıń awısıwına proporcional hám onıń x kósherine proekciyası $(F_{\text{serp}})_x = -kx$ qa teń boladı. Deneniń teń salmaqlıq awhalınan awısıwı jılısıw dep ataladı.

Жылсыуға пропорционал һәм оған қарма-қарсы бағытланған күсhtiң тәсiri астында болып өтетүгiн механикалық тербелістер гармоникалық тербелістер деп аталады.

Тербелістің амплитудасы. Гармоникалық тербелістің сипатталамынан, бундай тербеліс қозғалыстың траекториясының-тууры сызық болатуғиы көрінеді. Бунда тербелісші дене координатаның есептеу басынан, A дан артық аралыққа уақытасыуының көріс мүмкін. Дененің теңсалмақтық ағыалынан (модуль бойынша) ең үлкен болған бул жылсыуы тербелістің амплитудасы деп аталады. Ол тең салмақтық ағыалдан қанша ауысуына гәрезлі болады.

Гармоникалық тербеліс деп физикалық шамалары уақыт бирлиги ишінде синус яки косинус нызамы бойынша өзгеретуғи тербеліс қозғалысқа айтылады.

Гармоникалық тербелістер ең әпiуайы тербелістер болып есептеледі һәм ол төмендеги себептерге байланысly жүдә жақсылып үйреніледі, табиғатта һәм техникда ушырауыуы тербелістердің көпшиллиги гармоникалық тербеліске жақын болады, екіншиден һәр түрлі қурамалы тербелістердің өзиде гармоникалық тербелістер жиындысынан турады деп қарау мүмкін.

Гармоникалық тербеліс теңлемесі төмендегисхе жазылады.

$$x = A \cos (\omega t + \varphi) \quad (1)$$

Бундағы A һәм φ лар тұрақты шамалар буларды басылапқы шарттери бойынша анықтау мүмкін. Хақықатындада x тиң уақыт бойынша алынған синус нызамы бойыншада характерлеу мүмкін. Онда (1) теңлемени төмендегисхе жазыу мүмкін.

$$x = A \sin (\omega t + \varphi) \quad (2)$$

Бундағы A көбейтуші-амплитуда, ал аргумент $\omega t + \varphi$ -фаза, φ тұрақтысы, тербелістің дәслепки фазасы деп аталады. Косинус $+1$ ден -1 ге шекемги мәністерди қабыл еткені үшін x һәм $+A$ дан $-A$ ға шекемги мәністерди қабыл етеді. 1 һәм 2 теңлемелер гармоникалық тербеліс теңлемелери деп аталады.

Terbeliw jiyiligi hám dáwiri. Terbeliw jiyiligi hám dáwiri terbelmeli qozǵalıstı xarakterlewshı fizikalıq shamalardıń biri bolıp esaplanadı. Aylanbalı qozǵalıstaǵı deneniń aylanıw jiyiligi, ω aylanıw dáwiri menen tómendegidey baylanısqa iye boladı.

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T} \quad (3)$$

Bul jerde ω -aylanıwshı deneniń aylanıw jiyiligi, ν -terbeliwshı deneniń terbeliw jiyiligi, T -aylanıwshı yamasa terbeliw dáwiri.

Terbeliw jiyiligi dep, waqıt birligi ishinde terbeliwler sanına teń bolǵan fizikalıq shama. Egerde dene aylanbalı qozǵalıstı jasap atırǵan bolsa onda waqıt birligi ishinde aylanıwlar sanına teń bolǵan fizikalıq shama boladı. Terbeliw dáwiri dep tolıq bir terbeliwge ketken waqıtqa teń bolǵan fizikalıq shamaǵa aytıladı. Egerde dene aylanbalı qozǵalıstı jasap atırǵan bolsa deneniń tolıq bir aylanıwı ushın ketken waqıtqa teń bolǵan fizikalıq shama bolıp esaplanadı. Mısalı: Terbelmeli qozǵalıstaǵı matematikalıq mayatniktiń terbeliw dáwiri tómendegi formula járdeminde anıqlanadı.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (4)$$

Bul jerde l -mayatniktiń uzınlıǵı m de ólshenedi, g -erkin túsiw tezleniw bolıp ol m/s^2 ta ólshenedi.

Al dáwirdiń ózi sekundlarda ólshenedi jıyilik $Gerts = \frac{1}{sek}$ ta ólshenedi. (4) teńlemenı prujinalı mayatnik ushın jazsaq ol tómendegi túrge iye boladı.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (5)$$

Bul jerde m -terbeliwshı deneniń massası, al k -prujinaniń qattılıǵı bolıp ol, N/m de ólshenedi.

Sunday-aq terbeliw dáwiri fizikalıq mayatnik ushın tómendegishe jazıladı.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgr}} \quad (6)$$

Bul jerde I -deneniń terbeliw kósherine salıstırǵandaǵı inerciya momenti, m -mayatniktiń massası, r -deneniń kósherge asılǵan noqattan inerciya orayına shekemgi aralıq.

$$L = \frac{I}{mr} \quad (7)$$

Bul L shaması fizikalıq mayatniktiń keltirilgen uzınlıǵı dep ataladı.

1.2. Terbelmeli qozǵalıstaǵı deneniń tezligi hám tezleniwi.

Basqa qozǵalıslar sıyaqlı terbelmeli qozǵalısta tezlik hám tezleniw menen sıpatlanadı. Bıraq terbelmeli qozǵalısta bul shamalardıń ekewi de bir noqattan ekinshisine bir waqıt momentinde ózgeredi.

Máselen teń salmaqlıq awhalıńın maksimal awısıw noqatlarında da ($x = A$ hám $x = -A$) tezlik nólge teń-bul noqatlarda dene kerı baǵıtta qozǵalıwın baslaw ushın toqtaydı. Teńsalmaqlıq awhalında tezlik maksimal boladı. Al tezleniw kerisinshe deneniń teńsalmaqlıq noqatında nólge teń boladı, sebebi bul noqatta kúsh nólge teń. Al teń salmaqlıq awhalınan maksimal awısıwǵa sáykes keletuǵın noqatlarda ($x = A$ hám $x = -A$) tezleniw maksimal boladı sebebi bul noqatlarda serpimlilik kúshi maksimal boladı. Solay etip, tezlik hám tezleniw terbelmeli qozǵalısta dáwirli túrde ózgeredi. Hár T dáwirden keyin tezlik penen tezleniw vektorlarıńın baǵıtı hám moduli tákirarlana beredi.

Garmonikalıq qozǵalıstaǵı A noqattıń awısıwı tómendegi formula járdeminde anıqlanatuǵın edi.

$$x = A \cos(\omega t + \alpha) \quad (8)$$

Bundaǵı A -terbelis amplitudası, ω -aylanıw jiyiligi, al α -dáslepki faza.

Garmonikalıq qozǵalıstaǵı deneniń bir zamataǵı tezligi.

$$V = A \omega \cos(\omega t + \varphi_0) \quad (9)$$

Bul jerde $A \omega = V$ -tezliktiń amplitudası. Al garmonikalıq qozǵalıstaǵı

$$a = -A \omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0) \quad (10)$$

Bul jerde $A \omega^2 = a_0$ -tezleniw amplitudası. Garmonikalıq terbelisti keltirip shıǵarıwshı kúsh mınaǵan teń.

$$F = ma = -mA \omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0) = -m \omega^2 x \quad (11)$$

Bul jerde $m A \omega^2 = F_0$ -amplituda kúshi, m -terbeliwshi dene massası kg da ólsenedi.

Dene bir waqıttıń ózinde birneshe terbelmeli qozǵalısqı qatnasıwı múmkin. Bunday jaǵdayda terbelisler qosıladı. Bul usıldı eki jaǵday ushın kórip óteyik.

1. Qosılıwshı eki terbelis bir tuwrınıń boyında jaylasqan bolsın hám ekewide bir tárepke qaray baǵıtlansın, birdey dáwirge iye bolsın, biraq hár qıylı amplitudaǵa hám dáslepki fazaǵa iye bolsın. Qosılıwshı eki terbelis teńlemesi tómendegidey túrge iye boladı.

$$x_1 = A_1 \sin(\omega t + \varphi_1), \quad x_2 = A_2 \sin(\omega t + \varphi_2) \quad (12)$$

Bul jaǵdayda juwmaqlawshı terbelis teńlemesi

$$x = x_1 + x_2 = A \sin(\omega t + \varphi_0) \quad (13)$$

Bul jerde $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$ -juwmaqlawshı tolqınnıń amplitudası:

$$\varphi_0 = \arctg \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2} \text{ -juwmaqlawshı tolqınnıń dáslepki fazası.}$$

2. Eki qosılıwshı tolqınlar bir-birine perpendikulyar bolsın hámde birdey terbeliw dáwirine iye bolsın, biraq terbeliw amplitudası hámde dáslepki fazası hár qıylı bolsın juwmaqlawshı terbelistiń traektoriya teńlemesi

$$\frac{x_1^2}{A_1^2} + \frac{x_2^2}{A_2^2} - 2 \frac{x_1 x_2}{A_1 A_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1) \quad (14)$$

1.3. Garmonikalıq terbelmeli qozǵalıstıń energiyası.

Massası m bolǵan materiyallıq noqat kvaziserpimli

$$f = -kx$$

Kúshtiń tásirinde terbeletuǵın bolsın, bundaǵı x -teńsalmaqlıq awhaldan awısıwı. Materiyallıq noqat terbelgenlikten onıń tezligi boladı, onda ol kinetikalıq energiyaǵa iye boladı.

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 \quad (15)$$

Sonıń menen qatar terbeliwshı noqattıń potenciayallıq energiyasında boladı.

Hár túrli orınlardaǵı noqatlardıń hár túrli bolatuǵınlıǵı onıń kinetikalıq energiyasınıń (E_k) waqıtqa baylanıslı ózgerip turatuǵınlıǵın kórsetedi. Sonlıqtan onıń potenciayallıq energiyasında ózgeretuǵınlıǵı málim. Potenciayallıq energiya deneniń orın awıstırıwı (x) ushın sırtqı kúshlerdiń atqaratuǵın jumısı menen ólshenedi. Serpimli kúsh jumısınıń san mánisi $kx^2 / 2$ ge teń bolatuǵınlıǵı bizge belgili. Solay etip terbeliwshı noqattıń potenciayallıq energiyası

$$E_p = \frac{1}{2} kx^2 \quad (16)$$

(15) hám (16) formulalardaǵı v menen x -tiń ornına (8) hám (9) formuladaǵı mánislerin qoysaq, minaǵan iye bolamız.

$$E_k = \frac{1}{2} mA^2 \omega^2 \sin^2(\omega t + \varphi) \quad (17)$$

$$E_p = \frac{1}{2} k A^2 \cos^2(\omega t + \varphi) \quad (17a)$$

awısıwdıń kinetikalıq energiyası E_k nólge teń boladı. Teń salmaqlıq awhaldı basıp ótken waqıtta kinetikalıq energiya maksimum mániske iye boladı. Bul noqatta potentsiyal energiya nolge teń boladı.

Terbeletuǵın noqattıń E tolıq energiyası E_k kinetikalıq hám E_p potentsiyallıq energiyalardıń qosındısına teń boladı.

$$E = E_k + E_p = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 \sin^2(\omega t + \varphi) + \frac{1}{2} k A^2 \cos^2(\omega t + \varphi)$$

Bul jerde $m \omega^2 = k$ dep belgilep alıńanlıqtan tolıq energiyanı mına túrde jazıwǵa boladı, yaǵniy

$$E = \frac{1}{2} k A^2 \sin^2(\omega t + \varphi) + \frac{1}{2} k A^2 \cos^2(\omega t + \varphi)$$

Bunnan

$$E = \frac{1}{2} k A^2 \quad (18)$$

yaǵniy terbeliwshi noqattıń tolıq energiyası E terbelis amplitudasınıń kvadratına jáne k serpimlilik koeffitsiyentine proporcional boladı.

$$k = m \omega^2 = m \frac{4\pi^2}{T^2}$$

teńliginen paydalanıp (18) formulanı mına túrde jazıwǵa boladı:

$$E = \frac{2\pi^2}{T^2} A^2 \quad (19)$$

(18) hám (19) formulalardan tolıq energiya terbelis waqtında turaqlı bolatuǵınlıǵın kórsetedi, energiyanıń saqlanıw nızamı boyınshada solay bolıwı kerek.

Ен шетки awısıw waqtında barlıq energiya potenciyaalıq energiyağa aylanadı, terbeliwshi noqat teńsalmaqlıq awhaldan ótken waqıtta, barlıq energiya kinetikalıq energiyağa aylanadı:

Terbeliwshi noqattın basqa orınların bárinde energiyanı eki túride boladı.

Bul ayılǵanlardan terbelmeli qozǵalıw waqtında energiya barlıq waqıtta da potenciyaalıq energiyadan kinetikalıq energiyağa jáne kerisinshe aylanıp otıratuǵınlıǵın kóriwge boladı.

Bul waqıtta yaǵniy bir T dáwir ishinde tolıq E energiya kinetikalıq E_k energiyağa aylanadı jáne eki ret (eki ret shetke awısıwıda) tolıǵı menen potenciyaalıq E_p energiyağa aylanadı. Endi energiyanı birese kinetikalıq energiyağa, birese potenciyaalıq energiyağa aylanatuǵının eske alıp, energiyanı «terbelisi» jóninde aytıwǵa boladı. Bunnan energiya «terbelisiniń» T' dáwiri terbelmeli qozǵalıstın T dáwirinen eki ese kem ekenligin kóriwge boladı.

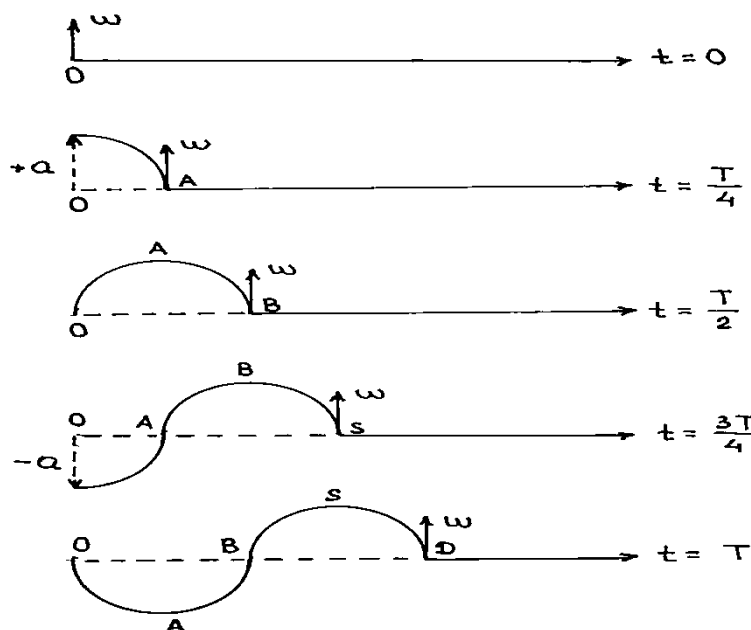
II bab. Mexanikalıq tolqınlardıń qásiyetleri.

2.1. Tolqınlardıń serpimli ortalıqta tarqalıwı.

Terbeliwshi hár bir noqat barlıq bóleksheler menen tıgız óz-ara baylanısqa boladı. Onda bul noqattıń terbelis energiyası onı qorshap turǵan basqa noqatlardı berilip, olardı terbelitiwi múmkin. Terbelistiń bir ortalıqta tarqalıwı tolqın dep ataladı. mısalı suwǵa tas ılaqtırsa suwdıń betinde tolqınlar payda boladı; suw betiniń tas túsken jeriniń átirapı terbeledi, bul terbelis usı átiraptan hár tárepke tarqala baslaydı hám suwdıń betinde tolqın payda boladı. Tolqınlardıń payda bolıwına jáne bir mısal etip jipti alıwǵa boladı, onıń ushın bekitiń ekinshi ushın silkitip terbeltsek, tolqın jiptiń boyı menen tarala baslaydı, yaǵnıy jiptiń boyı menen terbelis tarqaydı.

Terbelis tarqaǵan waqıtta terbeliwshi bóleksheler terbeliw processı menen birge orın awıstırmay, óziniń teńsalmaqlıq átirapında terbeledi.

Egerde bóleksheler terbelis tarqalatuǵın tuwrınıń boyı menen terbeletuǵın bolsa, onda bunday tolqın boylama tolqın dep ataladı. Egerde bólekshelerdiń terbelisi terbelistiń taralıw baǵıtına perpendikulyar bolsa, onda bunday tolqın kóldeneń tolqın dep ataladı.



2-súwret.

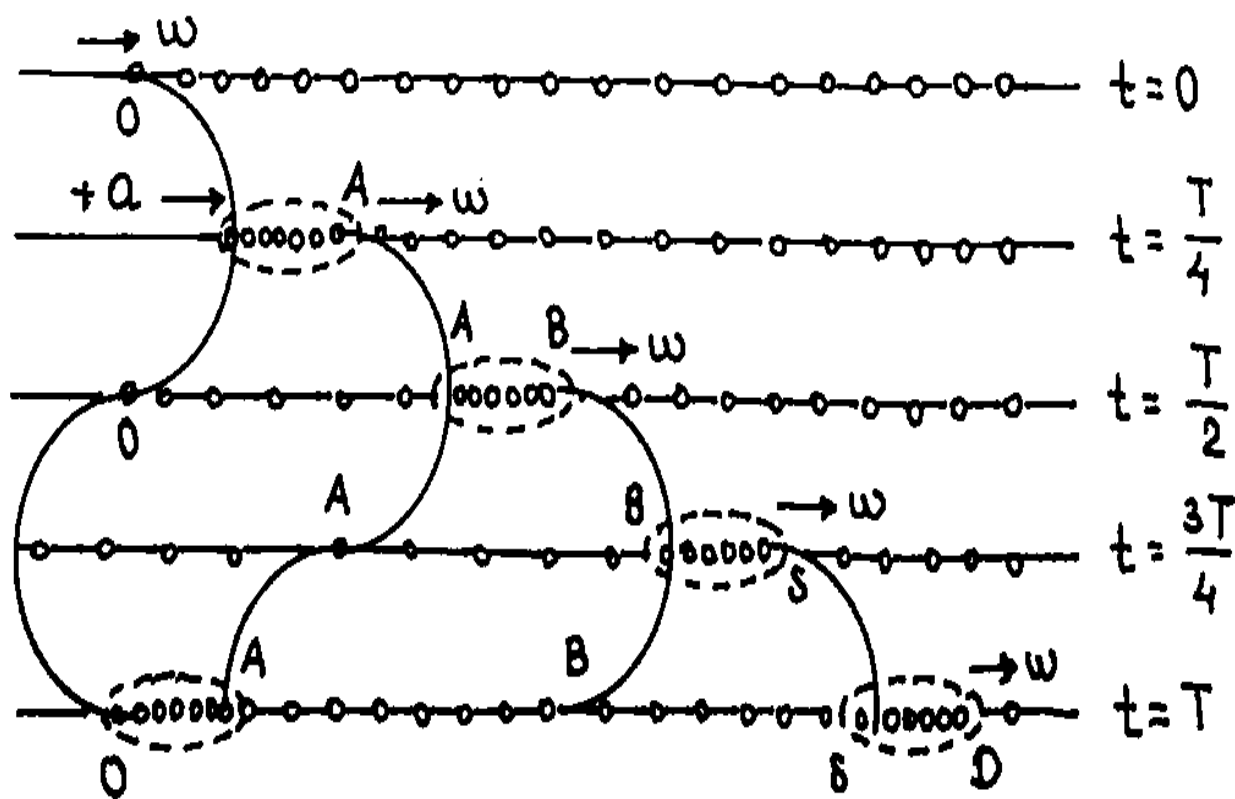
Kóldeneń tolqınıń
tarqalıw sxeması.

2-súwrette kóldeneń tolqınnıń tarqalıw sxeması kórsetilgen. 2-súwrette hár qıylı waqıt momentindegi tolqın bólekleriniń ornalasıwı kórsetilgen. Onıń birinshi jolında tolqın bóleksheleriniń dáslepki $t = 0$ momentindegi orınları kórsetilgen, bul jerde tolqınnıń barlıq bólekleri teńsalmaqlıq awhalında turǵanın kórsetedi, tek shetki o bólegindegi joqarı baǵıtlangan ω -tezleniw kórsetilgen. Ekinshi jolda tolqın bólekleriniń qozǵalıp baslaǵannan keyin sherek dáwir ótkennen keyingi orınları kórsetilgen: bul waqıtta o bólegi joqarǵı eń shetki ornına jetken, A bólegi tek joqarı baǵıtlangan ω tezleniw ǵana alınǵan. Úshinshi jolda bóleklerdiń qozǵalıp baslaǵannan soń yarım dáwir ótkennen keyingi orınları kórsetilgen; bul waqıtta o bólegi teńsalmaqlıq awhalına ótip, tómén qaray awısqa, A bólegi joqarǵı eń shetki ornına jetken. B bólegi tek joqarǵı baǵıtlangan ω tezleniw ǵana alınǵan. Tórtinshi jolda bóleklerdiń qozǵala baslaǵannan keyin dáwirdiń tórtten úsh bólegi ótilgennen keyingi orınları kórsetilgen; bul waqıtta o bólegi tómendegi eń shetki orınǵa jetedi. A bólegi teńsalmaqlıq awhaldan ótip, tómén qaray awısadı. B bólegi joqarǵı eń shetki orınǵa jetedi; s bólegi tek joqarı baǵıtlangan ω tezleniw ǵana alınadı. Sonıda, besinshi jolda bóleklerdiń qozǵalıp baslaǵannan soń bir tolıq dáwir ótkennen keyingi orınları kórsetilgen: bul waqıtta o bólegi taǵı da teńsalmaqlıq awhalına ótedi hám joqarı qaray awısadı: A bólegi tómengi shetki orınǵa jetedi: B noqattı teńsalmaqlıq awhaldan ótip, tómén qaray awısadı. s bólegi joqarǵı eń shetki orınǵa jetedi: D bólegi tek joqarı qaray baǵıtlangan ω tezleniw ǵana alınadı. Tolqınlardıń tarqalıwın jánede alǵa qaray izertlewge boladı.

3-súwrette boylama tolqınnıń tarqalıw sxeması kórsetilgen. Boylama tolqınnıń ayırmashılıǵı sonda tolqınnıń terbeliw baǵıtı menen tarqalıw baǵıtı birdey baǵıtta boladı.

Bunda tolqın bólekleriniń bir birine jaqınlasatuǵının hám alıslasatuǵının kóriwge boladı. 3-súwrette tıǵızlangan ortalıqlar punktir sızıq penen qorshalǵan. Tolqın tarqalǵan waqıtta tıǵızlıǵı artıp hám siyreklesiw bir biri menen orın

almasıp turadı. Ortalıqta tarqalıp atırǵan tolqınnıń kóldeneń yamasa boylama tolqın bolıwı tarqalıp atırǵan ortalıqtıń serpimliligi menen baylanıslı.



3-súwret. Boylama tolqınnıń tarqalıw sxeması.

Egerde ortalıqtıń bir qabatı ekinshi qabatına salıstırǵanda awısıwı nátiyjesinde onı teńsalmaqlıq awhalına qaytarıwshı serpimlilik kúshler payda bolsa, onda ortalıqta (ulıwma alganda qattı ortalıq sonday ortalıqqa jatadı) kóldeneń tolqınlar taralıwı múmkin. Ortalıqtıń parallel qabatları bir birine salıstırǵanda awısqaq waqıtta serpimli kúshler payda bolmasa, onda kóldeneń tolqınlar payda bola almaydı.

Mısalı suyıqlıq penen gazler kóldeneń tolqınlar tarqay almaytuǵın ortalıqlar (bul ayılǵanlar kóldeneń tolqınlar tarqala alatuǵın suyıqlıq beti jatpaydı ondaǵı kóldeneń tolqınlardıń sıpatı bir qansha quramalı bolıp esaplanadı: onda bólekleri sheńber boylap ellips tárizli tuyıqlanǵan traektoriyalar menen qozǵaladı). Eger qısılıw hám sozılıw deformaciyaları waqtında ortalıqta serpimli kúshler payda bolsa, onda bunday ortalıqta boylama tolqınlar tarqala aladı. Mısalı suyıq penen gaz qısılǵan waqıtta basımı artadı, al artqan bólimniń kúshi qısılıw deformaciyası

waqtında serpimli kúshitiń rólin atqaradı. Suyıq penen gazde tek boylama tolqınlar ǵana tarqala aladı. Qattı denelerde kóldeneń tolqınlar menen birge boylama tolqınlarda payda bolıwı múmkin.

Boylama tolqınnıń tarqalıw tezligi g ortalıqtıń serpimlilik koefficienti (α) menen ortalıqtıń tıǵızlıǵı (ρ) ǵa kvadrat kóren astında kerı proporcional boladı.

$$g = \sqrt{\frac{1}{\alpha\rho}}$$

Bul teńlikti juwıqlap alınǵan ekinshi teńleme menen almasırwǵa boladı:

$$g = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Bul jerde E -ortalıqtıń Yung moduli.

Kóldeneń tolqınnıń tarqalıw tezligi jılıwıw moduli (N) ne baylanıslı:

$$g = \sqrt{\frac{N}{\rho}}$$

Terbelistiń belgili bir fazasınıń bir terbelis dáwiri ishinde tarqalatuǵın ara qashıqlıǵı tolqın uzınlıǵı dep ataladı; hám tolqın uzınlıǵı λ háribi menen belgilenedi.

4-súwrette bir-birinen qashıqlıqları λ ǵa teń eki noqat salıstırılıp kórsetilen. Súwretten tolqın uzınlıǵı degenimiz fazaları birdey terbelip turǵan noqatlardıń eń jaqın aralıǵı ekenligi anıq kórinedi. Tolqınlardıń tarqalıw tezligi, yaǵnıy terbelistiń berilgen fazasınıń tarqalıw tezligine aytıladı.

Birdey fazalıq betin yamasa tolqın betin jasaydı. Tolqın frontı tolqın betiniń aldınǵı beti boladı. Eger ortalıq izotroplı bolsa, onda terbelisler oraydan hár tárepke birdey tarqaladı, bul jaǵdayda tolqın frontıda, birdey fazalıq betleri de sferal bolıp shıǵadı, olardıń orayları terbeliw orayı bolıp esaplanadı. Ádette, tolqın frontınıń radiusı boyınsha belgili fazaǵa iye terbelis t waqtı ishinde

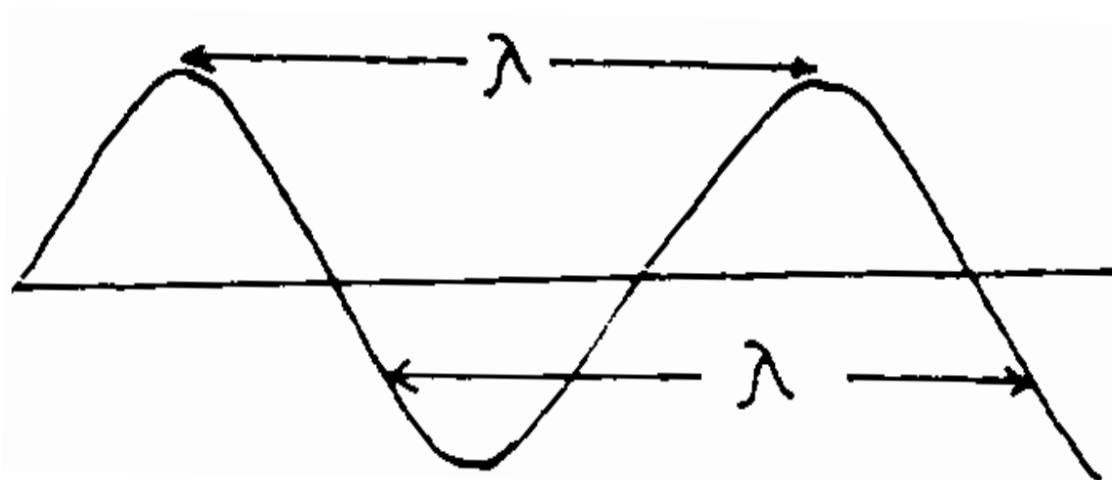
tarqalatuǵın kesindi boladı (bundaǵı t orayda ornasqan noqat terbelistiń basıman baslap ótken waqıt). Sonda

$$r = g t$$

Bul jerdegi g -tolqınıń tarqalıw tezligi.

Tolqın frontınıń forması tolqınıń túrin anıqlaydı. Mısalı, fronttıń tegislik boylap tarqalatuǵın bolsa tegis tolqın dep ataladı.

Terbelisler tarqalatuǵın baǵıtlar nurlar dep ataladı. Izotroplı ortalıqta nurlar tolqın frontına perpendikulyar boladı: tolqın frontı sfera bolǵanında nurlar radiusler baǵıtı menen baǵıtlanadı.



4-súwret. Birdey fazada terbeletuǵın bir-birine jaqın eki noqattıń arası tolqın uzınlıqtı λ anıqlaydı.

Mısalı $t = 0$ ge teń bolǵan waqıtta 2-súwrette kórsetilgen O noqattıń dáslepki fazası bar, yaǵnıy teńsalmaqlıq awhaldan shıqqan waqıtı, T waqıt aralıǵı ótkennen keyin O noqatınan λ qashıqlıqta turǵan D noqatı dáslepki fazaǵa iye boladı. Olay bolsa T dáwirine teń waqıt ishinde dáslepki faza λ tolqın uzınlıǵına teń aralıqta tarqaladı. Bunnan fazalıq tezliktiń mınaday anıqlaması shıǵadı:

$$g = \frac{\lambda}{T}$$

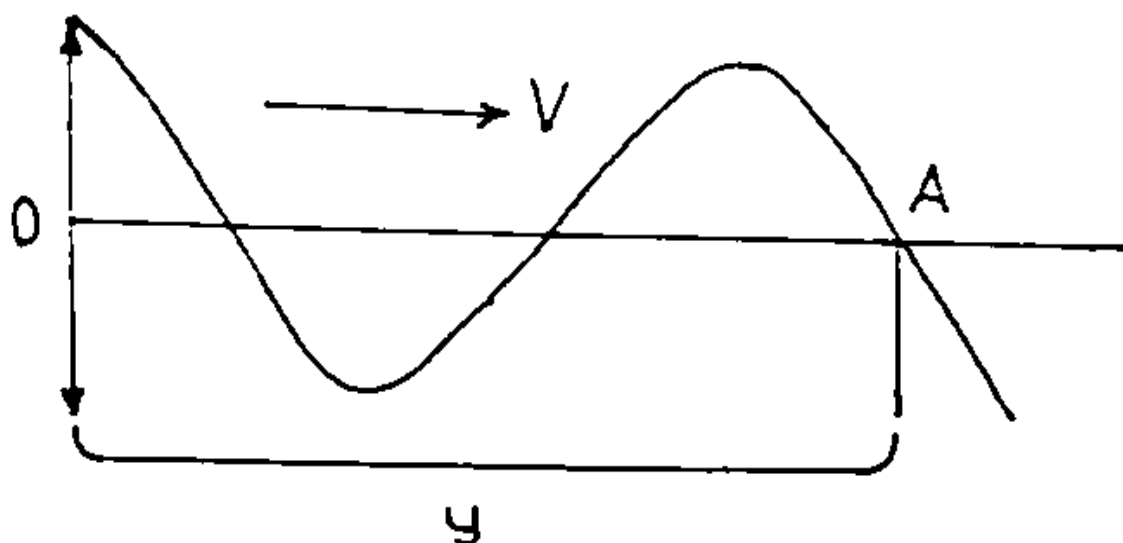
Terbelis tarqalıp atırǵan noqat (terbelis orayı) bir tutas ortalıqta terbeledi dep oylayıq. Belgili bir waqıt ishinde terbelistiń barıp jetken noqatlarınń geometriyalıq ornın tolqın frontı dep atayıq. Solay etip ortalıqta birdey fazada terbeletuǵın noqatlardıń geometriyalıq ornın da ayırıp kórsetiwge boladı; bul noqatlardıń qosındısı.

2.2. Tolqınlardıń sıpatlaması

Tolqınlıq procesti analitikalıq jol menen qalayınsha sıpatlawǵa bolatuǵınlıǵın anıqlayıq.

Eń dáslep bir tuwrınıń boyı menen. Mısalı: bir ushı terbelip turǵan jiptiń boyı menen, tarqalatuǵın juǵırıwshı tolqınlardı qarastırayıq. Noqattıń teń salmaqlıq awhaldan awısıwın x háribi menen belgileyik. Egerde boyı menen tolqın taralıp atırǵan tuwrınıń hár bir noqatında waqıt birligi ishindegi x -tiń mánisin anıqlaytuǵın bolsaq, onda tolqın processı belgili boladı. Basqasha aytqanda, noqattıń x awısıwın waqıt penen noqattıń teńsalmaqlıq awhaldagı koordinatalarınıń funkciyası retinde biliwimiz kerek.

Koordinatalar bası retinde terbelisler orayı bolatuǵın tuwrınıń boyındaǵı o noqatın saylap alayıq 5-súwret.



5-súwret. Tolqın sıpatlamasın kórsetiwshi sıızılma.

O noqatidagi terbelisler minaday nizam boyinsha terbeledi deyik:

$$x = a \cos \omega t \quad (20)$$

Bundagi a -terbelisler amplitudasi, ω -aylanbali jiyilik, t -terbelis baslangannan baslap otken vaqt.

Tuwrinin boyi menen qalegen bir A noqatin alip qarayiq, onin koordinatalar basiman qashiqligi y bolsin. Terbelisler O noqatidan baslap tarqalip ol A noqatiga minaday waqitta kelsin

$$\tau = \frac{y}{g} \quad (21)$$

Bul jerde g tolqinnin tarqaliw tezligi. Sonin menen birge A noqati O noqatiga qaraqanda keshigip τ waqt otkennen keyin terbele baslaydi. Biz qarastirip atirgan tuwrinin boyi menen tarqalip atirgan tolqinlar otpeydi dep esaplayiq, onda A noqatiga jetkende, ol noqat a amplitudasi hamde ω aylanbali jiyilik penen terbele baslaganın koremiz, yagniy A noqatının tehsalmaqlıq awhaldan x awısıwı mınağan teń boladı.

$$x = a \cos \omega t' \quad (22)$$

Bul jerdegi t' – A noqati terbele baslagan momentten baslap esaplangan waqt. Al joqarida aytilganday, A noqati O noqatiga qaraqanda τ waqittan keyin terbele baslaydi.

Onda $t' = t - \tau$ ga teń boladı. t' -usı mánisin (22) teńlemege qoysaq, minaday boladı:

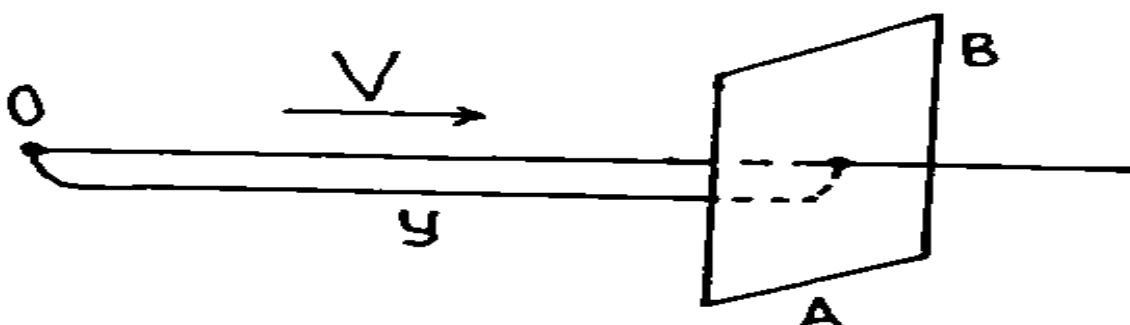
$$x = a \cdot \cos \omega (t - \tau)$$

yamasa bundagi τ -dın ornına (21) teńlemedegi onın mánisin ákelip qoysaq,

$$x = a \cos \omega \left(t - \frac{y}{g} \right) \quad (23)$$

Bul teńleme-waqıttıń (t -nıń) hámde A noqatınıń O terbeliw orayınan qashıqlıǵınıń funkciyası retinde kórsetilgen x awısıwınıń teńlemesi. Bul teńleme OA tuwrısınıń boyı menen tarqalatuǵın tolqınıń biz izlep atırǵan sıpatlamasın beredi.

(23) teńlemedegi y baǵıtı boyınsha tarqalatuǵın tegis tolqınıń sıpatı boladı. Haqıyqatındada bul jaǵdayda y baǵıtına perpendikulyar qálegen AB tegisligi boyınsha birdey fazalar tegisligi boladı.



6-súwret. Tegis tolqın ushın birdey fazalar tegisligi.

(6-súwret), olay bolsa, bul tegisliktiń barlıq noqatlarınıń waqıt birliǵi ishindegi x awısıwınıń shaması birdey boladı, ol tek tegisliktiń koordinatalar basınan O dan qashıqlıǵı y arqalı anıqlanadı.

Egerde y qashıqlıqtaǵı bolǵan qarama-qarsı baǵıtta tarqalatuǵın tegis tolqındı alatuǵın bolsaq, onda (23) teńlemedegi y ornına $(-y)$ ti alıw kerek, onda tolqınıń teńlemesi mınaday túrde boladı

$$x = a \cdot \cos \omega \left(t + \frac{y}{g} \right) \quad (23a)$$

Aylanbalı tezliktiń g tolqınıń qatnası $\frac{\omega}{g} = \frac{2\pi}{gT} = \frac{2\pi}{\lambda}$ ge teń ekenligin esapqa alsaq (23) teńlikti tómendegishe jazıwǵa boladı.

$$x = a \cos \left(\omega t - 2\pi \frac{y}{\lambda} \right),$$

Bundağı λ tarqalıp atırğan tolqınnıń tolqın uzınlıǵı, yamasa, eger ω aylanbalı jiyiliktiń ornına $\vartheta = \frac{\omega}{2\pi}$ di qoysaq onda

$$x = a \cos 2\pi \left(\vartheta t - \frac{y}{\lambda} \right) \quad (24)$$

OA tuwrınıń boyı menen tarqalatuǵın tolqındı (5-súwret) mısál etip (23) teńlemeden kelip shıǵatuǵın nátiyjeni kórip óteyik. Tolqın processı-qos dáwirli process.

(23) formuladaǵı kosinustıń argumenti eki ózgeriwshi t waqıtta hám y koordinataǵa ǵárezli. Sonıń menen tolqın keńislik jaǵınan hám waqıt jaǵınan qos dáwirli bolıp esaplanadı. Waqıttıń berilgen momenti ushın (23) teńleme x bólimleriniń koordinatalar basınan y qashıqlıǵınıń funkciyası retindeǵı awısıwdıń bóliniwin kórsetedi; juǵırıwshı tolqınnıń tásirinde terbelgen bólekler berilgen waqıt t momentinde kosinustarda boyı menen ornasadı. y -tiń belgili mánisi menen xarakterlenetuǵın berilgen bólek waqıtqa baylanıslı garmonikalıq terbelmeli qozǵalıǵı jasaydı, onda

$$x = a \cos \omega \left(t - \frac{y}{\vartheta} \right) = a \cos(\omega t - \alpha), \text{ bundaǵı}$$

$$\alpha = \frac{\omega y}{\vartheta} = 2\pi \frac{y}{\lambda} \quad (25)$$

ǵa teń boladı.

Usı α berilgen noqat ushın turaqlı shama hámde sol noqattaǵı terbelistıń dáslepki fazası boladı.

Koordinatalar basınan qashıqlıqları y_1 menen y_2 -ge teń eki noqattıń fazalar ayırması tómendegishe boladı:

$$\alpha_2 - \alpha_1 = 2\pi \frac{y_2 - y_1}{\lambda} \quad (26)$$

Bunnan bir-birinen qashıqlıqları λ -ğa teń, yaǵnıy $y_2 - y_1 = \lambda$, eki noqattıń fazalar ayırması $\alpha_2 - \alpha_1 = 2\pi$ ge teń bolatuǵınlıǵın kóremiz.

Olardıń berilgen hár bir t waqıt momentindegi x awısıwlarınıń shamalarıda, baǵıtlarda birdey boladı.

Bunday eki noqat birdey fazası menen terbeledi dep ayıladı.

Bir-birinen qashıqlıǵı $y_2 - y_1 = \frac{\pi}{2}$, yaǵnıy yarım tolqınǵa teń bolatuǵın, noqatlardıń fazalar ayırması $\alpha_2 - \alpha_1 = \pi$; bunday noqatlar qarama-qarsı fazalar menen terbeledi dep ayıladı, yaǵnıy berilgen waqıt momentinde olardıń awısıwlarınıń absolyut shaması birdey, belgileri hár túrli bolad: eger bir noqat joqarı qaray awıssa, ekinshisi tómén qaray awıtqıydı hámde kerisinshe boladı.

Joqarıda kórip ótilgen bir tuwrınıń boyı menen tarqalatuǵın tolqınlar tolqınlardıń tegis túri bolıp esaplanadı.

Serpimli ortalıqlarda tolqınlardıń basqa túri, mısalı, sferalıq tolqınlar bolıwı múmkin. Sferalıq tolqınlar amplitudası terbeliw dereǵınıń r qashıqlıǵına kerı proporcional bolıp kemeyedi.

Awısıwdıń koordinatalar menen waqıtqa baylanıslı ózgeriwi tómendegishe kórsetiledi

$$x = \frac{a}{r} \cos \omega \left(t - \frac{r}{g} \right) \quad (27)$$

Waqıt birligi ishinde fazalar beti $t = \text{const}$ teńlemesi menen anıqlanadı yaǵnıy ol radiusı r ge teń bolǵan sfera boladı. Bunday tolqındı sferalıq tolqın dep ataydı.

2.3. Sferalıq tolqınlar. Tegis sinusoidal ses tolqını. Ses tolqınınıń energiyası.

Sferalıq tolqınlar(sfera boyınsha tarqalatuǵın tolqınlar dep ataladı). mısalı: radio dinamiginen shıqqan ses tolqınları úlken qashıqlıqlarda sferalıq bet boyınsha tarqaladı. Barlıq noqatlar (bóleksheleri) birdey qozǵalı jasaytuǵın bir tekli ortalıqtıń beti *tolqınlıq bet* dep ataladı. sferalıq tolqınınıń orayında tolqın deregi turatuǵın qálegen sferalıq bet bolıp tabıladı.

Suw betindegi tastı tastı taslap jibergende payda bolatuǵın tolqınlar *sheńber tárizli tolqınlar* dep ataladı.

Tolqınlıq qozǵalıslardıń ápiwayı túri bir baǵıtta tarqalatuǵın tolqınlar bolıp tabıladı (nay ishinde bir tárepke tarqalatuǵın ses tolqınları, sterjen boyınsha tarqalatuǵın serpimli tolqınları). Bunday jaǵdayda tolqınlıq bet *tegis bet* bolıp tabıladı (nayǵa yáki sterjenge perpendikulyar bet).

Bóleksheler tolqınınıń taralıw baǵıtında terbeletuǵın tolqınlar *boylyq tolqınlar* dep ataladı (mısalı ses tolqınları, súwrette kórsetilgendey nay boyınsha terbeliwshi porshen tárepinen qozdırılǵan tolqınlar). Bólekshelerdiń terbeliwi tolqınınıń taralıw baǵıtına perpendikulyar bolatuǵın tolqınlar kóldeneń tolqınlar dep ataladı. bunday tolqınlarǵa suw betindegi tegis tolqınlar, elektromagnit tolqınları kiredi. Sonday-aq kóldeneń tolqınlar tartılıp qoyılǵan arqan boyınsha da tarqaladı.

Tolqınlardıń suyıqlıqlarda yamasa gazlerde (hawada) tarqalǵanın qaraǵanımızda bul ortalıqlar bólekshelerden turadı dep esaplaymız (atom hám molekulalar sózleri bóleksheler sózi menen almstırıladı).

Tar boyınsha tarqalatuǵın tolqınlar eń ápiwayı tolqınlar qatarına kiredi. Usı tolqında tolıǵıraq qarayıq. «Tómenge qaray iymeygen» orın tardıń boyı boyınsha belgili bir v tezligi menen qozǵaladı. Qozǵalı barısında bul orın formasın

ó zgertpeydi. Tezliktiń bul shaması tardıń materialına hám tardıń keriliw kúshine baylanıslı boladı. s shamasın *tolqınnıń tarqalıw tezligi* dep ataymız.

Tegis sinusoidalıq ses tolqını. Joqarıda kórsetilgen súwrettegi porshen ses jiyiliklerinde (16 dan 10000 gts shekem) hám kishi amplitudalar menen qozǵalatuǵın bolsa onda nayda tarqalatuǵın tolqın tegis tolqın bolıp tabıladı. Porshen Ω jiyiligindegi garmonikalıq terbelis jasasa payda bolǵan tolqın sinusoidal tegis tolqın boladı.

Meyli porshen $y_0(t) = A \cos \omega t$ garmonikalıq terbelis jasasın. Porshenge tiyip turǵan gaz molekulaları da usınday terbelis jasay baslaydı. Porshennen x qashıqlıǵında turǵan bóleksheler $\tau = x / s$ waqtı ótkennen keyin keshigip terbele baslaydı. Sonlıqtan bul bólekshelerdiń terbelisin bılay jazıwǵa boladı:

$$y(x, t) = A \cos \omega(t - \tau) = A \cos(\omega t - \omega \frac{x}{s}) \quad (28)$$

Bul *juwırıwshı tegis sinusoidal tárizli tolqınnıń analitikalıq jazılıwı*. $u(x, t)$ koordinata x penen waqt t nıń funkciyası bolıp tabıladı. Bul formula tolqın dereginen x aralıǵında turǵan bóleksheniń qálegen t waqt momentindegi teńsalmaqlıq haldan awısıwın beredi.

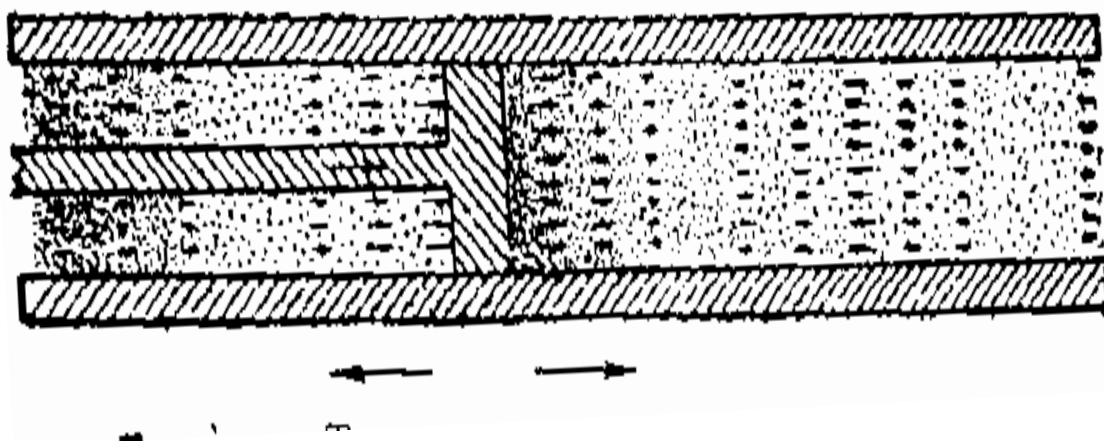
Barlıq bóleksheler jiyiligi ω , amplitudası A bolǵan garmonikalıq qozǵaladı. Biraq hár qanday x koordinatalarǵa iye bólekshelerdiń terbeliw fazaları hár qıylı boladı. *Tolqın frontınıń* x kósherine perpendikulyar tegislik ekenligi anıq.

$$y = A \cos \omega(t + \frac{x}{s}) \quad (29)$$

Funkciyası x kósheriniń teris mánisleri baǵıtında tarqalatuǵın juwırıwshı sinusoidal tolqındı táripleydi.

Bóleksheler tezlikleri tolqını tómendegidey túrge iye:

$$\partial y / \partial t = -A \omega \sin(\omega t - \omega \frac{x}{s}) \quad (30)$$



7-súwret. Tutas ortalıqlar terbelislerin payda etiwge arnalğan sizilma.

Birdey fazada terbeletuǵın bir-birine eń jaqın turǵan noqatlar aralıǵı *tolqın uzınlıǵı* dep ataladı. bir-birinen s qashıqlıǵında turǵan noqatlar terbelisindegi fazalar ayırması

$$\varphi_s = (\omega s) / s = (2\pi s) / sT \quad (31)$$

Ańlatpası járdeminde anıqlanadı. Bul jerde $T = 2\pi / \omega$ sinusoidalıq tolqındaǵı noqatlardıń garmonikalıq terbelisiniń jiyiligi. Bunday jaǵdayda birdey fazada terbeletuǵın bir-birine jaqın noqatlar terbelisindegi fazalar ayırması 2π ge teń bolıwı kerek, yaǵnıy:

$$\varphi_F = 2\pi = \omega F / s = 2\pi / sT \quad (32)$$

Bunnan

$$F = sT \quad (33)$$

Tolqın tarqalǵanda bir bóleksheden ekinshilerine *energiya* beriledi. Sonlıqtan *tolqınlıq qozǵalıǵı keńisliktegi energiyanıń beriliwiniń bir túri bolıp tabıladı.*

Ses tolqını energiyası. Bir birlik kólemde jaylasqan bólekshelerdiń kinetikalıq energiyası (yaǵnıy kinetikalıq energiya tıǵızlıǵı):

$$E_k = \frac{1}{2}(\rho_0 + \rho)v^2 \text{ yamasa } E_k \approx \frac{1}{2}\rho_0 v^2. \quad (34)$$

ρ_0 tolqın kelmesten burıńǵı ortalıqtıń tıǵızlıǵı, ρ -tolqınınıń tásirinde tıǵızlıqqa qosılatuǵın qosımsha tolqın, ϑ -bólekshelerdiń tezligi. ρ nı esapqa almaymız. Garmonikalıq tolqınınıń qálegen noqatındaǵı kinetikalıq energiyanıń tıǵızlıǵı:

$$E_k = \frac{1}{2}\rho_0 \omega^2 A^2 \sin^2(\omega t - \omega x / s) \quad (35)$$

Kólem birligindegi qosımsha qısıluwdan payda bolǵan bir birlik kólemdegi potenciya energiyanı esaplaymız. Basımınıń ósimin r arqalı belgileyemiz. Tınıshlıqtaǵı basım r_0 bolsın.

Basım menen kólemniń ózgerisi adiabata nızamı menen baylanıslı:

$$(r_0 + r)(\vartheta_0 + \vartheta)^k = h_0 \vartheta_0^k \quad (36)$$

Bul jerde ϑ_0 tınıshlıqtaǵı kólem, ϑ -tolqındaǵı bul kólemniń ósiwi. Keyingi formulada $(\vartheta_0 + \vartheta)^k = \vartheta_0^k (1 + \vartheta / \vartheta_0)^k \approx \vartheta_0^k (1 + k \vartheta / \vartheta_0)$ ekenligin esapqa alsaq

$$r = -kr_0 \vartheta / \vartheta_0 \quad (37)$$

Tolqındaǵı kólemniń ózgerisin tabamız. $Sdx = \vartheta_0$ kólemniń alamız. s -naydıń kese-keseminiń maydanı. Awısıwdıń saldarınan bóleksheler

$$\vartheta_0 + \vartheta = S \left[dx + \frac{\partial y}{\partial x} dx \right] \quad (38)$$

kólemniń iyeleydi. Bunnan

$$\vartheta = S \frac{\partial y}{\partial x} dx \quad (39)$$

(31) ni (29) ǵa qoysaq tolqındaǵı basımınıń ózgerisin alamız:

$$r = -k(r_0 / g_0) S \frac{\partial y}{\partial x} dx = -k(r_0 / S dx) S \frac{\partial y}{\partial x} dx = -k r_0 \frac{\partial y}{\partial x} dx \quad (40)$$

Bul formula boyınsha basımın ósımı $\frac{\partial y}{\partial x}$ tuwındısına tuwrı proporcional, al b boyınsha qarama-qarsı. Sestiń ortalıqtaǵı tezliginiń $s = \sqrt{k \frac{\rho_0}{\rho_0}}$ ekenligin esapqa alsaq (40) tı bılay jaza alamız:

$$r = -\rho_0 s^2 \frac{\partial y}{\partial x} \quad (41)$$

Demek $y(x, t) = A \cos(\omega(t - \tau)) = A \cos(\omega t - \omega s)$ tolqınına tómendegidey basımlar tolqını sáykes keledi:

$$r(x, t) = -\rho_0 s^2 (A \omega / s) \sin(\omega t - \omega \frac{x}{s}) = -\rho_0 s A \omega \sin(\omega t - \omega \frac{x}{s}) \quad (42)$$

Demek basım terbelisi fazası boyınsha barlıq waqıtta da bóleksheler tezligi terbelisi menen sáykes keledi. Berilgen waqıt momentinde kinetikalıq energiyanıń tıǵızlıǵı úlken bolsa qısılıwǵa sáykes potencial energiya gazdıń basımın úlkeytiwge (yamasa kishireytiwge) yáki kólemin úlkeytiw (yáki kishireytiw) ushın islengen jumısqa teń. Basım menen kólem kishi shamalarǵa ózgergende olar arasında proporcionallıq orın aladı dep esaplaymız. Sonlıqtan, kólem birliginiń potencial energiyası bılay jazılıwı múmkin:

$$E_p = -\rho g / 2 g_0 \quad (43)$$

Bul formulaǵa (6) nı qoysaq potencial energiyanıń tıǵızlıǵın tabamız:

$$E_p = \frac{1}{2} \rho_0 s^2 \frac{\partial y}{(\partial x)^2} \quad (44)$$

Demek potencial energiyanıń tıǵızlıǵınıń ózgeriw tolqını

$$E_p = \frac{1}{2} \rho_0 s^2 \left[\frac{\partial}{\partial x} A \cos(\omega t - \omega \frac{x}{s}) \right]^2 = \frac{1}{2} E_p = \frac{1}{2} \rho_0 A^2 \omega^2 \sin^2(\omega t - \omega \frac{x}{s}) \quad (45)$$

Eki túrli energiyalar ushın alınğan formulalardı salıstırıp kórip qálegen waqıt momentinde tolqınnıń qálegen noqatında kinetikalıq hám potencial energiyalardıń tıǵızlıqları birdey bolatuǵınlıǵın kóremiz. Sonlıqtan tolıq energiyanın tıǵızlıǵı

$$E = E_p + E_k = \rho_0 A^2 \omega^2 \sin^2 \left(\omega t - \omega \frac{x}{s} \right) \quad (46)$$

Δt kishi waqıt ishinde tolqınlıq qozǵalıǵı $s \Delta t$ uchastkasına tarqaladı. Usıǵan baylanıslı tolqınnıń taralıw baǵıtına perpendikulyar qoyılǵan bir birlik maydan arqalı

$$\Delta U_e = E s \Delta t \quad (47)$$

Energiyası ótedi. $\Delta U_e / \Delta t$ shamasın energiya aǵısı dep ataymız.

$$U_e \Delta U_e / \Delta t = E s = \rho_0 A^2 \omega^2 s \sin^2 \left(\omega t - \omega \frac{x}{s} \right) \quad (48)$$

Energiya aǵısın vektor menen táripleydi. Bul vektordıń baǵıtı tolqınnıń taralıw baǵıtına sáykes keledi. Al san shaması tolqın taralıw baǵıtına perpendikulyar qoyılǵan bettiń bir birliginen waqıt birliǵi ishinde aǵıp ótken tolqın energiyasınıń muǵdarına teń. Bul vektordı *Umov vektori* dep ataydı.

2.4. Tolqınlardıń qosılıwı (interferenciya).

Bir ortalıqta bir waqıtta hár qıylı terbelis oraylarınan shıqqan tolqınlardıń eki túrli sistemaları bir ortalıqqa kelip jetkende qosılıp, keyin qaytadan ajırılıp ketetuǵın bolsa, tolqınlardıń eki sisteması da bir-biri menen ushırasaman degenshe qanday bolıp tarqalǵan bolsa, ushırasıwdan keyin de sonday bolıp tarqalıwın dawam ete beredi. Tolqınlardıń tarqalıwındaǵı usınday bir-birinen gárezsizlik principini *superpoziciya principini* dep ataladı. Bul princip tolqınlıq processlerdiń basın kópshiligine tán boladı.

Suwğa eki tas taslap, superpoziciya principin ańsat baqlawğa boladı. Taslar túsken oraylarda payda bolğan saqıyna tárizli bolıp taralıwın dawam etedi, al orayları tas túsken orınlar bolıp qaladı.

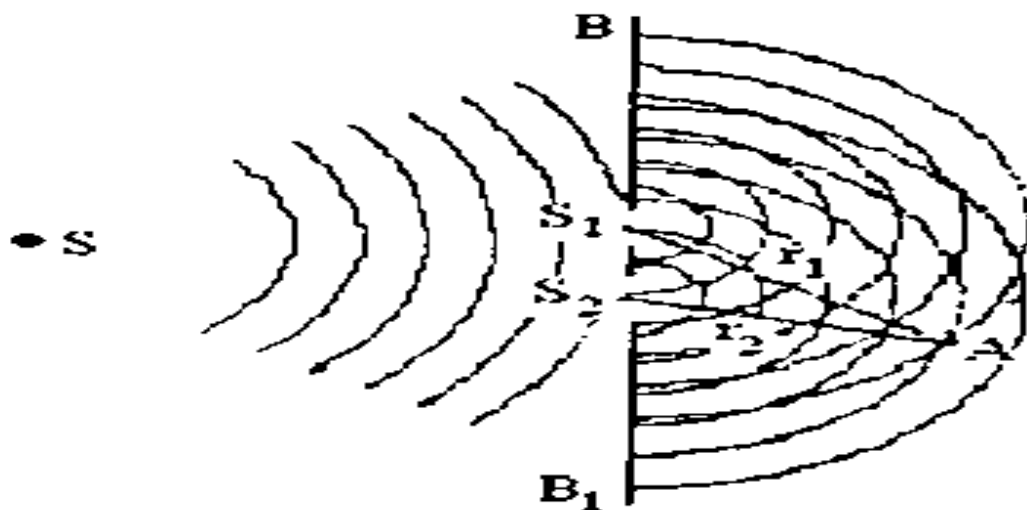
Tolqınlar bir biri menen qosılğan orınlarda terbelisler betlesip, tolqınlardıń qosılıw qubılısı *tolqınlar interferenciyası* bolıp tabıladı. Usınıń nátiyjesinde ayırım orınlarda terbelisler kúsheydi, al basqa orınlarda terbelisler hálsireydi. Ortalıqtıń hár bir noqatındağı qosındı terbelis usı noqatqa kelip jetken barlıq terbelislerdiń qosındısınan turadı.

Qosılatuǵın tolqınlar derekleri birdey jiyilik penen terbelip, terbelis baǵıtları birdey, fazaları da birdey yamasa fazalar ayırması turaqlı bolğan jaǵday ayrıqsha qızıqlı boladı. Bunday tolqın derekleri *kogerentli* dep ataladı. bunday jaǵdayda ortalıqtıń hár bir noqatındağı qosındı terbelistiń amplitudası waqıtqa baylanıslı ózgermeydi. Terbelislerdiń usılayınsha qosılıwı *kogerentli tolqın dereklerinen bolğan interferenciya* dep ataladı.

Terbelislerdiń kogerentli dereklerine mısál retinde tómendegini alıwğa boladı:

s sferalıq tolqın deregin alayıq (8-súwrette kórsetilgen). Tolqınnıń taralıw jolına s ke qarata simmetriyalı s_1 hám s_2 sańlaqları bar $\mathscr{E}_1$ ekranı qoyılğan.

Gyugens principi boyınsha s_1 menen s_2 sańlaqları da tolqın derekleri bolıp tabıladı. Olardıń s terbelis dereginen qashıqlıqları birdey bolǵanlıqtan, olar birdey amplituda hám fazada terbeledi. $\mathscr{E}_1$ ekranınıń oń tárepinde sferalıq eki tolqın taraladı hám usı ortalıqtıń hár bir noqatındağı terbelis usı eki tolqınnıń qosılıwınıń saldarınan payda boladı.



8-súwret. s_1 hám s_2 sańlaqlarınan tarqalatuǵın tolqınlardıń ornalasıwı.

s_1 menen s_2 noqatlarınan qashıqlıqları r_1 menen r_2 bolǵan A noqatındaǵı tolqınlardıń qosılıwın qarayıq. A noqatına jetip kelgen tolqınlar terbelisi arasında fazalar ayırması bolıp, bul ayırma r_1 menen r_2 shamalarına baylanıslı boladı.

Fazaları birdey s_1 menen s_2 derekleriniń terbelislerin bılayınsha jazıwǵa boladı:

$$x_1 = a_0 \cos \omega t, \quad x_2 = a_0 \cos \omega t,$$

s_1 hám s_2 dereklerinen A noqatın kelip jetken terbelisler bılayınsha jazıladı:

$$x_1 = a_1 \cos 2\pi(\vartheta t - r_1) / F, \quad x_2 = a_2 \cos 2\pi(\vartheta t - r_2) / F$$

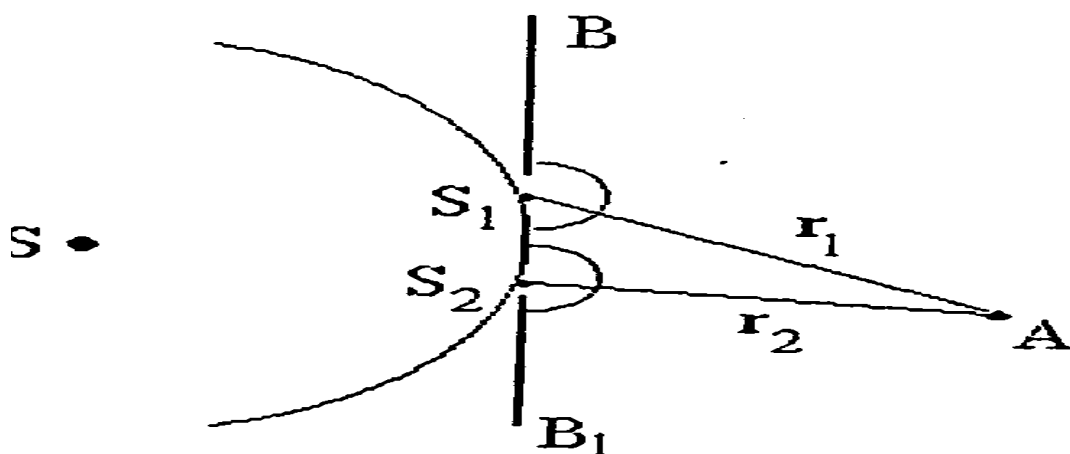
Bul ańlatpadaǵı $\vartheta = \omega / 2\pi$ -terbelisler jiyiligi.

Anıqlama boyınsha $a_1 / a_2 = r_1 / r_2$. Eger $|r_2 - r_1| \ll r_1$ teńsizligi orınlansa, juwıq túrde $a_1 \approx a_2$ dep esaplawǵa boladı.

Solay etip A noqatında qosılatuǵın terbelislerdiń fazalar ayırması

$$\Delta \alpha = 2\pi(r_2 - r_1) / F$$

ǵa teń boladı.



9-súwret. s_1 hám s_2 dereklerinden shıqqan tolqınlardıń A noqatındaǵı amplitudasın tabıwǵa arnalǵan súwret.

Qosındı terbelistiń amplitudası qurawshı terbelislerdiń fazalar ayırmasına baylanıslı boladı, al fazalar ayırması nólge teń yamasa 2π ge pütün san eseli mániske iye bolsa, onda amplituda qurawshı terbelisler amplitudalarınıń qosındısına teń maksimum mánisine jetedi.

Eger fazalar ayırması π ge yamasa taq san eselengen π ge teń bolsa, onda amplituda qurawshı amplitudalarınıń ayırmasına teń, yaǵnıy minimum mániske iye boladı. Sonlıqtan eki terbelistiń A noqatına kelip jetken momentte $\Delta\alpha$ fazalar ayırmasınıń qanday bolatuǵınlıǵına baylanıslı A noqatında ya maksimum, ya minimum terbelis baqlanadı. Usı ayılǵanlar boyınsha A noqatında amplitudanıń mánisin maksimum bolıw shárti mınaday boladı:

$$\Delta\alpha = 2\pi(r_2 - r_1) / F = \pm 2k\pi$$

Bul jerde $k = 0, 1, 2, \dots$ Demek

$$|r_2 - r_1| = kF$$

Bolǵanda terbelisler maksimumı baqlanadı. Demek tolqınlar júrisleri ayırması nólge yamasa tolqın uzınlıǵınıń pütün san eselengen mánisine teń bolatuǵın amplituda maksimum mánisine jetedi.

A noqatında amplituda mánisiniń minimumǵa teń bolıw shárti tómendegidey boladı:

$$\Delta \alpha = 2\pi(r_2 - r_1) / F = \pm 2(k+1)\pi$$

Bul ańlatpada da $k = 0, 1, 2, \dots$. Demek usı jaǵday júrisler ayırması

$$|r_2 - r_1| = (2k+1)F / 2$$

ge teń. Demek tolqınlar arasındaqı júrisler ayırması yarım tolqınlardıń taq sanına teń bolatuǵın noqatlarda amplituda minimum mánisine teń boladı.

Fazalar ayırması $\pm 2\pi k$ menen $\pm (2n+1)\pi$ aralıǵında mánislerge teń bolsa terbelislerdiń kúsheyiw yamasa hálsirewin ortasha mánisleri baqlanadı.

Usı ayılǵanlar menen birge bir ortalıqta eki tolqınnıń betlesiwı nátiyjesinde hár qıylı noqatlarda amplitudaları hár túrli bolatuǵın terbelisler payda boladı. Bul jaǵdayda ortalıqtıń hár bir noqatında (noqattıń kogerentli dereginen qashıqlıqlarınıń ayırmasınıń mánisine baylanıslı) amplitudanıń maksimum yamasa minimum yamasa olardıń aralıq mánisi baqlanadı.

2.5. Turǵın tolqınlar.

Turǵın tolqınlar dep atalatuǵın tolqınlar eki tolqınnıń interferenciyasınıń nátiyjesinde alınadı. Turǵın tolqınlar amplitudaları birdey, qarama-qarsı baǵıtlarda tarqalatuǵın eki tegis tolqınnıń betlesiwiniń nátiyjesinde payda boladı. Amplitudaları birdey bolǵan eki tegis tolqınnıń birewi u kósheriniń oń baǵıtında, ekinshisi u tiń teris baǵıtında tarqaladı dep esaplayıq. Qarama-qarsı tarqalatuǵın tolqınlardıń fazaları birdey bolıp keletuǵın noqattı koordinatalar bası dep alıp hám waqıttı dáslepki fazaları nólge teń bolatuǵın waqıt momentinen esaplaytuǵın bolsaq usı eki tegis tolqınnıń teńlemelerin tómendegi túrde jazıwǵa boladı: u kósheriniń oń baǵıtı menen tarqalatuǵın tolqın ushın:

$$x_1 = a \cos 2\pi(\vartheta t - y / \lambda),$$

Al u kósheriniń teris baǵıtı menen tarqalatuǵın tolqın ushın

$$x_2 = a \cos 2\pi (gt - y / \lambda)$$

Bul eki tolqındı qossaq

$$x = x_1 + x_2 = a \cos 2\pi (gt - y / \lambda) + a \cos 2\pi (gt + y / \lambda)$$

Bul teńleme algebralıq túrlendiriwlerden keyin bılay jazıladı:

$$x = 2a \cos(2\pi y / \lambda) \cos 2\pi g t \quad (49)$$

Usı eki tolqınnıń amplitudaları hár qıylı bolsın hám olardı A hám g arqalı belgileyik.

Bunday jaǵdayda tómendegilerdi alamız:

u kósheriniń oń baǵıtında tarqalatuǵın tolqın ushın:

$$x_1 = A \cos \omega(t - y / s) \quad (50)$$

Al oǵan qarama-qarsı baǵıtta tarqalatuǵın tolqın ushın:

$$x_2 = g \cos \omega(t + y / s) \quad (51)$$

Eki tolqınnıń qosılıwınan payda bolǵan tolqın:

$$x = x_1 + x_2 \quad (52)$$

x_2 tolqınnıń eki juwırıwshı tolqınnıń qosındısı túrinde bılay jaza alamız:

$$x_2 = x_1 + x_2 = A \cos \omega(t + y / s) + (g - A) \cos \omega(t + y / s) \quad (53)$$

Bunday jaǵdayda (54)

$$\begin{aligned} x &= x_1 + x_2 = A \cos \omega(t - y / s) + A \cos \omega(t + y / s) + (g - A) \cos \omega(t + y / s) \\ &= 2A \cos(\omega y / s) \cos \omega t + (g - A) \cos \omega(t + y / s) \end{aligned}$$

Nátiyjede alıńǵan tolqın tómendegidey eki tolqınnıń qosındısınan turadı:

$2A \cos(\omega y / s) \cos \omega t$ -*turgın tolqın* dep ataladı. $(g - A) \cos \omega(t + y / s)$ -*juwırıwshı tolqın* dep ataladı.

$g = A$ bolğan jaǵdayda qosındı tek turgın tolqınnan turadı. Bul shártke ayrıqsha áhmiyet beriw kerek. Sebebi qosılıwshı tolqınlar amplitudaları óz-ara teń bolmasa turgın tolqın (bir orındaǵı terbelisler) alınbaydı, al bul jaǵdayda juwırıwshı tolqınǵa iye bolamız.

Qosılıwshı eki tolqınnıń amplitudaları birdey bolatuǵın jaǵdaydı qarawdı dawam etemiz. (41) deǵı $\cos 2\pi g t$ kóbeytiwshisi ortalıq noqatlarında jiyiligi qarama-qarsı tarqalatuǵın tolqınlardıń jiyiligindegi terbelistiń payda bolatuǵınlıǵın kórsetedi. Waqıtqa ǵárezli emes $2a \cos(2\pi u / \lambda)$ kóbeytiwshisi terbelistiń A amplitudasın táripleyik. Dálirek aytqanda tek oń shama bolıp qalatuǵın amplituda usı kóbeytiwshiniń absolyut mánisine teń:

$$A = |2a \cos(2\pi y / \lambda)|$$

(47) den amplitudanıń mánisin u koordinatasına ǵárezli bolatuǵınlıǵı kórinip tur. Bul payda bolğan terbelisti ***turgın tolqın*** dep ataymız. Tuwrı tolqınnıń amplitudası belgili bir noqatlarda qurawshı terbelisler amplitudalarınıń qosındısına teń boladı. Bunday noqatlar turgın tolqınlardıń ***shoqqıları*** dep ataladı. basqa noqatlarda qosındı amplituda nólge teń. Usınday noqatlar turgın tolqınlardıń ***túyinleri*** dep ataladı.

Shoǵırlar menen túyinler noqatlarınıń koordinataların anıqlayıq. (55) boyınsha

$$|2a \cos(2\pi y / \lambda)| = 1 \quad (55)$$

bolatuǵın noqatlarda amplituda maksimal mánislerge jetedi. Bul noqatlarda (55) boyınsha $A = 2a$.

Demek shoǵırlardıń geometriyalıq ornı

$$2\pi y / \lambda = \pm k\pi$$

shárti menen anıqlanadı ($k = 0, 1, 2, \dots$). Olay bolsa shoğırlardıń koordinataları

$$y = \pm k\lambda / 2 \quad (56)$$

Eger k niń qońsılas eki mánisi ushın u tıń (48) formula boyınsha anıqlanatuǵın eki mánisiniń ayırmasın alsaq, onda qońsılas eki shoğırı arasındaqı qashıqlıq bılay esaplanadı:

$$y_{k+1} - y_k = \lambda / 2$$

Yaǵnıy qońsılas eki shoğır arası interferenciya nátiyjesinde berilgen turǵın tolqın bolatuǵın tolqınlar uzınlıǵınıń yarımına teń boladı. Shoğırlar payda bolatuǵın orınlarda eki tolqınnıń terbelisleriniń bir fazada bolatuǵınlıǵı sózsiz.

Túyinlerde qosındı terbelistiń amplitudası nólge teń. Sonlıqtan (55) formula boyınsha túyinniń payda bolıw shárti mınaday boladı:

$$\cos(2\pi y / \lambda) = 0 \text{ yamasa } 2\pi y / \lambda = \pm(2k + 1)\pi / 2$$

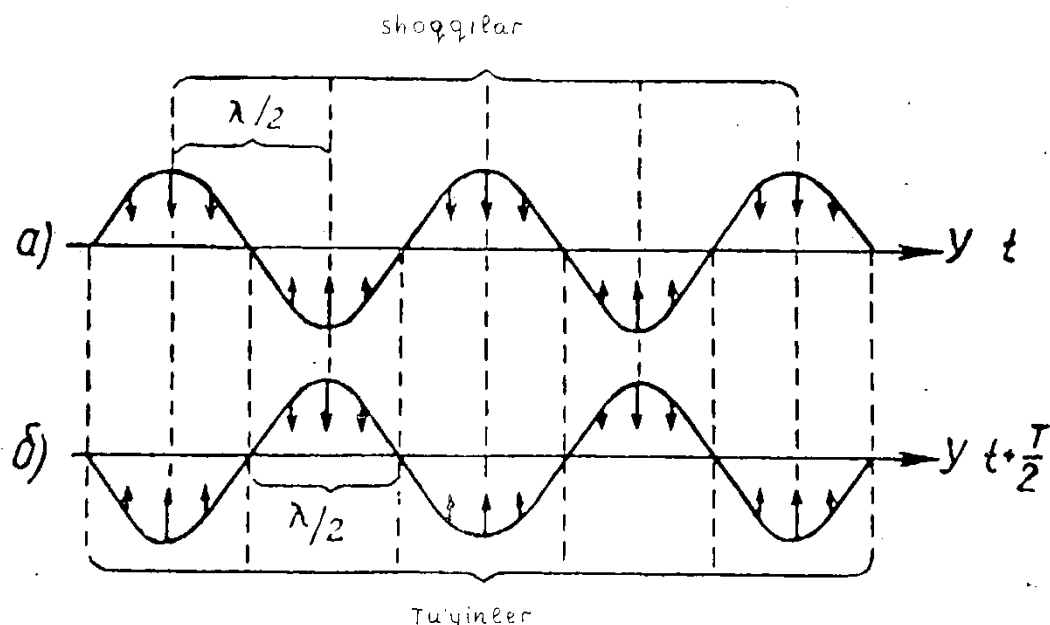
Olay bolsa túyinlerdiń koordinataları

$$y = \pm(2k - 1)\lambda / 4$$

Shamasına teń boladı. Demek túyinniń eń jaqın jatqan shoğırdan qashıqlıǵı mınaǵan teń:

$$(2k + 1)\lambda / 4 - k\lambda / 2 = \lambda / 4$$

Yaǵnıy túyinler menen shoğırlar arası tolqın uzınlıǵınıń sheregine teń bolatuǵınlıǵın kóremiz. Eki tolqındaǵı terbelisler qarama-qarsı fazalarda ushırasatuǵın orınlarda túyinler payda boladı.



10-súwret. Garmonikalıq terbelislerdi qosıw ushın arnalǵan súwret.

Turǵın tolqındı kompyuterler járdeminde baqlaw qızıqlı nátiyjelerdi beredi.

Juwrıwshı tolqın jaǵdayında noqatlardıń noqatlardıń awıtqıwı u kósherine parallel. Juwrıwshı turǵın tolqın jaǵdayında noqatlardıń arası yarım dáwirge teń eki waqıt momentlerindegi orınları joqarıdaǵı a) hám b) súwretlerde kórsetilgen. Terbeliwshı noqatlardıń tezlikleri nólge teń bolatuǵın túyinlerde ortasha tıǵızlıǵınıń birden tez ózgeredi-bóleksheler túyinge eki tárepten de birese jaqınlap, birese onnan qashıqlaytuǵınlıǵın kóremiz.

Turǵın tolqınlar ádette ilgeri qaray tarqalıwshı hám (shaǵılısıp) keri qaytıwshı tolqınlardıń interferenciyasınıń nátiyjesinde payda boladı. Mısalı jiptiń bir ushın mıqlap baylap qoysaq, sol jip baylanǵan jerden shaǵılısqan tolqın ilgeri tarqalıwshı tolqın menen interferenciyalanadı hám turǵın tolqın payda boladı. Bul jaǵdayda qozǵalmay qalatuǵın túyin noqalarınıń bir birinen qashıqlıqları ilgeri tarqalıwshı tolqın uzınlıǵınıń yarımına teń, al jiptiń bekitilgen jerinde, yaǵnıy tolqın shaǵılısatuǵın orında túyin payda boladı.

III bap. Mexanikalıq tolqınlardı tájiriybede úyreniw metodları.

3.1. Mexanikalıq tolqınlardı úyreniw.

Jumıstıń maqseti. 1. Tolqın mashinasın isletiwdi hám onıń parametrlerin úyreniw. 2. Tájiriybeden tolqınnıń dáwirin, uzınlıǵın hám jıyiligin anıqlawdı úyreniw. 3. Tájiriybede sóniwshi tolqın amplitudasınıń kemeyip barıwın baqlaw.

Teoriyalıq kórsetpeler

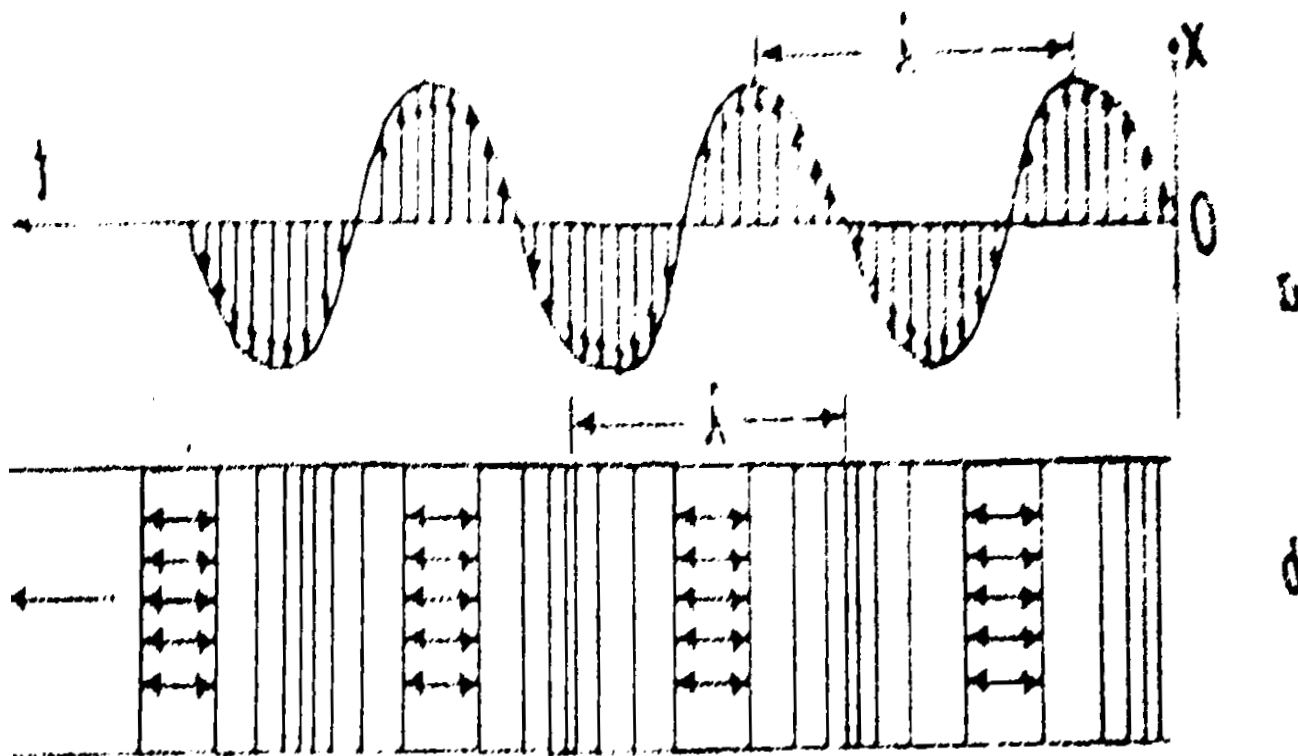
Terbelistiń keńislikte tarqalıw qubılısına tolqın delinedi. Tolqınnıń ortalıqta tarqalıwına qaray otırıp boylama hám kóndeleń bolıp ekige bólinedi. Tábiyatta hám kúndelik turmısta tolqınlardı kóp kóremiz hám olardan paydalanamız. Mexanikalıq tolqınlar degenimizde insan kózine kórinip turatuǵın tolqınlardı túsinemiz. Mısalı arqannıń terbelisi, mashina, samolyot, suw betindegi tolqınlardıń tarqalıwı mexanikalıq tolqınlarǵa jatadı.

Mexanikalıq tolqındı tolqın mashinası járdeminde laborotoriya sharayatında payda etiw múmkin. Ortalıqtıń bóleksheleriniń terbeliw baǵıtı menen tarqalıw baǵıtı tik bolsa bunday tolqın kóndeleń, al kerisinshe tolqınnıń terbeliw baǵıtı menen tarqalıw baǵıtı birdey bolsa bunday tolqın boylama tolqın dep ataladı.

(11-súwret). Tolqınlar belgili bir fizikalıq shamalar menen xarakterlenedi. Bularǵa tolqın dáwiri, uzınlıǵı, jıyiligi, tezligi jatadı.

Tolqın noqatlarınıń tolıq bir terbeliw dáwiri ishinde serpimli ortalıqtaǵı jılıw aralıǵına tolqın uzınlıǵı delinedi. Teńsalmaqlıq awaldan jılıǵan noqat bir dáwir aldınǵı awhalına qaytsa, onda bunday qozǵalıw terbelis boladı, sebebi noqat dáslepki awhalına salıstırǵanda jılımadı.

Tolqın uzınlıǵı λ nıń basqa parametrleri menen tómendegi túrde baylanısqan.



11-súwret. Tolqın túrleri a) kóndeleń b) boylama.

$$\lambda = \frac{g}{\nu} = gT$$

Bundağı, g hám ν -tolqın tezligi hám jiyiligi; $T = \frac{1}{\nu}$ -tolqınnıń dáwırı.

Tolqınlar sóniwshi hám sónbeytuğın, turğın hám turğın emes bolıwı múmkin. Amplituda shaması waqıt birligi ishinde kemeyip nólge umtılsa, bunday tolqınlar sóniwshi, al kerisinshe amplitudası ózgermese sónbeytuğın tolqınlar boladı. Tolqın energiyasın tarqatıwshı ortalıq bólekshesiniń eń úlken shamağa shekem awısıwı tolqın amplitudası dep ataladı. Tolqın amplitudası shamasınıń almasatuğın noqatı tolqın túyini delinedi.

Tolqın mashinasında mexanikalıq tolqınlardı baqlaw múmkin. Tolqın uzınlıǵı tolqın tezligi hám amplitudasın tájiriybe ótkeriw processinde anıqlaw múmkin. Bul tájiriybede tabılǵan nátiyjeler tiykarında tolqınnıń tezligi hám jiyiligin esaplap tabıw múmkin.

Ásbap úskeneler. Mexanikalıq tolqın mashinası, fotodatchikler (2 dana), elektronlıq sekundomer (yamasa sanaǵış FC-7150 qurılıması), tok deregi,

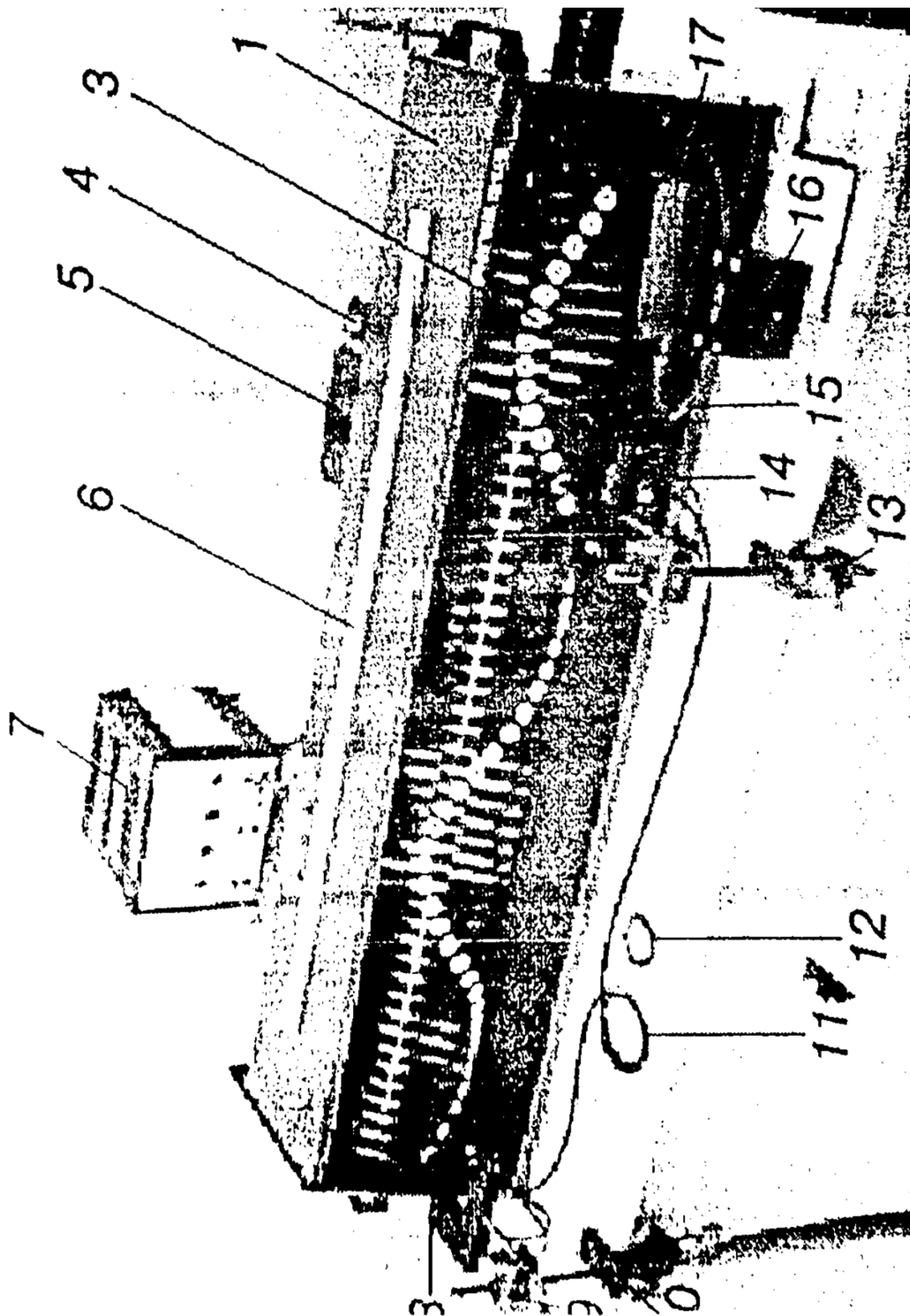
tutastırıwshı sımalar, elektr signalın kúsheytkish, ultanı tegis suw quyılğan ıdı, statir hám basqada járdemshi ásbaplar.

3.2. Tolqın mashinasınıń dúzilisi hám islew principi.

Qurılma tiykarınan 1-korpus hám oğan gorizontal jaylasqan serpimli kúshler (tross) 2-ge nomerlengen dóńgelek plastinkalar jaylastırılğan jeńil dóńgelekler 3 ornalastırılğan. Bul dóńgelekler kóshetine burıwshı moment berilse, onıń nomerlengen dóńgeleklerine berilgen kúsh momentleri tásirinde burıladı. Nátiyjede noqatlardıń hár túrli buralmalı qozǵalısqası vertikal tegislikte tolqınǵa usap kórinedi.

Burawshı moment payda etiwde ózgermeli (220v) ta islewshı hám onıń valı 1-100 ayl/min jiyilikte aylanatuǵın servomotr 5 járdeminde qurılma terbelmeli qozǵalısqası keltiriledi. (12-súwret). Servomotor valınıń aylanıw baǵıtın ózgertiw ushın tumbler járdeminde toqtıń baǵıtı ózgertiledi. Sonda mexanikalıq tolqın baǵıtı da ózgeredi, yaǵnıy ońnan shepke yamasa kerisinshe, keri tárepke qaray terbeledi.

Úyrenilip atırǵan noqat (sanlar jazılǵan dóńgeleksheler) dıń terbeliw jiyiligi fotodatchik járdeminde esapqa alınadı hám signal testr (FC-7150) terbeliwler jiyiligin anıqlaw ushın fotodatchik (esapqa alıwshı) úyrenilip atırǵan noqatqa mólsherlep tuwrılap jaylastırıladı.



12-súwret. Mexanikalıq tolqın mashinası.

Noqatlardıń terbeliw amplitudasın hám tolqın uzınlıgın úyreniw ushın fotodatchiklerden paydalanıw shárt emes. Ápiwayı ólsheuler arqalı esaplaw múmkin.

12-súwrette kórsetilgen tolqın mashinası tómendegi detallardan dúzilgen bolıp ol 1-mashina korpusı; 2-serpimli val (polat tross). 3-mexanikalıq tolqın payda etiwshi hám betine nomerlengen dóńgeleksheler jabıstırılğan jeńil aylanatuǵın dóńgelek 4-servomotordıń aylanıw jiyiligin ózgertiwge arnalğan qarsılıq; 5-servomotor; 6-ólsheuwshi sıızǵısh; 7-toq deregi; 8 hám 14-JH-5500 qurılımları; 9,10 hám 13-JH-5500 qurılımlardıń tayanış hám qısqaqları. 11-tutastırılshı kábelleri, 12-sekundomer; 15-suwdı tógiwge arnalğan shlanga; 16-járdemshi qurılma, 17-suw quyılğan tolqın sóndiriwshi qurılma.

Mexanikalıq tolqın mashinasın iske túsiriw ushın stol ústine tolqın mashinası tegis etip jaylastırıladı. Tolqın payda etiwshi servomotor stoldıń qırına bekitiledi hám onıń valına bekitilgen eksentrik richag arqalı terbeliw sistemasına tutastırıladı. Tegis tolqın payda bolıwı ushın onıń keynine arawlı suw toltırılğan vanna qoyıladı hám ol tolqındı sóndiredi. (12-súwret).

Servomotor ózgermeli elektr toki deregine (220v) jalǵanadı.

1-servomotor; 2-ekssentrik richag; 3-shtatun; 4 hám 5-lazer nurı derekleri; 6 hám 7-fotodatchikler; 8-serpimli val; 9-valdı uslap turıwshı qısqaqlar; 10-tolqın sóndiriwshi tosıqlar; 11-suwlı vanna; 12-tolqın; 13-tolqın payda etiwshi dóńgelek; 14-lazer nurı; TM-tok deregi; K-elektr signalların kúsheytkish, EQ-esaplaw qurılıması.

Tolqın jiyiligi hám baǵıtın ózgertiw ushın servomotor valınıń aylanıwlar jiyiligi arawlı tuwırlawshı rezistor járdeminde ózgertiledi. Servomotordı toqtatıw hám júrgiziw ushın knopkalı gilit járdeminde ámelge asırıladı. Tolqınınıń terbeliw dáwirin anıqlaw ushın noqat terbeliw ushın ketken waqıttı sekundomer járdeminde tolqın amplitudası hám tolqın uzınlıǵı ólshenedi.

Jumıstı orınlaw tártibi.

1. Laboratoriyalıq jumıstı orınlaw tártibi menen tanısıń.
2. 12 hám 13-súwretlerde keltirilgen sxemanı úyreniń.
3. Servomotor valındaǵı ekssentrlik penen mexanikalıq júritkish erkin terbele alıwı ushın olar arasındaǵı múyesh 90° astında jaylasıwın támiynleń.
4. Terbeliwshi sistema ossilyator-tolqın qurılmasınıń plastmassadan jasalǵan dóńgelekler) diń shep hám oń iyinleri keynindegi qattı tartılıwshılardıń tuwrı jaylasqanın tekseriń.
5. Terbelislerdiń úziliw tásirin sóndiriwshi arnawlı ıdıstaǵı suw muǵdarın shegaralawshı tegis tosıqqa shekem suw quyıń.
6. Terbeliwshi sistema qalaqshalarınń suw toltırılǵan ıdıs ishindegi shegaralawshı tosıqlarǵa tiymewin qadaǵalań.
7. Servomotordı iske túsiriń hám áste aqırınlıq penen aylanıw jiyiligin 34-35 ayl/min ǵa shekem jetkeriń.
8. Sistema ossilyatorınıń eki qatar jaylasqan maksimumlarına sáykes keliwshi sanlardı tabıń hám olar arasındaǵı qashıqlıqtı anıqlań.
9. Sızǵısh penen terbelip atırǵan noqat (san jazılǵan dóńgelekshe) nıń eń joqarı biyiklikte jaylasqan amplitudasın anıqlań.
10. Tarqalıp atırǵan tolqınnıń baslanǵısh noqatınıń oń tárepke qozǵalıw dáwirinde joldı basıp ótiwi ushın ketken waqıttı anıqlań.
11. Tájiriybelerden anıqlanǵan nátiyjeler tiykarında, tolqın uzınlıǵın, tarqalıw tezligin, terbeliw dáwirin hám jiyiligin esaplap tabıń.
12. Tájiriybede jol qoyılǵan absolyut hám salıstırmaı qáteliklerdi tabıń.

Tekseriw sorawları

1. Tolqın terbelisten nesi menen ajıraladı.
2. Tolqın túrlerin aytın hám táripleń.
3. Mexanikalıq tolqın qalay payda etildi.
4. Tolqın qanday parametrler menen xarakterlenedi.
5. Tolqın formulaların jazıń hám onı túsindiriń.

3.3. Mexanikalıq turgın tolqın uzınlıǵın anıqlawdı úyreniw

Jumıstıń maqseti. Mexanikalıq turgın tolqınlardı payda etiw usılın hám tolqın uzınlıǵın tájiriybede anıqlawdı úyreniw.

Teoriyalıq kórsetpe

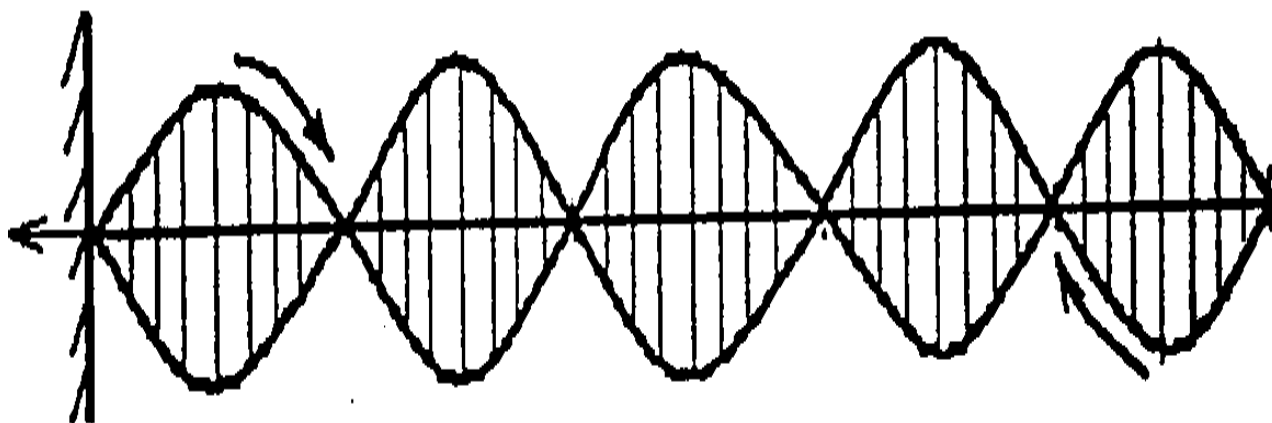
Terbelistiń serpimli ortalıqta tarqalıwına tolqın delinedi. Mexanikalıq tolqındı payda etiw ushın arqannıń bir ushın bos qoyıp ekinshi ushın vertikal terbeltsek, sóniwshi kóndeleń tolqın payda boladı.

Turgın tolqın payda etiwde, ádette eki tárepide bekitilgen serpimli jip alınadı. Jiptiń bir tárepin bir qıylı jiyilikte vertikal terbeltsek onda jip boylap tolqın tarqaladı.

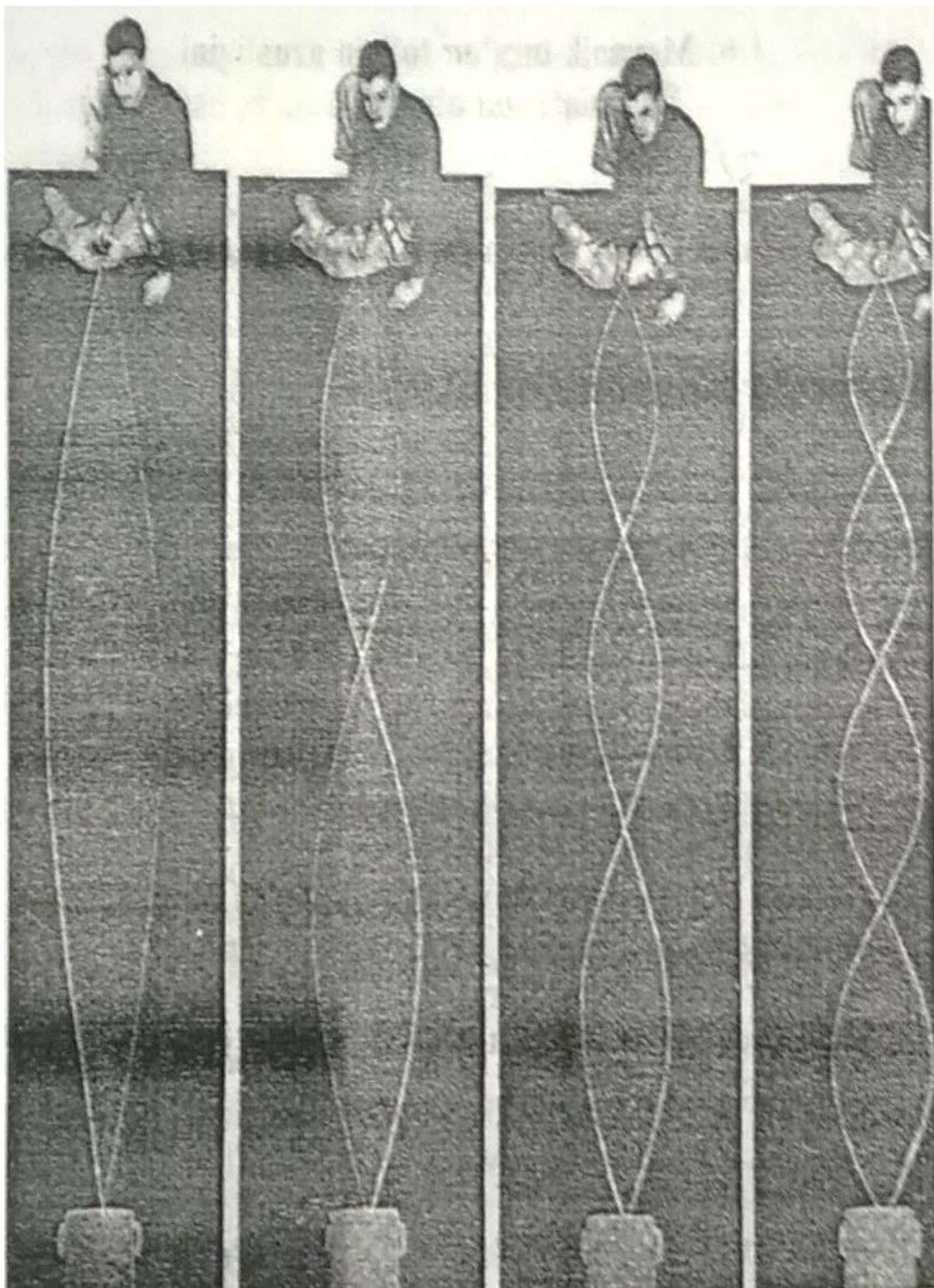
Turgın tolqın waqıt birligi ishinde maksimum shoqqıları óziniń ornın ózgertpeytuǵın tolqınǵa turgın tolqın delinedi.

Turgın tolqınınıń amplituda shaması waqıt ótiwi menen ózgermeydi (14-súwret). Tolqın uzınlıǵı hár túrli bolǵan mexanikalıq turgın tolqınlar 15-súwrette keltirilgen.

Demek amplituda shaması belgili waqıt dawamında ózgermeytǵın tolqınǵa turǵın tolqın deymiz. Bir ushı terbeliwshi sistemanıń ekinshi ushına serpimli kúshti teńlestiriwshi júk asılǵan uzın jipti terbeltkende turǵın tolqındı baqlaw múmkin. Bul túrdegi tolqınlardı payda etiwshi qurılmanıń súwreti hám sxemalıq sızılması 14, 15 hám 16-súwretlerde kórsetilgen. Muzikalıq ásbaplardıń kópshiliginde noqattıń málim bir bóliminde tarları turǵın tolqın bolıp terbeledi.



14-súwret. Turǵın tolqınnıń grafikalıq túrdegi kórinisi.



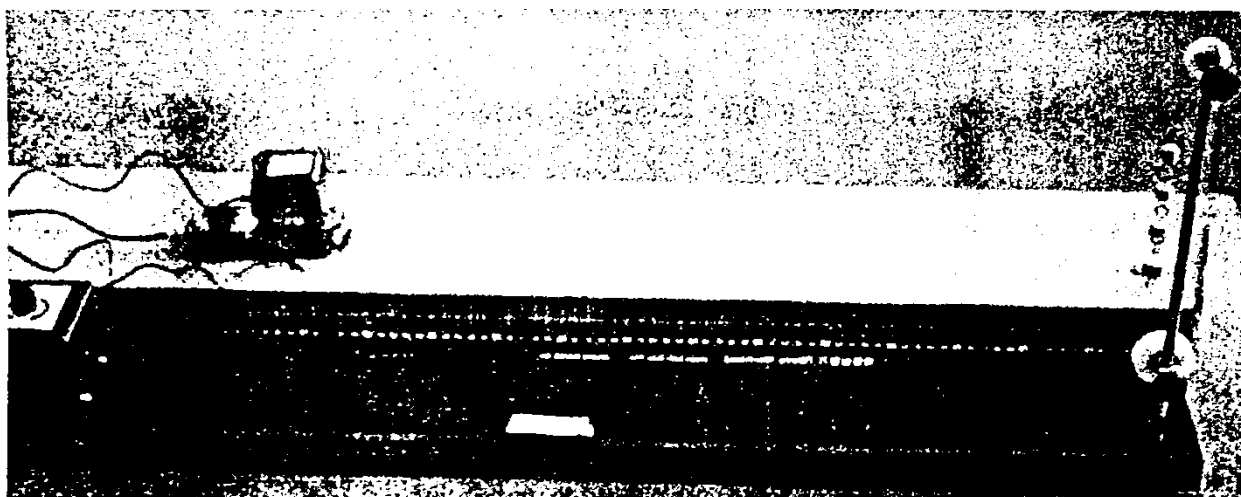
15-súwret. Tolqın uzınlığı hár túrli bolğan mexanikalıq turğın tolqınlar.

3.4. Turgın tolqındı payda etiwshi qurılmanıń dúzilisi hám islew principi.

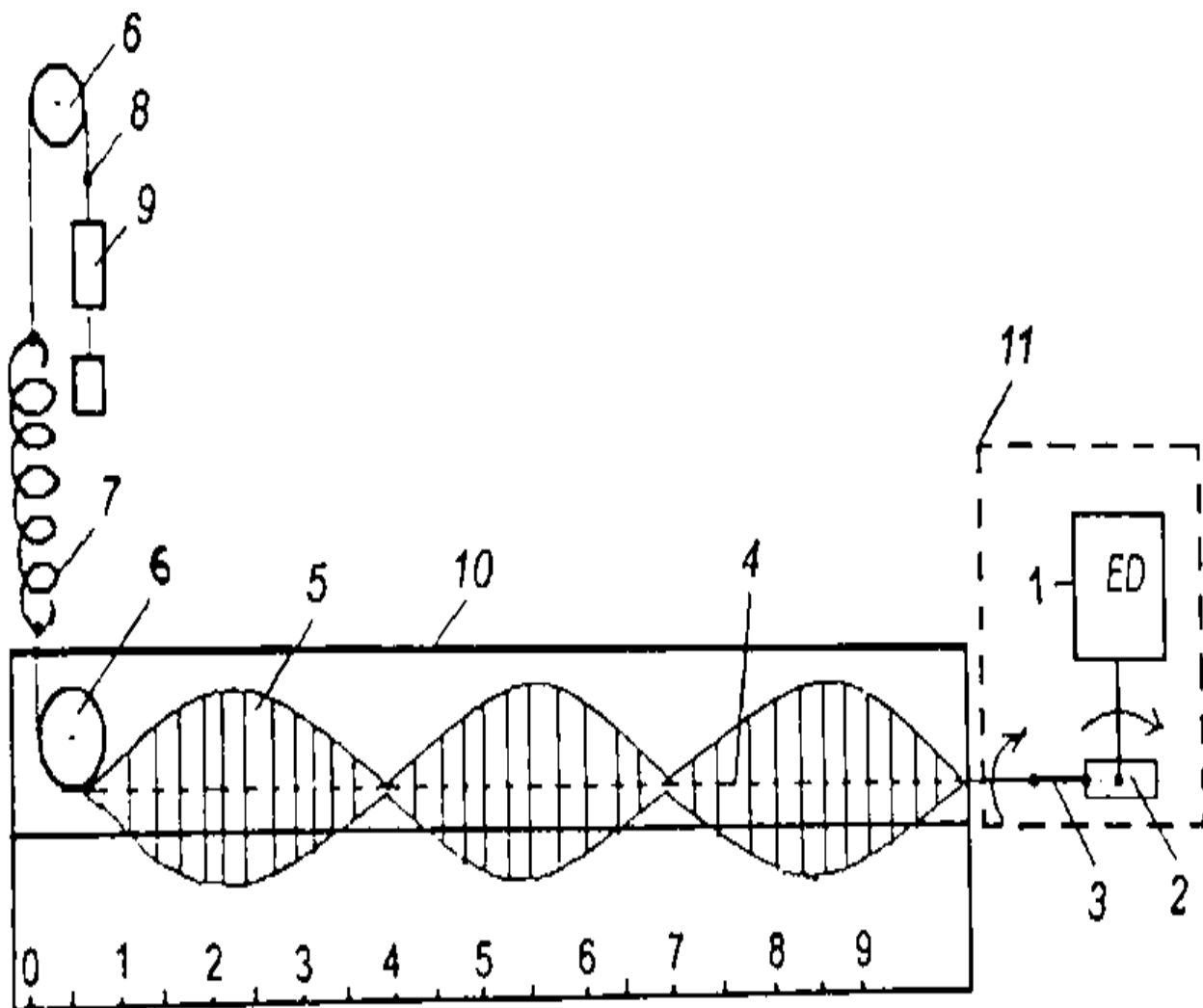
Ásbap úskeneler: Tolqın mashinası, tok deregi (AS 220 v , 50 Gs , DS – 12 v), rolikler, prujina ($m = 150$ g júk asılğan, jiptiń uzınlıǵı $L = 90$ mm), kishkene ilmekler, vertikal qatırılatuǵın sterjen, jipek jip hám járdemshi zatlar.

Qurılma korpusı hám oǵan ornatılǵan 1-elektrodvigatel hámde terbeliwshi sistema 2-ekssentrlik richah, 3-ilmek, ózgermeli qarsılıq (rezistor), shkalalı taqtasha , úlken hám kishi diametrli rolikler 6, prujina 7, ilgekler 8, júkler 9, 4-terbeliwshi jipek jip, 5-turgın tolqın maksimum shoqqısı, sonday-aq tok dereklerin quralǵan, (16 hám 17-súwretler).

Qurılma 12 v turaqlı tok dereginen quwat alıp isleydi. Kishkene elektr dvigateli turaqlı tok deregi $AD - 1058$ FM nen alınǵan 9v kernew menen isleydi. Elektr dvigatelin iske túsiriw ushın qurılma korpusına ornatılǵan ózgermeli qarsılıqlı rezistorǵa ornatılǵan gilit qosıladı.



16-súwret



17-súwret. Mexanikalıq turǵın tolqındı payda etiwshi qurılmanıń sxemalıq kórinisi.

Kishkene rolikten ótken jipek jip ushındaǵı 10, 20, 30, 40, 50 g júk asılǵan awhalǵa sáykes keliwshi turǵın tolqınlardıń terbelisleri payda boladı. Usı júklerge sáykes keliwshi turǵın tolqın uzınlıǵı shkaladan paydalanıp anıqlanadı. Turǵın tolqın payda bolıwı ushın ózgermeli qarsılıq ástelik penen óń tárepke burıladı. Turǵın tolqın payda bolǵan momentte qarsılıqtı ózgertiw toqtatıladı. Tolqın óziniń turǵınlıǵın saqlaǵannan soń onıń túyinlerin aralıqları júda ustalıq penen sizǵısh járdeminde ólshenedi.

Jumıstı orınlaw tártibi

1. Jumıstıń bayanlamasın úyreniń.
2. 17-súwrette keltirilgen sxemaǵa sáykes túrde qurılmanı jiynań.
3. $AD - 1058 \text{ FM}$ di ózgermeli tok tarmaǵı 220 v qa qosıń.
4. Roliklerdi bir-birinen $25 - 30 \text{ sm}$ uzaqlıqtaǵı shtangaǵa qatırıń.
5. Vibratordan shıqqan uzın terbeliwshi jipek jiptiń ushındaǵı ilgekke prujınanı hám keynindegi ilmekke ekinshi rolik oyıqshasınan ótkizip, onıń ushına júk ildiriń.
6. Jiptiń ushına ildirilgen júktiń vertikalılıǵına itibar beriń.
7. Qurılma korpusındǵı gilitti qosıń hám uzın terbeliwshi jipek jiptiń terbelisin, vibrator jiyiligin ózgertip turǵın tolqın payda bolıwın támiyinleń hám tolqındı baqlań.
8. Payda bolǵan tolqın uzınlıǵın shkaladan paydalanıp ólsheń. Tolqın amplitudasın sızǵısh járdeminde ólsheń.
9. Tájiriybeden alınǵan nátiyjelerge matematikalıq esaplawlar ótkergennen keyin tájiriybede jol qoyılǵan absolyut hám salıstırmalı qáteliklerdi anıqlań.

Juwmaqlaw

1. Terbelistiń keńislikte tarqalıw qubılısına tolqın delinedi.
2. Mexanikalıq tolqınlar degende insan kózine kórinetuǵın tolqınlar túsiniledi. Arqannıń terbelisi, suw betindegi tolqınlardıń qozǵalıwı mısal boladı.
3. Mexanikalıq tolqındı tolqın mashinası járdeminde laboratoriya shárayatında payda etiw múmkin.
4. Ortalıq bóleksheleriniń terbeliw baǵıtı tolqınnıń tarqalıw baǵıtına tik baǵıtta bolsa, bunday tolqın kóndeleń tolqın, al kerisinshe tolqınnıń tarqalıw baǵıtı menen terbeliw baǵıtı birdey bolsa boylama tolqın dep ataladı.
5. Sonday-aq tolqın mashinası járdeminde turǵın tolqınlardı payda etiwge hámde tolqın uzınlıǵın, tolqın amplitudasın, terbeliw dáwirin anıqlawǵa boladı.
6. Bul pitkeriw qániygelik jumısında alınǵan nátiyjelerdi Akademiyalıq liceylerde fizika pániniń terbelisler hám tolqınlar bólimin ótkende metodikalıq qollanba sıpatında paydalanıwǵa boladı.

Paydalanilgan ádebiyatlar

1. Қ. Суяров, А. Хусанов, Л. Худойбердиев. Физика (Академик лицей талабалари учун уқув қулланма) 1-китоб. Тошкент “Уқитувчи” 2002.
2. “Fizika fani bóyicha óqituvchilar va talabalar uchun qollanma” I-II qism. Toshkent 2003
3. А. В. Перешкин, Н. А. Родина. Физика учебник 6-7 кл., -; “Просвещение” 1987.
4. Х. Кухлинг. Справочник по физике (Перевод с немецкого под ред. Б.М. Лейкина), -М “Мир” 1985.
5. Г.С. Лансберг. Элементар физика курси. Тошкент, 1999.
6. Б.М. Яворский, Ю.А. Селезнев. Справочное руководство по физике. М. “Наука” 1984.
7. С.П. Мясников, Т.Н. Осанова. Пособие по физике. М. “Высшая школа” 1976.
8. S.E. Frish, A.V. Timorova “Umumiy fizika kursi” I tom-T. “Óqituvchi” 1965.
9. Ahmadjonov. “Fizika kursi” (Mexanika va molekular fizika)-T. “Óqituvchi” 1985
10. R.J. Grabovskiy “Fizika kursi”-T. “Óqituvchi” 1973.
11. Raxmatullaev M. Fizika kursi. Mexanika. Toshkent, “Óqituvchi”, 199úy.
12. Ismoilov M. Xabibullaev, P. Xaliulin M. Fizika kursi. Toshkent “Ózbekiston”, 2000y.

13. J. Nurmatov, M. Isroilov, N. Nishanova, A. Avliyoqulov. Fizika: laboratoriya jumisi. Akademiyaliq licey ham kasip-oner kolledjleri ushin oqiw qollanba, Nókis- ` “Bilim” 2004.

14. М. Хайдарова, У. Назаров “Физикадан лаборатория ишлари”. Тошкент “уқитувчи” 1989.

15. Э.Н. Назаров, З.А. Худайбергенова, “Механика ва молекуляр физикадан амалий машғулотлар” “Ўзбекистон” 2001.

Elektron tálim resurslari

http: // www.ziyonet.uz

http: // www.wikipedia.org

http: // www.fizika.uz

http: // www.istedod.uz