Türkmenistanyň Bilim Ministrligi
Magtymguly adyndaky Türkmen döwlet uniwersiteti

H.A.Orazberdiýew

YRGYLDYLAR NAZARYÝETI

AŞGABAT – 2010

H.A.Orazberdiýew

YRGYLDYLAR NAZARYÝETI

Ýokary okuw mekdepleriniň radiofizika we elektronika hünäriniň talyplary üçin okuw gollanmasy

Türkmenistanyň Bilim ministrligi tarapyndan hödürlendi

AŞGABAT – 2010

H.Orazberdiýew
Yrgyldylar nazaryýeti. Ýokary okuw mekdepleriniň radiofizika we elektronika hünäriniň talyplary üçin okuw gollanmasy. 2010.

Hojamuhammet Orazberdiýew

YRGYLDYLAR NAZARYÝETI

Ýokary okuw mekdepleriniň radiofizika we elektronika hünäriniň talyplary üçin.

M.Annamanowyň redaksiýasy bilen

17. Л.И.Мандельштам.»Лекции по теории колебаний», Собр. Соч. Т.1У, изд. АН СССР, 1950.
18. А.А.Андронов, А.А.Витт, С.Э.Хайкин. «Теория колебаний», «Наука», Физ.-мат. гиз, 1981.
19. Г.С.Горелик. «Колебания и волны», ГТТМ, Физ.-мат.гиз.,1990.
20. Н.Н.Боголюбов, Ю.А.Митропольский. «Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний», ГТТИ, 1995.
21. К.Ф.Теодорчик. Автоколебательные системы, ГТТИ,1952.
22. Т.Хаяси . «Нелинейные колебания в физических системах», «Мир», 1968.
23. М.И.Рабинович, Д.И.Трубецков. «Введение в теорию колебаний и волн», Наука, 1994.
24. О.Блакьер. «Анализ нелинейных систем», «Мир», 1999.

M A Z M U N Y

1.Yrgyldylar nazaryýetiniň dersi we usullary. 10

1.1.Yrgyldylar nazaryýetiniň dersi we usullary.Yrgyldyly hereketiň kinematiki alamatlary. Periodiki yrgyldylar. Garmoniki yrgyldylar. Limitasion yrgyldylar. 10

2.Yrgyldyly hereketi toparlara bölmek. 15

2.1.Yrgyldyly ulgamlaryň dinamiki häsiýetleri. Yrgyldyly ulgamlaryň görnüşleri. Yrgyldyly ulgamlaryň erkinlik derejesi. Bir we köp erkinlik derejeli ygyldyly ulgamlar.15

3.Bir erkinlik derejeli konserwatiw ulgamlarda erkin yrgyldylar. 16

3.1.Ýitgisiz ulgamlar. Ýitgisiz ulgamlardaky erkin yrgyldylar. Ulgamyň konserwatiwlik şerti. Ýitgisiz yrgyldyly ulgamlaryň differensial deňlemesi. 16

3.2.Yrgyldylaryň faza şekilini gurmak. Faza tekizliginiň we aýratyn nokatlaryň häsiýetleri. Ýitgisiz ulgamlarda yrgyldynyň faza şekiliniň separatrisasy. Faza şekiliniň kömegi bilen yrgyldyhyň häsiýetnamalaryny kesgitlemek. 21

3.3.Hakyky yrgyldyly ulgamlar. Hakyky yrgyldyly ulgamlarda erkin yrgyldylar. Hakyky yrgyldyly ulgamlarda ýitgini hasaba almak. düzmek. Ýitgili ulgamlarda garşylyk güýjiniň tizlige baglylygy. 24

3.4.Togtaýan yrgyldylar. Togtaýan yrgyldylaryň faza portreti. Togtaýan yrgyldylaryň differensial deňlemesini çözmegiň usullary. Faza portretini gurmak üçin deňleme. Faza portretiniň aýratyn nokatlary. 28

3.5.Çyzykly kontur. Hemiselik öçýän çyzykly kontur. Çyzykly konturda ýumşak garşylyk. Çyzykly konturyň öçme şertleri. 31

4. Bir erkinlik derejeli konserwatiw ulgamlarda yrgyldylar. Güýç bilen täsir etmek. 33

4.1 Mejbury yrgyldylar. Hakyky ulgamlarda mejbury yrgyldylar. Daşky mejbury güýji kompleks ululyk görmüşinde ýazmak. Kompleks gerimler usuly. 33
5.Ölçeg priborlary. 38
5.1.Kwazistatiki priborlar . Kwazistatiki priborlaryň differensial deňlemesi we ony çözmegiň aýratynlyklary.Priboryň takyklygyny ýakarlandyrmagyň ýollary 38
5.2.Seýsmiki priborlar . Seýsmiki priborlaryň. Süýşmä proporsional ululyklary ölçemek 40
5.3.Rezonans priborlar. Rezonans priborlarynyň differensial deňlemesi we ony çözmegiň aýratynlyklary. Amplitudany we ýygylygy ölçemek. 42
5.4.Ballistik abzallar.Gysga wagtlaýyn täsr güýçlere proporsional ulylyklary ölçemek. Ballistik abzallaryň takyklygyny ýokarlandyrmak. 44
6.Parametrik yrgyldyly ulgamlar 46
6.1. Parametrik ulgamlar we parametrik rezonans. Parametrik yrgyldyly ulgamlaryň radiotehnikada ulanylýan ýerleri . 46Parametrik yrgyldyly ulgamlaryň sygymyna daşky täsir .
6.2.Parametriki güýçlendirijiler we generatorlar.Parametriki güýçlendirijiler we olaryň fiziki görkezijileri. Parametriki generatorlar we olaryň fiziki görkezijileri. Parametriki generatorlary oyandyrmagyň şertleri. 51
7.Awtoyrgyldylar ulgamy. 58
7.1.Awtoyrgyldylar ulgamlaryň differensial deňlemesi.Tomson we relaksasion tipli awtoyrgyldylar ulgamy 58
8.Köp erkinlik derejeli yrgyldyly ulgamlar. 64
8.1.Köp erkinlik derejeli çyzykly ulgamlarda yrgyldylar.Ýitgisiz ulgamlarda hususy yrgyldylar. Lagranjyň deňlemesi. Köp erkinlik derejeli çyzykly ulgamlaryň differensial deňlemesi we ony çözmegiň aýratynlyklary.64

E D E B I Ý A T

1. Gurbanguly Berdimuhamedow, ,,Türkmenistanda saglygy goraýşy ösdürmegiň ylmy esaslary,’’ Aşgabat, 2007.
2. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Mälikgulyýewiç Berdimuhamedow.Gysgaça terjimehal. Aşgabat, 2007.
3. ,,Halkyň ynam bildireni’’.Aşgabat,2007.
4. Gurbanguly Berdimuhammedow, ,,Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, halky söýmek bagtdyr’’. Aşgabat,2007.
5. ,,Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň daşary syýasaty. Wakalaryň hronikasy.’’ Aşgabat,2007.
6. Gurbanguly Berdimuhamedow, ,,Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy,’’ Aşgabat, 2007.
7. Gurbanguly Berdimuhamedow. Eserler ýygyndysy. Aşgabat, 2007.
8. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň ýurdy täzeden galdyrmak baradaky syýasaty.Aşgabat,2007.
9. ,,Parahatçylyk, döredijilik, progress syýasatynyň dabaralanmagy. Aşgabat, 2007.
10. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Umumymilli, Galkynyş Hereketiniň we Türkmenistanyň Demokratik partiýasynyň nobatdan daşary V gurultaýlarynyň bilelikdäki mejlislerinde sözlän sözi.
11. ,,Täze Galkynyş eýýamy. Wakalaryň senenamasy-2007 ýyl.’’Aşgabat, 2008.
12. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom.Aşgabat, 2008.
13. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom.Aşgabat, 2009.
14. Akbibi Ỳusubowa Beýik Galkynyşyň waspy, Aşgabat, 2008.
15. В.В.Мигулин, В.И.Медведев, Е.Р.Мустель, В.Н.Парыгин. «Основы теории колебаний», «Наука», 2006 г., 2-е изд.
16. С.П.Стрелков. «Введение в теорию колебаний». «Наука»,2004.

Bu hemişelik giñişlikde periodyñ yrgyldyly ulgamyny häsiýetlendirýär hem-de yrgyldyly uzynlugyñ baglanşylykly gatnaşygydyr:

$$k = 2\pi \big/ \lambda \quad \textbf{(12)}$$

bundan gaýtmada yrgyldyly deñlemede **(6)** ýazalyñ napriženiýanyñ ýygylygy toguñ elektrik uzynlygyñ çyzygyna

$$\begin{aligned} u &= [A_1 \exp(-jkx) + A_2 \exp(jkx)]\exp(j\omega t), \\ i &= [B_1 \exp(-jkx) + B_2 \exp(jkx)]\exp(j\omega t) \end{aligned} \quad \textbf{(13)}$$

şundan seredip täzeden göçürip (10.1.13) aşakdaky görnüşde ýazarys:

$$\begin{aligned} u &= [A_1 \exp(-jkx) + A_2 \exp(jkx)]\exp(j\omega t), \\ i &= Z_0^{-1}[A_1 \exp(-jkx) + A_2 \exp(jkx)]\exp(j\omega t) \end{aligned} \quad \textbf{(14)}$$

şular ýaly doly napriženiýa we togy çyzykda getirlen superpazisiýasynyñ iki yrgyldysy. Eger-de çyzygyñ soñunda x=0 berlen tolgunmada $\varepsilon_0 \exp(j\omega t),$ onda yrgyldy $A_1 \exp[j(\omega t - kx)].$ Ylgayan çeşmeden hökmünde garamak bolýar, yrgyldyny bolsa $A_{12} \exp[j(\omega t + kx)]$ -şöhlelendiren ýaly. Soñky yrgyldynyñ döremegi mümkin ýa şöhlelendirmede bir taraplaýyn däl çyzykda, ýa-da eger çyzyk araçäklenen ugrynda x, ikinji we sönky böleginde.

8.2. Köp erkinlik derejeli ulgamlarda yrgyldyny hasaplamak. Köp erkinlik derejeli ulgamlarda yrgyldyny hasaplamak üçin kompýuterleri ulanmak.Hususy bahalary we hususy wektorlary hasaplamak. 72
8.3.Molekulalarda atomlaryň yrgyldyly hereketi. 75
8.4. Molekulalarda atomlaryň yrgyldyly hereketiniň rezonans hadysasyna täsiri. 80
9.Yayraw parametrli ulgamlar. 84
9.1.Iki simli cyzyk. Telegraf çyzygy. Telegraf deňlemeleri. Telegraf deňlemelerini çözmegiň aýratynlyklary. Iki simli çyzyk üçin tolku deňlemesi. 84
E D E B I Ý A T 89

1.Yrgyldylar nazaryýetiniň dersi we usullary.

1.1.Yrgyldylar nazaryýetiniň dersi we usullary.Yrgyldyly hereketiň kinematiki alamatlary. Periodiki yrgyldylar. Garmoniki yrgyldylar. Limitasion yrgyldylar.

Orta ýagdaýyň töwereginde çäkli, gaýtalanýan herekete yrgyldylar diýilýär. Şeýle diýildigi fizikada, tehnikada gaty köp hadysalary öz içine alýar.yrgyldylar optikada, akustikada, mehanikada, elektriçestwo, atom teoriýasynda duş gelýärler. Agzan yrgyldylarymyzyň fiziki suşnosty dürli-dürlidir. Ýöne şol yrgyldylary opisywat edýän esasy kanunlar meňzeşdir. Yrgyldylary opisywat edýän kanunlaryň uniwersal bolanlygy üçin bulary ýörite bir dissiplina hökmünde seredýärler. Şu dissiplina hem yrgyldylar teoriýasy diýýärler. Diýmek şu teoriýanyň öwrenýän zady bir nukdaý nazardan fizikada, tehnikada duş gelýän yrgyldyly proseslerdir. Hemme yrgyldy prosessleri kinematiki alamatlary boýunça, dinamiki häsiýetleri boýunçä klasifisirlenýär.

1. kinematiki alamatlary boýunça klasifikasiýalaşdyrylanda yrgyldy hereketiniň periodikligine we formasyna (amplitudasyna) seredilýär.

Periodik yrgyldylar üçin

F(t+T)=F(t)

T-yrgyldynyň periody

Yrgyldylaryň içinde garmoniki yrgyldylar esasy orny tutýarlar:

F (t)=acos(2πυt+φ_0)=acos(ωt+ φ_0)

bu deñlemeden ýeñillik bilen alyp bolýän napriženiýa we tok üçin eñleme:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{1}{\vartheta_\phi^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}; \qquad \frac{\partial^2 i}{\partial x^2} = \frac{1}{\vartheta_\phi^2}\frac{\partial^2 i}{\partial t^2}; \qquad \textbf{(6)}$$

bu ýerde $\vartheta_\phi = 1 \Big/ \sqrt{LC}$ **(7)**

doly çözülýän deñleme (10.1.1) şular ýaly görnüşi alar

$$y = F_1\left(t - \frac{x}{\vartheta_\phi}\right) + F_2\left(t + \frac{x}{\vartheta_\phi}\right) \qquad \textbf{(10)}$$

hadysany wagtyñ sinasiodal wagty üçn çözülişi aşakdaky görnüşi alar

$$y = A_1 \exp\left[j(\omega t - \frac{\omega}{\vartheta_\phi}x) \right] + A_2 \exp\left[j(\omega t + \frac{\omega}{\vartheta_\phi}x) \right] \qquad \textbf{(11)}$$

ululyg $\omega(t \pm x \big/ \vartheta_\phi)$ atlandyrýar waza egrisi.

(11) deñlemeden görnüşi ýal bu ýer-de ϑ_ϕ ýaýrama faza tizliligini kesgitleýär, şonuñ üçin ϑ_ϕ atlandyrylýar faza tizligi, bu ululyk $k = \omega \big/ \vartheta_\phi$ faza hemişeligi.

$t, \vartheta = \sqrt{T/\rho}$, bu ýerde T-çekilen kirş, ρ -uzynlygyñ birlik bahasy.

Eger-de ulgam şöhlelendirilmese hem täsirleşmese, başga bir geçirjiler bilen, onda toklaryñ kesişen çyzygynda ikisiniñ geçirjiligi deñ we ugry boýunça gapma garşy.

Ýagny:

$$i_1(x,t) = -i_2(x,t) = i(x,t) \qquad \textbf{(2)}$$

tükeniksiz kiçi elemente seredelliñ dx çyzygyñ uzynlygy, induktiwlik L we sygymy eýelemegi çyzygyñ uzynlyk birliginde, sereilýän böleginde napriženiýänyñ gaçmagy deñ induktiwlige Ldx, köpeldilen toguñ üýtgeme tizligine.

Ýagny:

$$\frac{\partial u}{\partial x}dx = -Ldx\frac{\partial i}{\partial t} \quad \textbf{(3)}$$

toguñ peselme uzynlygynda dx deñ şu toga, haýsydyr bir paýlanan sygymyñ aýrylmagy. Bu tok deñ sygymyñ, napriženiýanyñ üýtgeme tizligine köpeldilmegine:

$$\frac{\partial u}{\partial x}dx = -Cdx\frac{\partial u}{\partial t} \quad \textbf{(4)}$$

(3) we **(4)-**den iki şeýle atlandyrylan telegraf deñleme alars:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = -L\frac{\partial i}{\partial t}; \qquad \frac{\partial i}{\partial x} = -C\frac{\partial u}{\partial t}; \quad \textbf{(5)}$$

a-amplituda, $\omega t + \varphi_0$ – mgnowen faza, φ_0-başlangyç faza.

Fizikada dürli periodly yrgyldylar duş gelýär. Meselem

10^8s-Gün sistemasynda planetalaryň aýlanyş periody

10^5s-ýeriň öz okunyň töwereginde aýlanyş periody.

10^0s-sagaldyş maýatnigiň periody

$10^{-1} – 10^{-4}$s-akustikadaky gabat gelýän yrgyldylar

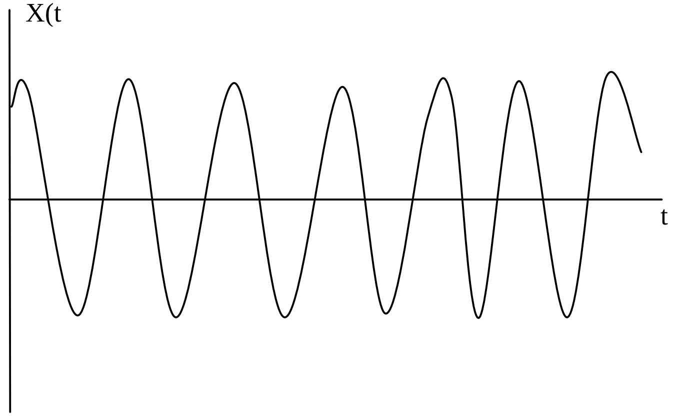
$10^{-4} – 10^{-12s}$-radiotehnika

$10^{-12} – 10^{-14}$-molekulalardaky atomlaryň yrgyldysy

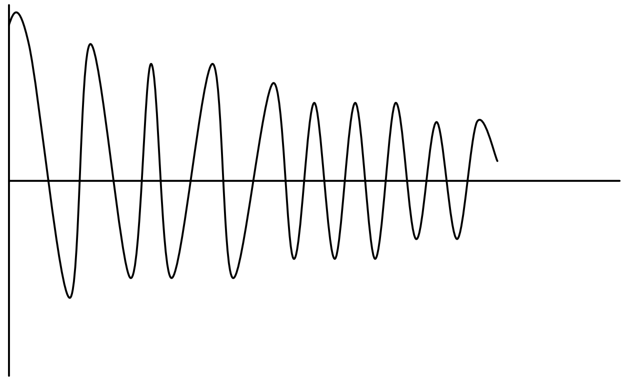
$10^{-14} – 10^{-15}$-optiki diapazon

$10^{-17} – 10^{-19}$-rentgen diapazony

periodiki däl yrgyldylara togtaýan (ýa-da ösýän) yrgyldylar (1a we 1b surat) we limitasion yrgyldylar degişlidir.



Garmoniki yrgyldylar



Sönýän yrgyldylar

(t) wagytynyñ baglylygyna. Şonuñ üçin ulgamyñ hereketide ýönekeý differensiýal bilen ýazylýär.

Parametirleriñ paýlanma ulgamlarda, şu ulgamyñ göwrümi üznüksiz paýlanandyr. Islendik kiçi elementi paýlanan her bir ulgamda massa we maýşgaklyga eýedir. Elektrik paýlanan algamyñ ýagdaýynda her elemntde mahsusudyr sygym we ündüktiwlik. Paýlanan ulgamda mysalyñ hili giñ we amaly ulanylmalarda eýedir, kirşe aýtmak bolar, membranany, sterjynyny, iki geçirijili we koaksially elektrik liniýalary, walnawodlar we uly göwrümli rezenantorlar we ş.m .

Hadysanyñ baglylygy bir näçesiniñ üýtgemegie- wagtyna (t) hem koordinatasyna-hususy hereketiñ önüminiñ deñlemesi getirlýär. Bu deñlemä rygyldyly deñleme diýilýän we bir görnüşli- bir ulgamly deñleme şeýle ýazylýär:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{\upsilon^2}\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \qquad \mathbf{(1)}$$

bu ýerde y=y(x,t)-funksiýa, hereketi häsiýetlendirýär, ϑ - ulgamyñ parametri. Bular ýaly deñlemä boýun egýär, meselem, çekilen kirşiñ kese-keseginiñ kiçi tolkuny. Bular ýaly ýagdaýda y(x,t)-wagt birliginde kirşiñ nokatlaýyn üýtgemegi,

$$< Q >^{T} = \theta_e + \overset{0}{\sum_S} \left(\frac{\partial \theta}{\partial q_S} \right)_e < q_S >^{T} + \frac{1}{2} \sum_S \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial q_S^2} \right)_e < q_S^2 >^{T} + \ldots \tag{31}$$

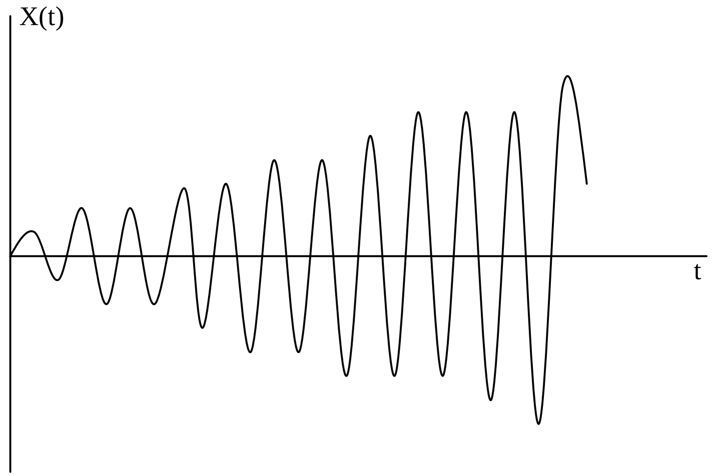
Ýokardaky seredilen ÝMR parametrleriniň yrgyldyly we aýlawly hallara baglylygyndan şu netijeler gelip çykýar:

1) q_S dolysimmetrik koordinata bolanda $<q_S>$ ululygyň orta bahasy nuldan tapawutlydyr. $<q_S>$ potensial funksiýanyň garmoniki dälligi we merkeze ymtylmanyň ýoýulmasy bilen kesgitlenýär;
2) Ýokary simmetrik görnüşli molekulalar, meselem XY_4, XY_n tekiz molekulalar (bu ýerde $n \geq 3$) üçin simmetrik izotop çalyşmada aýlaw hal goşundy üýtgemez.

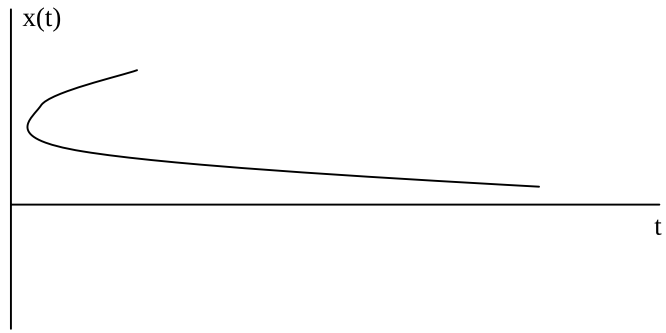
9.Yayraw parametrli ulgamlar.

9.1.Iki simli cyzyk. Telegraf çyzygy. Telegraf deňlemeleri. Telegraf deňlemelerini mözmegiň aýratynlyklary. Iki simli çyzyk üçin tolku deňlemesi.

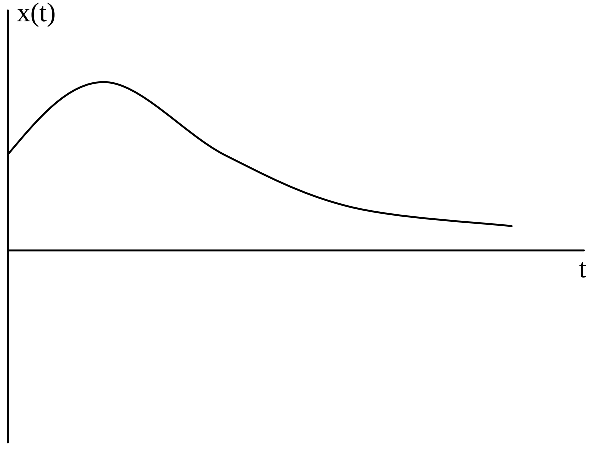
Ýokarda garalan ulgamda hemişelik ünsli seredilýän ýerli giñişlikde maýşgaklyk (mehaniki ulgamda) we masanyñ elementar bölünmegi (elektrik ulgamlarda) sygymda ýa-da induktiwlikde. Bu ulgamlarda nokatdan-nokada geçende tolgunma wagtyny hasaba almasañda bolýär, bu tolkunyñ periodyna garanyñda kiçidir. Ulgamlarda yrgyldyly hadysalar bolup geçýär, üýtgemeginiñ yeketäk



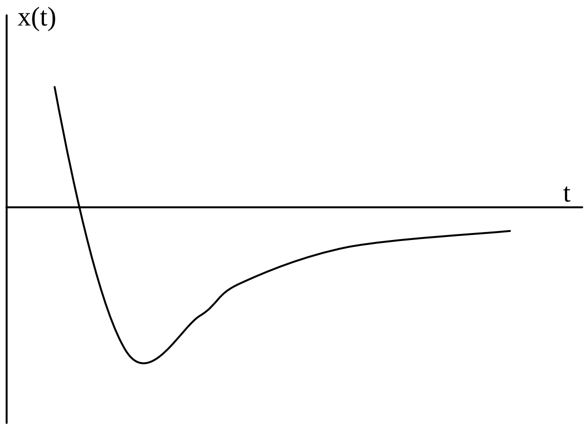
Ösýän yrgyldylar



Limitasion yrgyldylar



Limitasion yrgyldylar



Limitasion yrgyldylar

Limitasion yrgyldylaryň deňlemeleri şular ýaly:

$$\langle \upsilon_S + g_S / 2 \rangle^T = \frac{g_S}{2}\coth(hcw_S / 2kT) \qquad (24)$$

$$\langle q_{S\sigma}q_{S'\sigma'} \rangle^T = \frac{1}{2}\coth(hcw_S / 2kt)\delta_{SS'}\delta_{\sigma\sigma'} \qquad (25)$$

bolar.

Merkeze ymtylýan agzalar aşakdaky görnüşde bolar:

$$\langle Q \rangle^T_{cent} = kTL^{-1}F_S^{-1}G_S^{-1}UB\Omega X \qquad (26)$$

$$\langle S \rangle^T_{cent} = kTF_S^{-1}G_S^{-1}UB\Omega X \qquad (27)$$

$$\langle R \rangle^T_{cent} = kTF_R^{-1}G_R^{-1}UB\Omega X \qquad (28)$$

$$\langle X \rangle^T_{cent} = kTAF_R^{-1}G_R^{-1}R^{-1}B\Omega X \qquad (29)$$

bu ýerde Ω-diagonal matrissa.

$$\Omega_{ii}^{(\alpha\alpha)} = \Omega_\alpha = \frac{1}{I_{\beta\beta}} + \frac{1}{I_{\gamma\gamma}} \qquad (30)$$

(1.26) – (1.29) deňlemelerden merkeze ymtylýan ýoýylmanyň T proporsionaldygyny görmek bolar. Şondan başga-da özara ýadro aralygynyň termiki deňagramlaşma deňlemesine koriolis agzasy girmeýär. meselem XY_4 tetraedr molekulalar üçin, $\langle \Delta R \rangle^T_{cent} = 3kT / 4RF_{11}$. Şeýlelikde termiki ortalaşdyrylan ÝMR θ parametr aşaky görnüşde bolar:

$L\Lambda L = F_S^{-1}$ (25)

$A = M^{-1}B'G_R^{-1} = \Lambda M^{-1}G_S^{-1}U$ (26)

Onda (1.20) deňlemedäki aşakdaka özgerer:

$\langle Q\rangle_{cent} = L^{-1}F_S^{-1}G_S^{-1}UB\Phi X$ (27)

$\langle S\rangle_{cent} = F_S^{-1}G_S^{-1}UB\Phi X$ (28)

$\langle R\rangle_{cent} = F_R^{-1}G_R^{-1}B\Phi X$ (29)

$\langle \mathrm{X}\rangle_{cent} = AF_R^{-1}G_R^{-1}B\Phi X$ (30)

Bu ỳerde S we R indeksler F we G matrisalaryň ỳa simmetrik ỳa-da içki koordinalarda aňladylỳandygyny görkezỳär. Öňden belleỳşimiz ỳaly, molekulanyň simmetriỳasyny yrgyldylar we aỳlawlar üỳtgedenok.

Şeỳlelikde F_S we G_S matrisalardaky doly simmetrik däl koordinatalara meselem bolar. Şol bir wagtda doly simmetrik däl koordinatalar üçin $\langle Q\rangle_{cent} = 0$.

Goỳ, $\langle f\rangle^T$ - T temperaturaly termiki deňagramlylykdaky fiziki ululygyň orta statistiki bahasy bolsun. Adatça aỳlaw derejeleriň arasyndaky uzaklyk kT-den kän kiçidir. Eger aýlaw energiýasy:

$$\mathrm{E}_{rot} = \sum_{\alpha}(P_\alpha - \rho_\alpha^*)^2 / 2I_{\alpha\alpha}^{(l)} \quad (22)$$

bolsa, onda $< (P_\alpha - \rho_\alpha^*)^2 >^{\mathrm{T}} = kTI_{\alpha\alpha}^{(l)}$ (23) alarys.

Orta yrgyldyly energiýa üçin deňleme:

F(t)=Al-^{bt}cos (ωt+ φ)togtaýan (ösýän) yrgyldylar.

F(t)=(Al^{-2t}-Bl^{2t})l^{-at}-limitasion yrgyldylar.

2.Yrgyldyly hereketi toparlara bölmek.

2.1.Yrgyldyly ulgamlaryň dinamiki häsiýetleri. Yrgyldyly ulgamlaryň görnüşleri. Yrgyldyly ulgamlaryň erkinlik derejesi. Bir we köp erkinlik derejeli ygyldyly ulgamlar.

Dinamiki häsiýetleri boýunça (fiziki alamatlary) bölünişi:

I bir erkinlik derejeli sistemalardaky yrgyldylar

II köp erginlik derejeli sistemalardaky yrgyldylar

Bularyň hersinde şeýle tipli yrgyldylar bolýar:

1. Hususy yrgyldylar
2. Mejbury yrgyldylar
3. Parametrik yrgyldylar
4. Awto yrgyldylar

1. Hususy yrgyldylar izolirlenen sistemada, daşky wozmuşeniýeden soň emele gelýär. Yrgyldynyň harakteri sistemanyň fiziki gurluşyny, daşyndan berilýän energiýaň wozmuşeniýasyna bagly.

2. Mejbury yrygldylar daşky periodiki güýçleriň täsiri astynda bolup geçýär. Yrgyldynyň harakteri daşssky güýje hem bagly.

3. Parametriki yrgyldylar hem mejbury yrgyldylara meňzeş, Yone wozdeýstwiýaň görnüşi başga. Munda sistemaň bir patametri üýtgeýär. Sygymy, massasy we ş.m.

5. Awtoyrgyldylarda yrgyldylar daşky wozdeýstwiýalar ýokka döreýär.

Energiýa çeşmesi ýiten energiýanyň öwezini doldurýar.

Yenede bir yrgyldylaryň klasifikasiýasy:

1. Gönüçyzykly sistemadaky yrgyldylar.
2. Gönüçyzykly däl sistemadaky yrgyldylar.

Yrgyldylar teoriýasynyň usuly – differesial deňlemeler.

3.Bir erkinlik derejeli konserwatiw ulgamlarda erkin yrgyldylar.

3.1.Ýitgisiz ulgamlar. Ýitgisiz ulgamlardaky erkin yrgyldylar. Ulgamyň konserwatiwlik şerti. Ýitgisiz yrgyldyly ulgamlaryň differensial deňlemesi.

Kesgitleme – erkinlik dereje sany – bu sistemada prosessi doly ýazmak (opisywat) üçin gerek bolan biri-birine bagly bolmadyk üýteýjileriň sanydyr. Sistemanyň erkinlik derejesini kesgitlemek köp halatlarda aňsat iş däldir. Munuň üçin belli bir kesgitli usul ýokdur. Ol sistemanyň çuň fiziki analizini etmek bilen kesgitleňýär.

baglylygy gelip çykýar. $Q_{S\sigma}$ üçin (7)-däki merkeze ymtylma agzanyň şu görnüşi bar:

$$< Q_S >_{cent} = \frac{1}{\lambda_S} \sum_i \sum_\alpha l_{iS}^{(\alpha)} m_i^{\frac{1}{2}} \alpha_i^{(l)} < \upsilon_1^* \upsilon_2^* ... R / \frac{(P_\beta - \rho_\beta^*)^2}{(I_{\beta\beta}^{(l)})} + \frac{(P_\gamma - \rho_\lambda^*)^2}{(I_{\gamma\gamma}^{(l)})^2} / \upsilon_1^* \upsilon_2^* ...$$

(19)

Bu ýerde $\lambda_S = (2\pi c w_S)_0^2$. Wektor görnüşinde

$$< Q >_{cent} = \Lambda^{-1} \Gamma M^{\frac{1}{2}} \Phi X \quad (20)$$

X-wektor özünde saklaýan atomyň deňagramly halda dekart koordinatalaryny. Λ we M λ_S we m_i elementli diagonal görnüşindäki matrisalar, Γ- öwrüji matrisasy:

$$M^{\frac{1}{2}} X = \Gamma Q \qquad (7')$$

(7’) gatnaşyk (7) funksiýanyň wektor gürnüşi.

Φ- aşaky elementli diagonal görnüşli matrisa

$$\Phi_{ii}^{(\alpha\alpha)} = \Phi_\alpha = < \upsilon_1 \upsilon_2 ... R \left| \frac{(P_\alpha - \rho_\alpha^*)^2}{(I_{\beta\beta}^{(l)})^2} + \frac{(P_\gamma - \rho_\gamma^*)^2}{(I_{\gamma\gamma}^{(l)})^2} \right| \upsilon_1^* \upsilon_2^* ... R >$$

(21)

Içki R koordinatalaryň we S simmetriỳanyň koordinatalaryň garaşylỳan bahasyny almak ϋçin A,B,U we L özgerdiji matrisalary ulanalyň:

X=AR, R=U’S, S=LQ, R=BX (23)

we (1.16) deňligi ulanyp: $\Gamma = M^{\frac{1}{2}} A U' L$ (24)

Deňsizligiň ilkinji iki agzasy garmoniki däl potensial funksiýanyň we 3-njisi merkeze ymtylma netijesinde gelip çykýar. (14) deňsizligiň ähli agzalary diňe doly simmetrik yrgyldy bilen baglydyr.

Şeýlelikde molekulanyň simmetriýasy aýlanma we yrgyldy netijesinde üýtgänok.

8.4. Molekulalarda atomlaryň yrgyldyly hereketiniň rezonans hadysasyna täsiri.

Gözlenilýän $q_{S\sigma}, q_{S'\sigma'}$ bahalar tolkun funksiýasynyň nulunjy tertibi bilen aňladylýar:

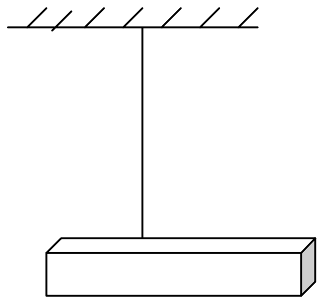
$$< \upsilon_1\upsilon_2...R / q_{S\sigma'} / \upsilon_1\upsilon_2...R >= (1/ g_S)(\upsilon_S + g_S / 2)\delta_{SS'}\delta_{\sigma\sigma'} \quad (15)$$

Islendik f fiziki ululygyň bahasy, şeýlede <r> ýadrolaryň aralygy, q_S we $q^2_{S_\sigma}$ ululyklaryň ortaça bahalaryny girizmek esasynda tapmak aňsatdyr.

Islendik f ululyk üçin

$$f = f_e + \sum_{S<A_1}\left(\frac{\partial f}{\partial q_S}\right)_e [-\frac{1}{w_s}\left\{3K_{SSS}(\upsilon_S + \frac{1}{2}) + \sum_{S'} h_{SS'S'}(\upsilon_{S'} + g_{S'}/2\right\} +$$
$$+\frac{1}{4\pi c w_S}(\frac{1}{hcw_S})^{\frac{1}{2}}\sum_\alpha a_S^{(\alpha\alpha)}\frac{1}{(I_{\alpha\alpha}^{(l)})^2} < \upsilon_1^*\upsilon_2^*...R \,|\, (P_\alpha - \rho_\alpha^*)^2 \,|\, \upsilon_1^*\upsilon_2^*...R >] + \frac{1}{2}\sum_{S\sigma}\left(\frac{\partial^2 f}{\partial q_S^2}\right)\frac{1}{g_S}(\upsilon_S + \frac{g_S}{2}) \quad (16)$$

(16)- deňlemeden görnüşine görä merkeze ymtylýan ýoýma yrgyldyly hala bagly bolman, diňe ikinji tertipli aýlanma hala



Şeýle sistema seredip göreliň.

Şu sistemanyň erkinlik derejesi näçe?

Jogap şu sistemanyň fiziki häsiýetlerine we biziň nähili prosesleri öwrenjeimize baglydyr.

Eger jisimiň ölçegleri maýatnigiň uzynlygyndan has kiçi bolsa, sapagyň deformasiýasy hem örän kiçi bolsa, onda bu sistema matematiki maýatnik hökmünde seredip bolar we onuň iki erkin derejesi bardyr. Eger-de yrgyldy wagty sapak bir tekizlikde bolsa, onda sistemanyň bir erkin derejesi bardyr.

Energiýa zapasy üýtgemeýän izolirlenen yrgyldylar sistemasyna konserwatiw sistema diýilýär. Bu ideal sistemadyr. Hakyky yrgyldylar sistemasynda oňda-kände energiýa ýitgisi bardyr.

Ýöne haýal togtaýan yrgyldylar sistemalar konserwatiw sistema golaýdyr. Şonuň üçin konserwatiw sistemalary öwrenmek bilen real sistemalary öwrenip bolar.

Bir erkin dereje sistema üçin onuň dofformasiýa deňlemesini ýazalyň

X=Φ(X,X)   (1)

Eger X=0 bolsa onda

X=f(x) (2)

X-getirilen inersiýa güýjidir, f(x) bolsa x bilen baglanşykly güýçdir (maýyşgakly güýji). Bu ýerde m=1 hasap edilýär.

Eger sistema elektrik sistemasy bolsa, onda x-zarýad.

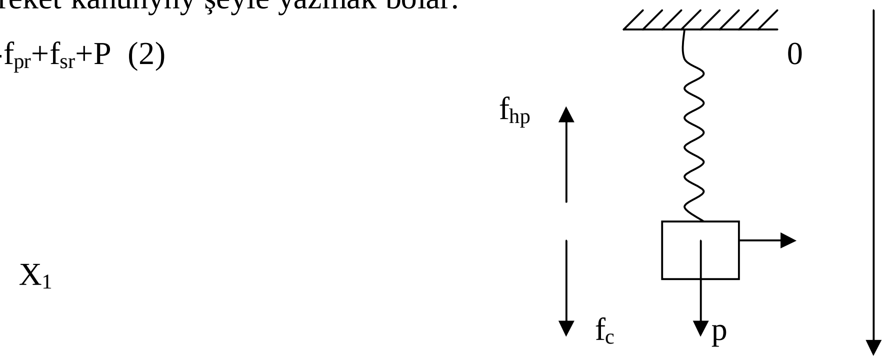
(2) deňlemäniň çep tarapy induktiwligiň emele getirýän erkin ____________ derejesiniň, sagy sygymyň erkin derejesidir.

Aşakdaky yrgyldy sistemasy üçin difformasiýa deňleme düzeliň:

Wertikal herekete seredeliň.

Hereket kanunyny şeýle ýazmak bolar:

$mx_1=-f_{pr}+f_{sr}+P$ (2)



konserwatiw sistema üçin $f_s=0$. Pružiniň massasyny hasaba alamzok.

F_{pr}-diňe x_1-e bagly.

F_{pr}-i Teýloryň hataryna gargadýarys.

$F_{pr}(x_1)=f_{pr}(x_0)+(x_1-x_0)k+(x_1-x_0)^2b+\ldots$ (3)

K we b-hemişelik ululyklar.

Eger fpr(x)-y göniçyzyk görnüşinde göz öňüne getirip bolsa onda

$F_{pr}=f_{pr}(x_0)+k(x_1-x_0)$ – bu ukuň kanunydyr.

birinji tertipli ýakynlaşmada koeffisientler

$$\left(E^{(0)}_{\upsilon_1\upsilon_2\ldots R}-E_{\upsilon_1'\upsilon_2'\ldots R}\right) \qquad (13)$$

Bu gatnaşyklardaky $V_1,V_2\ldots$ uly indeksler tolgundyrylan tolkun funksiýasyna bagly, $\upsilon_1,\upsilon_2,\ldots$ kiçi tolgundyrylmadyk tolkun funksiýalara bagly.

Eger-de birinji tertipli tolkun funksiýasyny $q_{S\sigma}$ ululygyň orta bahasyny tapmakda ulansak, onda diňe $<\upsilon_1\upsilon_2\ldots\upsilon_s\pm1|V_1V_2\ldots V_S\ldots R>$ görnüşdäki koeffisientler gerek, sebäbi ähli matrisa görnüşli $q_{S\sigma}$ elementler $\Delta\vartheta_s=\pm I,\Delta\vartheta_s=0(S'=S)$ we $\Delta R=0$-den başgalary ýitýärler.

Bu ýerde ϑ_s diňe doly simmetrik yrgylda bagly, ýagny simmetrik däl ϑ_a koeffisient üçin $\left\langle\vartheta_1\vartheta_2\ldots\vartheta_a\pm1\ldots R\right|\cdot\vartheta_1\vartheta_2\ldots\vartheta_a\ldots E\rangle=0$.

Garalýan q_s doly simmetrik koordinata aşaky ýaly bolyar:

$$\left\langle V V_2\ldots R\right|q_s\left|V_1V_2\ldots R\right\rangle=-\frac{1}{\omega_s}$$

$$\left[3K_{SSS}\left(\upsilon_S+\frac{1}{2}\right)+\sum_{S'}`K_{SS'S'}(\upsilon_{S'}+g_{S'}/2)-\frac{1}{4\pi c}\left(\frac{1}{hcw_S}\right)^{\frac{1}{2}}\sum_{\alpha}\frac{a_S^{(\alpha\alpha)}}{(I_{\alpha\alpha}^{(l)})^2}<\upsilon_1^*\upsilon_2^*\ldots R\,|\,(P_\alpha+\rho_\alpha^*)\,|\,\upsilon_1^*\upsilon_2^*\ldots R>\right]$$

(14)

K – tolkun sanlarda kesgitlenen kubik görnüşli potensial hemişeligi;

$I^{(l)}_{\alpha\alpha}$ - momentleri deňagramly konfigurasiýada α oklary ugry boýunça baş inersiýa momenti;

$a^{(\alpha\beta)}_{S\sigma}$ - $I_{\alpha\beta}$-ny normal koordinatalara görä paýlaşdyrylandaky ýüze çykýan koeffisient;

P_α - α okunyň ugrundaky doly burçuň momentiniň komponenti;

$\rho_\alpha, \rho^*_\alpha$ - α okuna görä yrgyldyly burç momentini, ýyldyzjyk bolsa emele gelme (wyroždeniýe) yrgyldy bilen dörän burç momentini aňladýar.

Sistemanyň nolunjy tertipli energiýasy aşaky görnüşde berilýär:

$$E^{(0)}_{\upsilon_1\upsilon_2\cdots k} = \sum_S hcw_S(\upsilon_S + \frac{g_S}{2}) + E^{(0)}_k \qquad (11)$$

υ_S – S-nji normal yrgyldynyň normal kwant sany;

R – aýlaw haly alamatlandyrýar;

g_S – yrgyldylaryň maltipletligi.

Eger tolgunmadyk H^0-y hususy funksiýasyna $|\upsilon_1\upsilon_2\ldots R>$ bolsa, onda $H^0+H^{(1)}$ operator üçin birinji tertipli tolgunan funksiýasy aşaky ýaly bolar:

$$\left|V_1V_2...R\right> = \sum_{\upsilon_1'\upsilon_2'...R} \left|\upsilon_1'\upsilon_2'...R'\right> < \upsilon_1'\upsilon_2'...R|V_1V_2...R> \qquad (12)$$

$$<\upsilon_1\upsilon_2...R|V_1V_2...R> = \left\langle \upsilon_1'\upsilon_2'...R'/V_1V_2...R \right\rangle =$$

$$<\upsilon_1'\upsilon_2'...R'\left|H^{(1)}\right|\upsilon_1\upsilon_2...R>1$$

$X=x_1-x_2$ – täze koordinatlar sistemasyna geçeliň.

$f_{pr}(x_0)=P$. Onda deňleme şeýle görnüşi alar

$mx=-f_{pr}(x_0)-kx+P$

$mx+kx=0$ ýa-da $x+kx/m=0$ $x+\omega x=0$ (4)

$\omega^2=k/m$

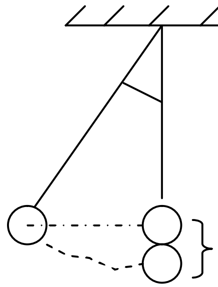
(4)-deňlemäniň çözüwi

$x=A\cos\omega t+B\sin\omega t$

A,B-hemişelik ululyklar, başlangyç şertlere bagly.

Yryldynyň periody $T=2\pi/\omega=2\pi\sqrt{m/k}$

$\omega=\sqrt{k/m}$-aýlaw ýygylyk.

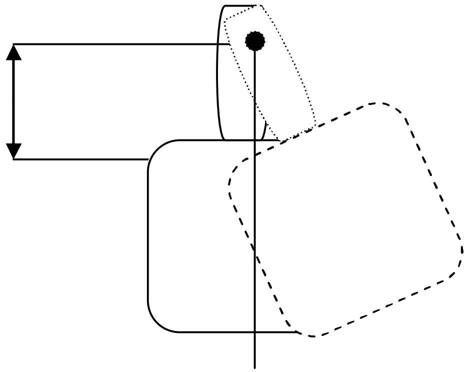


Matematiki maýatnik

$\varphi+g\varphi/l=0$

$\omega^2=g/l$

g-agyrlyk güýjiniň tizlenmesi



Fiziki maýatnik

φ+mgaω/I=0

ω^2=mga/I

I-inýersiýa momenti

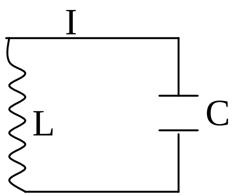
Elektrik yrgyldyly kontur

LdI/dt+1/c∫Idt=0

Lq+1q/c=0

q+1q/Lc=0 ω=√1/Lc

Tema 3 soňy



Yrgyldyly kontur

$\ddot{X} = f(x)$ - ge täze üýtgeýän girizeliň: $\dot{X} = y$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{dy}{dt} = \frac{dy}{dx}\frac{dx}{dt} = \frac{dy}{dx}y$$

$$q_{S\sigma} = (4\pi^2 c w_S / h)^{\frac{1}{2}} Q_{S\sigma} \qquad (6)$$

$$m^{\frac{1}{2}}\Delta\alpha_i = \sum_{S\sigma} l_{iS\sigma}^{(\alpha)} Q_{S\sigma} \qquad (7)$$

$$a_{S\sigma}^{(\alpha\alpha)} = 2\sum_i m_i^{\frac{1}{2}} (\beta_i^{(l)} l_{iS\sigma}^{(\beta)} + \gamma_i^{(l)} l_{iS\sigma}^{(\alpha)} \qquad (8)$$

$$a_{S\sigma}^{(\alpha\beta)} = -2\sum_i m_i^{\frac{1}{2}} \alpha_i^{(l)} l_{iS\sigma}^{(\beta)} \qquad (\alpha \neq \beta) \qquad (9)$$

$$P_\alpha = \sum_{S\sigma}\sum_{S'\sigma'} \xi_{S\sigma S'\sigma'}^{(\alpha)} (w_{S'} / w_S)^{\frac{1}{2}} q_{S\sigma} P_{S'\sigma'} \qquad (10)$$

Bu ýerde - α,β,γ X,Y,Z koordinatlaryň bahalaryny alýan indekslerdir. Koordinata oklary esasy inersiýa momentiniň oklary bilen gabat gelýäler.

m_i – i-nj atomyň massasy;

$\alpha_i^{(l)}$ - i-nji atomyň deňagramly dekart koordinatasy;

$\Delta\alpha_i$ – i-nji atomyň dekart süýşmesi;

$q_{S\sigma}$ - ölçegsiz normal koordinata

$P_{S\sigma}$ - $q_{S\sigma}$ bilen çatryndaş moment;

$l_{S\sigma}$ - (1.5) deňlikdäki matrisanyň elementi;

ν - sek^{-1}-däki S-nji normal ýygylygy;

ω_S – tolkun sanlaryndaky S-nji normal ýygylyk;

özara spin täsir hemişelikleriň baglanşygy özara ýadro aralykara bagly bolany üçin temperaturanyň üýtgemegi bilen şol hemişelikleriň üýtgemegi bolýar.

Garmoniki däl yrgyldy netijesinde ekranlaşma hemişeligi we özara spin täsir hemişelikleriň molekulalarynyň düzüminiň olaryň izotoplaryna baglydygy görünýär (mysal üçin H_2 we HD).

Bu ýerden agyr izotopomerleriň yrgyldy derejeleri ýeňil izotopomerleriň yrgyldy derejelerinden aşakda ýerleşen, şonuň üçin izotop çalyşma netijesinde ekranlaşma we özara spin täsir hemişelikleri üýtgär.

Indi bolsa molekulanyň tolkun we aýlaw haly boýunça ÝMR özara täsir hemişelikleriň orta bahalarynyň deňlemelerini alalyň.

Molekulanyň aýlanmagyny we yrgyldysyny hasaba alýan gamiltonian aşaky görnüşde ýazylýar [2-3]:

$$H = H^O + H^{(1)} + \ldots \qquad (3)$$

$$H^0 = \frac{hc}{2}\sum_S \omega_S[(P_{S\sigma}/\hbar)^2] + \frac{1}{2}\sum_\alpha P_\alpha^2 / I_{\alpha\alpha}^{(L)} \qquad (4)$$

$$H^{(1)} = hc\sum_{S\sigma}\sum_{S'\sigma'}\sum_{S''\sigma''} K_{S\sigma S'\sigma' S''\sigma''} q_{S\sigma} q_{S'\sigma'} q_{S''\sigma''} - \sum_\alpha (\rho_\alpha P_\alpha / I_{\alpha\alpha}^{(l)} -$$

$$\frac{1}{4\pi}\sum_{S\sigma}\left(\frac{1}{c\omega_S}\right)^{\frac{1}{2}}\sum_{\alpha\beta}[\alpha_{S\sigma}^{(\alpha\beta)}(P_\beta - \overset{*}{\rho}_\alpha)(P_\beta - \overset{*}{\rho}_\beta)/I_{\alpha\alpha}^{(l)} I_{\beta\beta}^{(l)}] q_{S\sigma} \qquad (5)$$

Bu ýerde ölçegsiz normal koordinata q, normal koordinata Q bilen baglanyşyklydyr:

Onda $\frac{dy}{dx} y = f(x)$ differensirläp alarys

$$\frac{1}{2} y^2 - \int f(x)dx = h \qquad (5)$$

$-\int f(x)dx = V(x)$ - potensial energiýa, $\frac{y^2}{2}$ - kinetik energiýa.

3.2. Yrgyldylaryň faza şekilini gurmak. Faza tekizliginiň we aýratyn nokatlaryň häsiýetleri. Ýitgisiz ulgamlarda yrgyldynyň faza şekiliniň separatrisasy. Faza şekiliniň kömegi bilen yrgyldyhyň häsiýetnamalaryny kesgitlemek.

Absisasynda x, ordinatasynda y=x bolan doly sistemasyna göz öňüne getireliň. Koordinatlary x(t) we y(t) bolan nokada şekillendiriş nokady diýilýär. Sistema hereket edende bu nokat käbir egri boýunça hereket eder. Oňa faza traektoriýasy diýilýär.

Sistemada deňagramlygyň emele gelýän şertine seredeliň. Onda

y=x=0, y=x=0 (tizlik we güýç =0).

y=0,x=x,

nokatlarda $f(x_i)=0$ we potensial funksiýa $v(x)$ $x=x_i$ bolanda ekstremumy bardyr $f(x_i)=dv(x)/dx|_{x=xi}=0$ (6) şu şertiň erine etýän aýratyn nokatlaryna-birinji tertipli aýratyn nokatlar diýilýär.

Eger $dv(x)/dx|_{x=xi}=0$ bolsa onda n-nji tertipli aýratyn nokatlar diýilýär.

Seýlelikde aýratyn nokatlar sistemanyň deňagramlyk ýagdaýy bilen gabat gelýär.

Goý faza tekizliginde $x=x_i$, $y=0$ aýratyn nokat bolsun. $V(x_i)=h_i$ belläliň. Eger $v(x)$ $x=x_i$ bolanda minimuma eýe bolsa onda

$$dv(x)/dx|_{x=xi}=0$$

$$d^2v(x)/dx^2|_{x=xi}>0$$

$x=x_i$ nokadyň töwereginde $v(x)$-n hatara dargadalyň

$$v(x)=v(x_i)+dv/dx|_{x=xi}\xi+1/2d^2v/dx^2|_{x=xi}\xi+-$$

$$\xi=x-x_i$$

x-yň we y-iň kiçijik wariasiýalary üçin ýazyp bolar

(5*)-e meňzeş deňlemäni şeýle ýazyp bolar

$$1/2\eta+v(x_i)+1/2d^2v(x)/dx^2|_{x=xi}\xi=h \quad (7)$$

8.3.Molekulalarda atomlaryň yrgyldyly hereketi.

Izolirlenen molekulanyň ölçenilýän izotop ÝMR parametrleri magnit meýdanynda molekulanyň oriýentasiýalarynyň orta statistik bahasy bilen häsiýetlendirilýär. Spektral parametrler hem, Bolsmanyň faktoryna görä hallaryň gürligini hasaba almak bilen, yrgyldyly-aýlanma hallar boýunça orta bahany kesgitlemek bilen şertleşilendir.

Bolsmanyň faktory şeýle kesgitlenýär.

$$P_i=EXP(-E_i/kT) \ (1.3) \quad (1)$$

E_i – ýagdaýyň energiýasy, T – temperatura

Umumy ýagdaýda ekranlaşma we özara spin täsir hemişelikleri ýadronyň koordinatalarnyň funksiýasy bolup durýar.

Ýadroara potensial simmetrik däldir, şonuň üçin molekulanyň yrgyldysy, molekulanyň netijesinde geometrik deňagramlygyny bozýar. Şondan başgada molekulalaryň aýlanmagy bilen atomlar süýşýärler.

Iki atomly molekulalarda garmoniki däl potensial we merkeze ymtylmadan döreýan goşulyjy temperaturanyň artmagy netijesinde himiki baglanşygyň orta uzynlygyny artdyrýar. Yrgyldyly kwant sanynyň artmagy bilen garmoniki däl potensialyň artyşy ýaly, ýadrolaryň aralyklary hem artýar. Şondan başgada aýlaw kwant sanynyň artmagy bilen molekulalaryň gaty dälligi netijesinde hem ýadro aralyklarynda üýtgeşme ýüze çykýar. Ýadronyň ekranlaşma we

Iň soňynda kinetik energiýa:

$$T=mx_12/6+mx_1x_2/6+mx_22/2+mx_2x_3/3+mx^2_3/3$$

Indi Lagranžyň deňlemesini ulanyp agramyň matrisasyny we güji alarys:

$$M=\begin{matrix} M/3 & M/6 & 0 \\ M/6 & m & M/3 \\ 0 & M/2 & 2m/3 \end{matrix}$$

$$K=\begin{matrix} C & 0 & 0 \\ 0 & 2c & 0 \\ 0 & 0 & 3c \end{matrix}$$

Yada $\eta^2+\alpha\xi^2=2(h-h_i)$

$$\eta=y \quad \alpha=d^2v/dx^2|_{x=xi}>0$$

Biz şu (7) deňlemäni aldyk. Ol faza traektoriýalarynyň deňlemeleridir. Bu ellipsleriň deňlemeleridir. Bu ellipsler özleriniň ýarym oklary bilen biri-birlerinden (h-hi) tapawutlanýarlar.

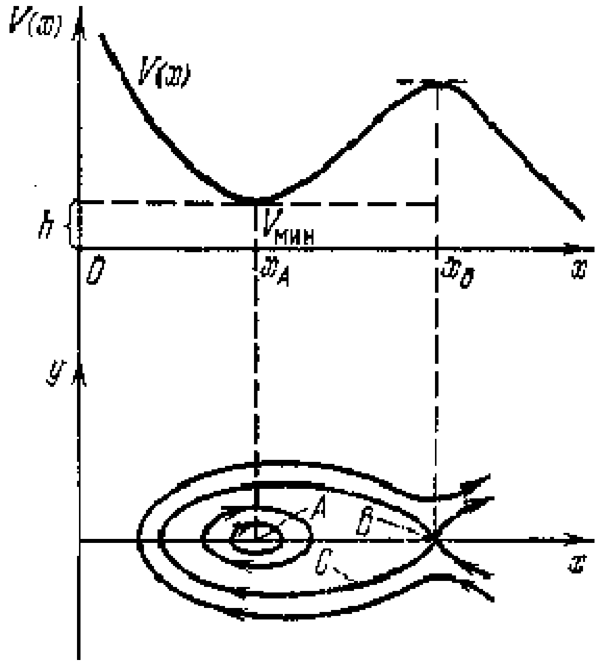
Faza çyzyklarynyň we aýratyn nokatlaryň toplumyna faza portreti diýilýär.

Indi sistemanyň energiýasynyň maksimum ýagdaýynda onuň deňagramlyk ýagdaýynda seredeliň. Onda öňki ýaly wykladkalar etmek bilen şeýle deňleme alarys

$$d^2v(x)/dx^2|_{x=xi}=\alpha<0$$

$\eta-\xi^2\alpha=2(h-h_i)$ – giperbolaň deňlemesi

Deňlemeleň grafigini guralyň



Separatrisanyň ýerleşişi mümkin bolan hereketleriň oblastlaryna görkezýär.

d/dt(dL/dy)-dL/dx=0 – Lagranjyň deňlemesi

3.3.Hakyky yrgyldyly ulgamlar. Hakyky yrgyldyly ulgamlarda erkin yrgyldylar. Hakyky yrgyldyly ulgamlarda ýitgini hasaba almak. düzmek. Ýitgili ulgamlarda garşylyk güýjiniň tizlige baglylygy.

Goý yrgyldynyň umumy deňlemesi

$$\ddot{X} = \Phi(x, \dot{x})$$

Wertikal tekizlikde hereket edýän steržniň kinetik energiýasyny massalaryň ortalyk postupatel hereketi we okuň ýandan aýlanýan aýlauw hereketi goşup alyp bolýar:

$T=1/2mz_1^2+1/2I_1O_1^2+1/22mz_2^2+1/2I_2O_2^2$ (23)

Şu ýerde z_1,z_2- sterženleriň ortalyk massa koordinatlary;O_1O_2-steržiniň öwrüm çüňkleri wertikal tekizlikde; I_1I_2- steržiniň inersiýa momentleri oka görä. Steržin üçin $I=ml_2/12$.

$T=1/2mz_1^2+1/2ml^2O_1^2/12+1/2(2mz_2^2)+1/2(2ml^2O_2^2/12)$ (24)

Potensial energiýa-deformirlenen pružinleň energiýasy:

$V=1/2CX_1^2+1/2(2CX_2^2)+1/2(3CX_3^2)$ (25)

Kinetik energiýany $x_1x_2x_3$ koordinatlara öwüreliň

$Z_1=(x_1+x_2)/2$ $z_2=(x_2+x_3)/2$

$O_1=(x_1-x_2)/l$ $O_2=(x_2-x_3)/l$

8.2. Köp erkinlik derejeli ulgamlarda yrgyldyny hasaplamak. Köp erkinlik derejeli ulgamlarda yrgyldyny hasaplamak üçin kompýuterleri ulanmak.Hususy bahalary we hususy wektorlary hasaplamak.

(11 a, 11 b) görnüşdäki deňlemeler ulgamynyň çözüwi derňewiň sanlaýyn usulynda gowy işlenendir. Bu mesele özüniň aňladylyşynyň we özüniň berlen matrissasynyň wektorynyň meselesi diýilip atlandyrylýar

$$\Phi=K^{-I}M \quad ýa – da \quad F=M^{-I}K \qquad (20)$$

Bu mesele iki sany bölek meselelerden durýar:

1) Harakteristkaly deňlemäniň köküni saýlamak.

$$\left|\Phi-\omega^2 E\right|=0 \qquad (21)$$

Bu ýerde E – birlik matrissa.

2) Degişli özüniň Φ ýa – da F matrissalarynyň wektoryny tapmak.

Birinji bölek mesele çözülende iki sany usul ulanylýar:

Iki gaty steržen m we 2m massaly we l uzynlykly üç pružinda asylan, gatylygy c,2c we 3c deňdir. Ýygylygyny we wertikal yrgyldylaň formasyny tapmaly. Başgy berilenler: m=2,c=3. Umumy koordinat hökmünde $x_1 x_2 x_3$ alalyň.

bolsyn.

konserwatiw sistema üçin ϕ(x,y)=h.

$y^2/2+V(x)=h$ – energiýa zapasy hemişelik

Konserwatiw däl sistemada ϕ(x,y)=W(t)

Nirede dW/dt≠0

W(t) – energiýa zapasynyň mgnowen bahasy.

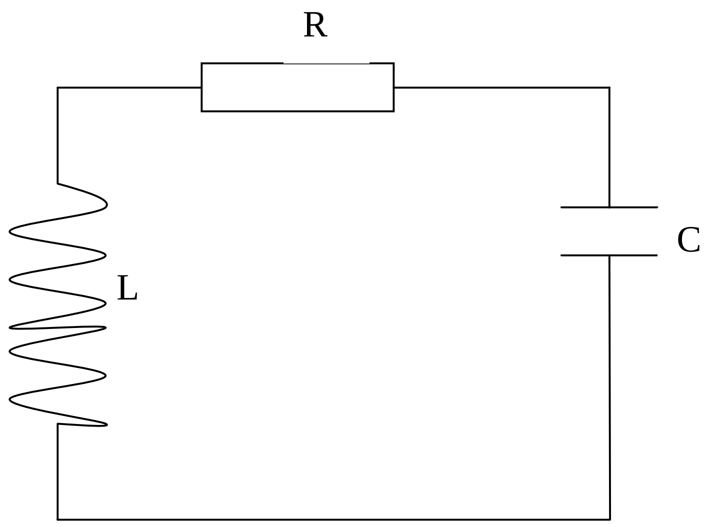
Dissipatiw sistemada $\frac{dW(t)}{dt}<0$ – energiýa ýitgisiniň bardygyny gőrkezýär.

Dissipasiýa tizligini F(x,y)=-dW/dt belläliň. Dissipatiw sistemada hemişe F(x,y)>0 F(x,y) – ýitgi kuwwaty. Ýőnekeýje sistemada energiýa deňlemesi.

$y^2/z+V(x)=W(t)$.

Güýçler deňlemesine geçeliň

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{1}{z}y^2+V(x)\right)=-F(x,y)$$



$$\dot{y} - f(x) + \frac{1}{y}F(x,y) = o$$

$$V(x) = -\int_{0}^{x} f(x)dx$$

bu ỳerde f(x) – gaýdyp gelýän güýç.

$$\frac{1}{y}F(x,y) = -\frac{1}{y}\frac{dW}{dt}$$ – sürtülme güýçi.

Sürtülme güýji y=0 bolanda nula őwrülmelidir. Ýagny sürtülme güýji diňe hereket bar wagtynda nuldan tapawutlanýandyr.

$$A_S = A_{SI} Q_S \qquad (16)$$

Konserwatiw ulgamda ähli χ_{SM} koeffisentler hakykydyr, ýagny, öz ýygylyklarynda berlen ähli koordinatalaryň yrgyldysy fazada ýa – da garşylykly fazada bolup geçýär.A^*_S wektor üçin analog görnüşde alarys

$$A_S^* = A_{SI}^* Q_S \qquad (17)$$

Şonuň üçin özüniň S yrgyldysyny aşakdaky görnüşde görkezip bolýar:

$$X_S = A_{SI} Q_S l^{i\omega_s t} + A_{SI} Q_S l^{-i\omega st} \qquad (18)$$

(9) matrissaly deňlemäniň umumy çözüwi (18) superpozisiýa çözüwi görkezýär.

$$X_t = \sum_{S=1}^{n} C_S Q_S \cos(\omega st + \varphi_S) \qquad (19)$$

Bu ýerde C_S = 2/ A_{SI}/.

(19) – ky C_S bilen φ_S başdaky şertler bilen kesgitlenilýär, ω_S ýygylygyň we Q_S yrgyldynyň formasy bolsa, ulgamyň parametrlerine baglydyr.

Sebäbi (11) deňlemäniň ähli koeffisentleri hakyky sanlardyr,öz ω_s ýygylygyna degişli X_s wektor aşakdaky görnüşde ýazylýar:

$$X_s = AS\exp(i\omega st) + AS^*\exp(-i\omega st) \quad (13)$$

Nirede A^* - A_s wektora çatrymly.

A_s ampletudaly wektor şu aşakdaky deňlemäni kanagatlandyrýan bolmaly

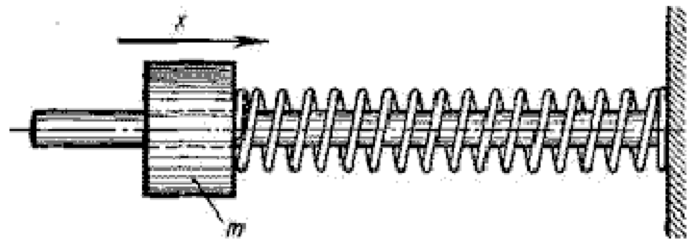
$$(-\omega_s^2 M + K)A_s = 0 \quad (14)$$

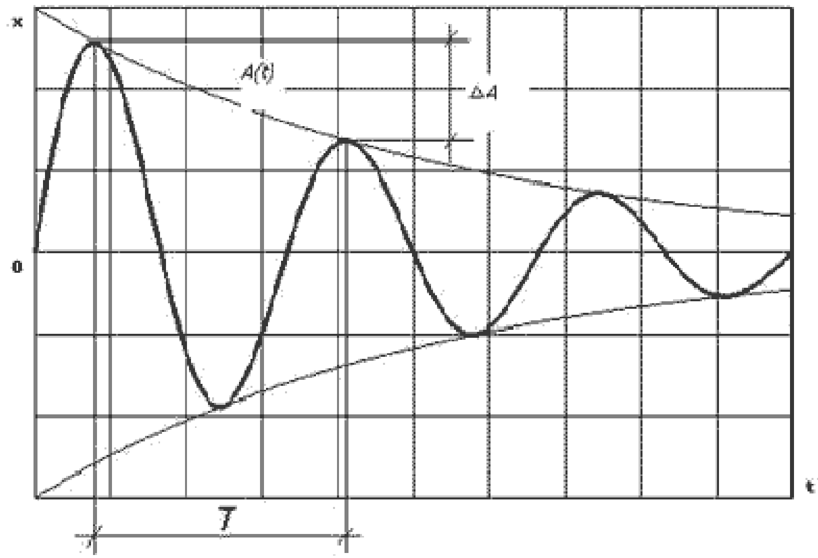
Bu matrisaly deňleme A_s ampletuda üçin birmeňzeş deňlemelere we ulgama ekwiwalentdir. Ampletudanyň birinji indeksi öz ýygylygynyň tertibine degişlidir, ikinji indeksi bolsa, koordinatanyň tertibine degişlidir. (14) – nji ulgamdan ampletudalaryň gatnaşygyny tapyp bolýar: $A_{SM} / A_{SI} = \chi_{SM}$

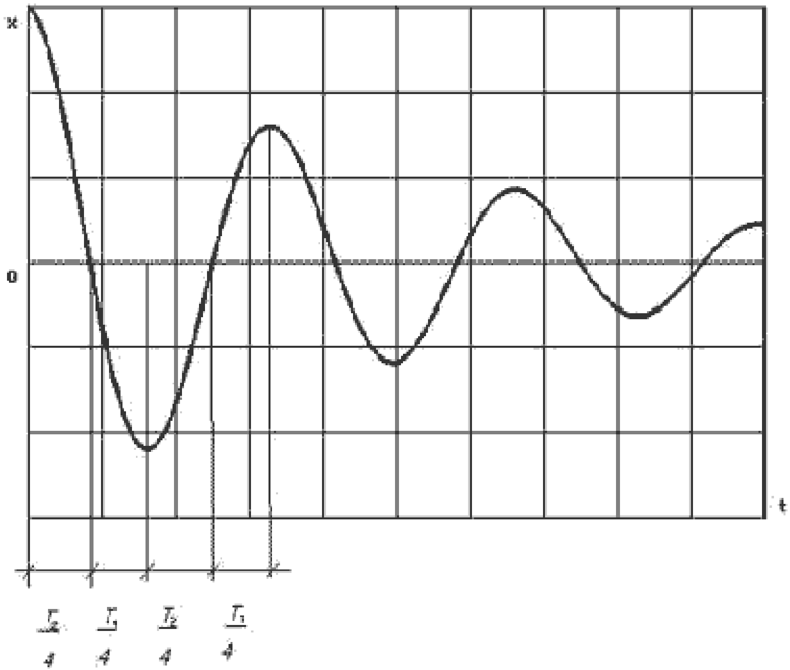
χ_{SM} ululygy Q_S wektor döredýär,ol hem öz gezeginde ω_S ýygylygyň gatnaşyk ampletudasynyň wektor koeffisenti diýilip ýa – da öz yrgyldyly ulgamynyň S – nji görnüşi diýilip atlandyrylýar. Hemme S üçin χ_{SM} koeffisenti kwadrat matrissany döredýär

@@@@@@@ (15)

A_S ampletudaly wektor Q_S – iň üsti bilen aşakdaky görnüşde aňladylýar:







Kőp dissipatiw sistema üçin sürtülme güýji tizlige (ýa-da tok güýjüne) baglydyr. Ýőne bu baglylyk sistema gőrä dürli-dürlidir.

3.4.Togtaýan yrgyldylar. Togtaýan yrgyldylaryň faza portreti. Togtaýan yrgyldylaryň differensial deňlemesini çözmegiň usullary. Faza portretini gurmak üçin deňleme. Faza portretiniň aýratyn nokatlary.

Sürtülme güýjüniň tizligiň birinji derejesine proporsional ýagdaýyna seredeliň. Bu ýagdaý yrgyldyly kontura omiki garşylyk bar ýagdaýynda bolýar. Onuň dif. deňlemesi şeýledir:

$$\ddot{X}g = -\omega^2 A l^{i\omega t}$$

Matrisanyň assosiýasiýa häsiýetinden peýdalanyp,(9) – yň ýerine ýazyp bileris

$$((-\omega^2 M) + k)A = 0 \qquad (11)$$

(11) – nji ulgamy iki görnüşde aňladyp bolýar:

ýa $$(M^{-1}k)A = \omega^2 A \qquad (11\ a)$$ görnüşde

ýa – da $$(k^{-1}M)A = \frac{1}{\omega^2}A \qquad (11\ b)$$ görnüşde

Bu ýerden, diskret konserwatiw yrgyldyly ulgamdaky erkin yrgyldylaryň we ampletudalaryň tapylyşynyň meselesi ($M^{-I}K$) ýa – da ($K^{-I}M$) matrisalaryň öz aňladylyşynyň meselesi bolup durýar.

Haçanda determinant diňe şu ýagdaýda

$$\left| -\omega^2 M + k \right| = 0 \qquad (12)$$

bolanda, (11) –nji birhilli matrissaly deňleme triwial däl çözüwi alyp biler.

(12) – den ulgamyň öz yrgyldyly ýygylygyny kesgitläp bolar

$$\omega^2{}_s, s = 1,2,...,n$$

M_{n1} $M_{n2}\ldots$ m_{nn}

k_{11} $k_{12}\ldots$ K_{1n}

K_{21} $k_{12}\ldots$ k_{2n} $=k$

k_{n1} $k_{n2}\ldots$ k_{nn}

$X_1, x_2, \ldots x_n$ koordinatlary matrisa görnüşinde ýazalyň

X_1

$X=$ X_2

X_n

(6) deňleme matrisa görnüşinde: $mx+kx=0$ (9)

mx ululygy inersiýa güýjüniň wektory diýilýär. Differensial kursundan bilişimize görä matrisa deňlemäniň çözilişi wektor görnüşinde gözlenilýär:

$$X = Ae^{iwt} \qquad (10)$$

(10) – dan ikinji önüm gelip çykýar

$X+2\delta x+\omega^2_0 x=0$ δ-koeffisiýent zatuh-e $1/\delta=\tau$-wagtyň hemişeligi.

Eger $y=x$ bolsa

$Y=-2\delta y-\omega^2_0 x$ $dy/dx=-2\delta y+\omega^2_0 x/y$

$Z=y/x$ ýerine goýalyň

$dzx/dx+z=-2\delta zx+\omega^2_0 x/zx$; $dzx/dx=-z^2x+2\delta zx+\omega^2_0 x/zx$

$dz/dx=-z^2+2\delta z+\omega^2_0/zx$ $zdz/z^2+2\delta z+\omega^2_0=-dx/x$

şu deňlemäni integrirläliň

$\int xdx/ax^2+bx+c=1/2a\ln|ax^2+bx+c|-b/2a\int dx/ax^2+bx+c$

$\int dx/ax^2+bx+c=2/\sqrt{4ac-b^2}\mathrm{arctg}2ax+b/\sqrt{4ac-b^2}$

Integrirlänimizden soň alarys

$\mathrm{Ln}[x2(z2+2\delta z+\omega^2_0)]=2\delta \mathrm{arctg}/\omega\ z+\delta/\omega+\ln c$

Erkin hemişelik, $\omega 2=\omega^2_0-\delta^2$.

x we y ululuklara gaýdyp gelip alarys

$y^2+2\delta xy+\omega^2_0 x^2=c\exp(2\delta \mathrm{arctg}/\omega y+\delta x/\omega x)$

$\omega^2_0>\delta^2$ bolanda $\rho^2=c_1\exp(2\delta/\omega\theta)$

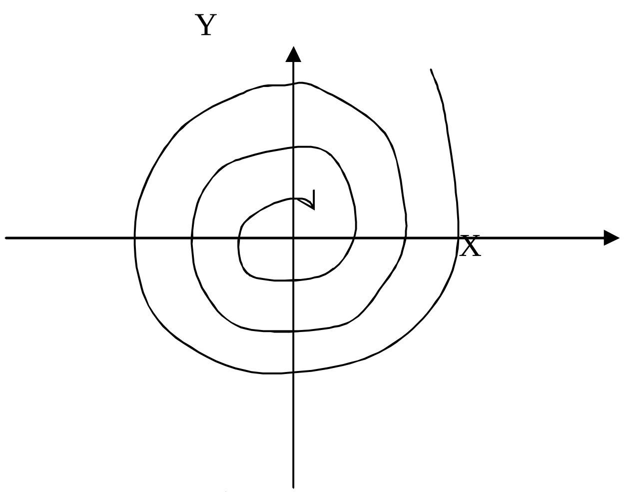
$y+\delta x=u$, $u=\rho\sin\theta$, $\omega x=V$, $V=\rho\cos\theta$

eger $\omega^2_0>\delta^2$ bolsa şeýle deňlemäni alarys

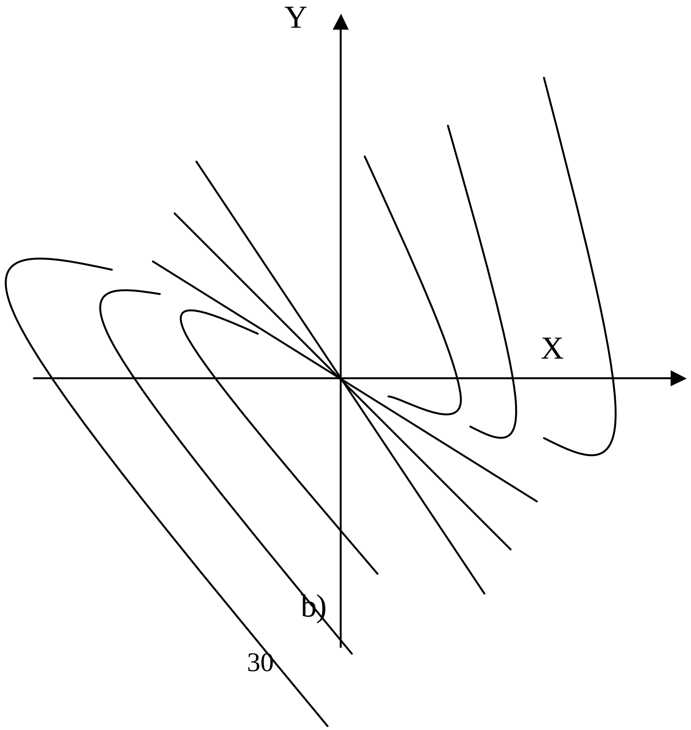
$y^2+2\delta xy+\omega^2_0 x^2=c(y+(\delta-q)x/y+(\delta+q)x)^{\delta/q}$

$q2=\delta^2-\omega^2_0$

şu deňlemeleriň grafigi şunuň ýalydyr.



a)



b)

$V(X_1, X_2, \ldots X_n)$ položitel bellenen koordinat X_s kwadrat formasy. $K_{sl}=K_{ls}$. Şunuň ýaly kinetik energiýsy $X_s=dX_s/dt$

$$T(x_1, x_2, .. x_n)= \sum \sum m_{sl} X_s X_l \quad (4)$$

Deňlemelerde (3) we (4) S=l içki parsial energiýasyna deň.

Lagranžyň deňlemesinden peýdalanyp

$$D/dt(dT/dX_s)+dV/dX_s=0 \quad (5)$$

N sistema çyzykly differensial deňleme alarys:

$$M_{11}x_1+m_{12}x_2+\ldots+m_{1n}x_n+k_{11}x_1+k_{12}x_2+\ldots+k_{1n}x_n=0$$

$$M_{21}x_1+m_{22}x_2+\ldots+m_{2n}x_n+k_{21}x_1+k_{22}x_2+\ldots+k_{2n}x_n=0$$

$$M_{n1}x_1+m_{n2}x_2+\ldots+m_{nn}x_n+k_{n1}x_1+k_{n2}x_2+\ldots+k_{nn}x_n=0$$

Gowlygy üçin matrisa görnüşine geçeliň:

$$\begin{matrix} M_{11} & M_{12}\ldots & M_{1n} & \\ M_{21} & M_{12}\ldots & M_{2n} & =m \end{matrix}$$

$V(q_1,q_2,\ldots q_n)$

Deňlik ýagdaýynda potensial energiýa minimum bolýar, başga sözler bilen

$$(dV/dq_s)q_{so}=0 \qquad (1)$$

nirede s- koordinatlary sanlandyrýar;qso-deňagramlyk ýagdaýynda koordinadyň bahasy. Deňagramlyk bahasyny koordinadyň üýtgemegi täze koordinat hökmünde alsak onda kiçi üýtgemeler üçin ýazyp bolar:

$$V(x_1,x_2,\ldots x_n)=V(0,0,\ldots 0)+\sum(dV/dx_s)X_s+1/2!\sum\sum(d^2V/dX_sdX_l)0X_sX_l+\ldots \qquad (2)$$

Potensial energiýa hemişeligiň dogrylygy bilen kesgitlenilýär. Şonuň üçin alyp bileris V(0,0,…0)=0. (1) göz öňune tutaňda we (2) hasaba almaňda ýazyp bileris

$$V(x_1,x_2,\ldots x_n)=1/2!\sum\sum(d2V/dX_sdX_l)_0X_sX_l=\sum\sum K_{sl}X_sX_l \qquad (3)$$

Bu suratlar öçmesi kritiki bahadan kiçi (a) we uly (b) ýagdaýlar üçin çyzukly yrgyldyly ulgamyň faza portreti.

3.5.Çyzykly kontur. Hemiselik öçýän çyzykly kontur. Çyzykly konturda ýumşak garşylyk. Çyzykly konturyň öçme şertleri.

Görüşimiz ýaly yrgyldyly sistemada gury sürtülme hereketi sekildendirýän deňleme

$$x+w_0^2x=a \qquad (1)$$

Nirede $a=-a_0$ we $a=+a_0$ üçin $x<0$. $X=x_1-a_0/w_0^2$ $x>0$ üçin we $x=x_2+a_0/w_0^2$

$x<0$ üçin erine goýsak onda x_1 we x_2 üçin deň deňleme alarys:

$$X_{1,2}+w^2{}_0x_{1,2}=0$$

onuň çözülisi $X_{12}=A\cos(w_0t)+B\sin(w_0t)$.

Basdaky sertleri bereliň $t=0$, $x=x_0$, $y=0$ (2)

Birinji etap üçin $x=y<0$, $0<t<\pi/w_0$

$$X=A_1\cos(w_0t)+B_1\sin(w_0t)+a_0/w_0^2, \qquad (3)$$

$$X=(x_0-a_0/w_0^2)\cos(w_0t)+a_0/w_0^2$$

Etapyň soňynda $t=\pi/w_0^2$, $x_{\pi/w0}=-x_0+2a_0/w_0^2$.

Ikinji etap $x=y>0$; $\pi/w_0<t<2\pi/w_0$ $t=\pi/w_0x=-x_0+2a_0/w_0^2$

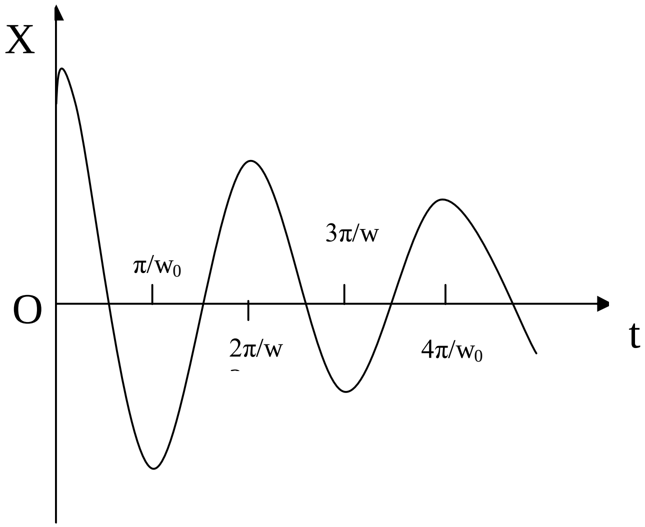
şonda $X=(x_0-3a_0/w_0^2)\cos(w_0t)-a_0/w_0^2$ (4).

Etapyň soňyna $t=2\pi/w_0$ $X_{2\pi/w0}=x_0-4a_0/w_0^2$.

Ikinji yrgyldy periodyna seretmek üçin etaply seretmegi dowam etmeli. Üçinji etap x=y<0, $2_{\pi / w_0} \le t \le 3_{\pi / w_0}$ we

$x=A_3\cos(w_0t)+B_3\sin(w_0t)+a_0/w_0^2$

$t = 2\pi / w_0$, $x = x_0 - 4a_0 / w_0^2$, y=0 üçin $x=(x_0-5a_0/w_0^2)\cos(w_0t)+a_0/w_0^2$. (5)



Etabyň soňyna $t = 3\pi / w_0$ $x_{3\pi / w_0} = -x_0 + 6a_0 / w_{0\,0}^2$ .Indiki etap üçin y>0 we $3\pi/w_0 < t < 4\pi/w_0$ $x=(x_0-7a_0/w_0^2)\cos(w_0t)-a_0/w_0^2$, etapyň soňynda $X_{4\pi/w0} =x_0-8a_0/w_0^2$ (2.4.6)

Köp erkinlik derejeli dinamiki çyzykly sistemalarda yrgyldy hereketi Lagranjyň deňlemesi bilen ýazylýar.

Egerde hereket potensial meýdanda geçýän bolsa onda belli bir n erkinlik derejeli dinamiki sistemasy uçin Lagranjyň deňlemesini düzmek üçin şeýle operasiýalary etmeli:

1. Umumy koordinat sistemasyny saýlap almaly $q_1 q_2,..q_n$
2. Kinetik T deňlemesini düzmeli we sistemanyň potensial energiýasyny V. Lagranjyň funksiýasyny almaly L=T-V
3. Lagranjyň deňlemesinden peýdalanyp sistemanyň hereket deňlemesini düzmeli:

$$D/dt(dt/dq_s)+dV/dq_s=0$$

N erkinlik derejeli sistema we n bitarap umumy koordinatlara seredeliň.

Sistemanyň potensial energiýasy koordinatlaň umumy funksiýasy bolup durýar

Sistema goşmaça i_0 – da saklar ýaly tok girizmeli.Umuman iki ýagdaýda sistemalara goşmaça energiýa çeşmesini girizmeli.

$(6a)$ – da $U_C = x$ $\quad i_C = C\dfrac{dU_C}{dt} = C\dfrac{dx}{dt}$ we $\tau = \omega t$ belläp alarys.

$$\ddot{x} + \left[R_0 C\omega\dot{x} + \varphi(c\omega\dot{x})\right] + x = 0 \quad (8)$$

$$\ddot{x} + f(\dot{x}) + x = 0 \quad (8a)$$

Eger $f(\dot{x})$ kiçi bolsa onda sistema çyzykly konserwatiw sistema golaýdyr.Şunuň ýaly ossilýator AYS-yna Tomson tipli AYS-y diýilýär.
Tomson tipli AYS-yň differensiýal deňlemesini şeýle görnüşe getirmek bolar:
$\ddot{x} + x = \mu f(x, \dot{x}) \qquad \mu << 1 \quad (9)$ Bu deňlemäni XÜA metodi bilen çözmek bolar.

8.Köp erkinlik derejeli yrgyldyly ulgamlar.

8.1.Köp erkinlik derejeli çyzykly ulgamlarda yrgyldylar.Ýitgisiz ulgamlarda hususy yrgyldylar. Lagranjyň deňlemesi. Köp erkinlik derejeli çyzykly ulgamlaryň differensial deňlemesi we ony çözmegiň aýratynlyklary.

Radiofizikanyň döremeginde yrgyldylar teoriýasy uly orun tutýar, näme üçin diýseň bu dissiplina yrgyldy prosesleriniň umumy usullaryna bagyş edilýär.

Köp erkinlik derejeli sistemany derňew etmek bu yrgyldylar teoriýasynda iň bir kyn böleginiň biridir.

4. Bir erkinlik derejeli konserwatiw ulgamlarda yrgyldylar. Güýç bilen täsir etmek.

4.1 Mejbury yrgyldylar. Hakyky ulgamlarda mejbury yrgyldylar. Daşky mejbury güýji kompleks ululyk görmüşinde ýazmak. Kompleks gerimler usuly.

Mehaniki sistema daşky güýjüň täsir edişine seredeliň. X-bilen m massanyň deňagramlylyk ýagdaýyndan süýşmegini belläliň. Sürtülme güýji ýok ýagdaýynda hereket deňlemesi şeýle ýazylar:

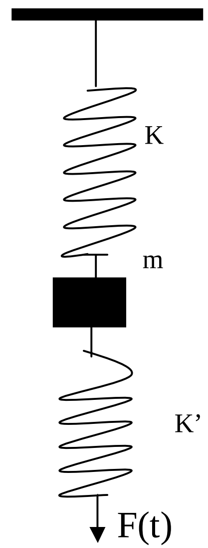
mx+kx=k'(U(t)-x) ýa-da

mx+(k+k')x=k'U(t) (1)

U-F güýjüniň döredýän süýşmesi.

Sistemanyň hususy ýygylygy

$\omega_0=\sqrt{(k+k')/m}$ – e deňdir



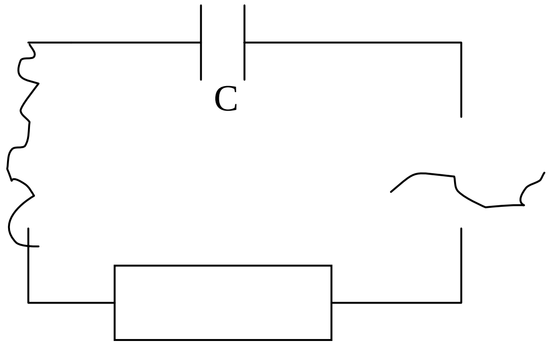
Dissipatiw sistemada mejbury yrgyldylara seredeliň. Daşky güýjüň sinusoida görnüşi bar. Mehaniki sistema üçin deňlemäni şeýle görnüşi bar.

$mx+hx+kx=F_0\cos Pt$ (2)

P-daşky güýjüň ýygylygy, F_0-onuň amplitudasy.

Elektrik sistemasy üçin

$Lq+Rq+q/c=\varepsilon_0 \cos pt$ (3)



$\varepsilon(t)=\varepsilon_0 \cos pt$

Bu iki deňleme biri-birine meňzeş, diňe koeffisiýentleri tapawutly.

$x+2\delta x+\omega_0^2 x=P_0 \cos pt$ (4)

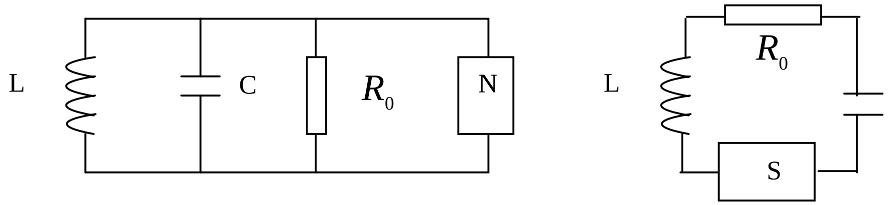
$2\delta=h/m=R/L$ $\omega_0^2 x=k/m=1/Lc$, $P_0=F_0/m=\varepsilon_0/L$

(4) deňlemäniň şeýle görnüşi bar

$x(t)=x_0\cos(Pt+\varphi)+Ae^{-\delta t}\cos(\omega t+\psi)$ (5)

nirede $x_0=p_0/\sqrt{(\omega_0^2-p^2)^2+4\delta^2p^2}=P_0/\omega_0^2/\sqrt{(1-\gamma^2)^2+\gamma^2/Q_0^2}$ (6)

nirede $\gamma=P/\omega_0$, $Q_0=\omega_0 L/R$, $\mathrm{tg}\varphi=2\delta p/(p^2-\omega_0^2)$,



a)   *b*)

Bu deňlemeler üçin Krihgofyň deňlemesi şeýle bolar:

1) *a*) üçin:

$$\frac{1}{L}\int U dt + C\frac{dU}{dt} + \frac{U}{R_0} + \varphi(U) = 0 \quad (4)$$ deformirläp alarys.

$$\frac{d^2U}{dt^2} + \frac{1}{C}\left[\frac{1}{R_0} + \varphi'(U)\right]\frac{dU}{dt} + \frac{1}{LC}U = 0 \quad (4)$$

$\varphi'(U)$-a differensiýal geçirjilik diýilyär, ýa-da ýanaşyklyk (krutizna) diýilýär.Sistemanyň öz-özünden oýanmak şerti $\left[\frac{1}{R_0} + \varphi'(U)\right] < 0$ (5)

Munuň üçin $\varphi'(U)\,\big|_{U=U_o} < 0$ we $|\varphi'(U)| > \frac{1}{R_0}$ bolmalydyr.

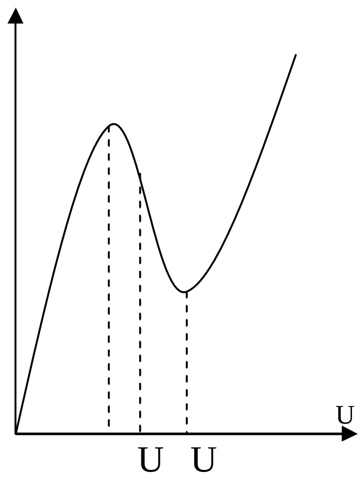
Başga söz bilen aýdanyňda çyzykly däl elemente hemişelik napryýaženiýa bermeli ýagny U_0-a nokada düşer ýaly hemem $\varphi'(U)$ aktiw geçirjilikden uly bolmaly.Yzygider sistema üçin hem ýokarky ýaly denlemeler almak bolar.

$$L\frac{di}{dt} + R_0 i + \frac{1}{C}\int idt + \varphi(i) = 0 \quad (6)$$ ýa-da

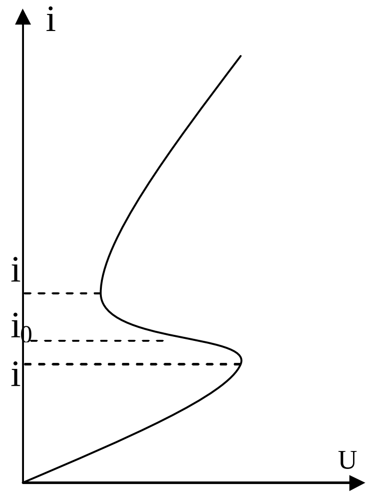
$$\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{1}{L}\left[R_0 + \varphi'(t)\right]\frac{di}{dt} + \frac{1}{LC}i = 0 \quad (6a)$$

Oýanmak şerti $\left[R_0 + \varphi'(i)\right] < 0$ (7)

$\varphi'(i)\big|_{i=i_0} < 0$ $|\varphi''(i)|_{i=i_0} > R_0$



N-tipli iki polyusly.
Tunnel diody



S-tipli iki polyusly.
Gazrazryad pribory

Wolt amper harakanyň peselyän uçastoklarynda zor bilen i_0-y ýada U_0-saklamak bilen sistemada otrisatel garşylygy emele getirip bolar. Diýmek şeýlelikde AY döredip bolar.

Munyň ýaly harakteriskalary sistemalara köp setkaly elektrik lampalar, tristorlar Gannyň diýody,Dasosefson kontakty we ş.m priborlar girýär.

Iki polýusly kontra parallel birikdirlende n tipli har-ka gerek,yzygider bolsa S tipli har-ka gerek.

A we ψ - hususy yrgyldylaryň amplitudasy we fazasy.

(5) deňlemedäki 1 çlen sistemadaky mejbury yrgyldylary häsiýetlendirýär, ikinji çlen togtaýan hususy yrgyldylary häsiýetlendirýär.

(6) aňlatmadan görnüşi ýaly ω_0 we p-iň käbir gatnaşygynda amplitudanyň maksimal bahasyny kesgitlemek bolar. Ol rezonans amplituda deňdir. Xmax=Xrez.

Mejbury yrgyldylar üçin kompleks amplitudalar metody oňaýlydyr. Kompleks amplituda

$x=x_0 l^{i\varphi}$, x_0-kompleks amplitudanyň moduly,

φ-yrgyldynyň fazasy.

Şu metod üçin (4) deňleme şeýle ýazylýar

$y+2\delta y+\omega_0^2 y=P_0 l^{iPt}$ (7)

çözülişini şeýle gözleýäris $y=x_0 l^{jPt}$

$x=a+ib$

$tg\varphi=b/a$

$(-P^2+2\delta ip+\omega_0^2)x=P_0$

$x=P_0/\omega_0^2-p^2+2\delta ip$ (8)

bu ýerden $x_0=|x|=p_0/\sqrt{(\omega_0^2-p^2)^2+4\delta^2 p^2}$

$\varphi=arctg2\delta p/p^2-\omega_0^2$

$$
\begin{cases}
x = \dfrac{P_0 \cdot (\omega_0^2 - P^2 - 2\delta iP)}{\omega_0^2 - P^2 + 4\delta^2 P^2} = \dfrac{P_0 \cdot (\omega_0^2 - P^2)}{\omega_0^2 - P^2 + 4\delta^2 P^2} - \dfrac{P_0 \cdot 2\delta iP}{\omega_0^2 - P^2 + 4\delta^2 P^2} \\
x = x_0 e^{i\varphi} = x_0 \cos\varphi + ix_0 \sin\varphi \\
z = a + ib \\
z = \rho(\cos\varphi + i\sin\varphi) \\
\rho = |z| = \sqrt{a^2 + b^2} \qquad \varphi = arctg\,\dfrac{b}{a}
\end{cases}
$$

şeýlelikde hususy çöziliş

$$x = R_e\{xe^{iPt}\} = R_e\{x_0 e^{i(Pt+\varphi)}\} = x_0 \cos(Pt + \varphi)$$

şu uly izygider elektrik yrgyldyly kontur üçin ulanalyň

$$L\frac{di}{dt} + Ri + \frac{1}{c}\int idt = \varepsilon_0 e^{iPt}$$

kompleks amplitudalar modul bilen çözeliň $(i = Ie^{iPt})$ onda alars

$$I = \varepsilon_0 / z \qquad z = R + j(Pl - 1/Pc)$$

toguň moduly $I_0 = |I| = \dfrac{\varepsilon_0}{|z|} = \dfrac{\varepsilon_0}{\sqrt{e^2 + (Pl - 1/Pc)^2}}$

indi $I_{0\,max}$-y tapmak kyn däl onuň üçin maýdalowjy min bolmaly

ýagny $pl = \dfrac{1}{Pc}$ -ýa-da P=ω_0 bolmaly şonda $I_{0\max} = \varepsilon_0 / R$

yrgyldynyň formasyny uly täsir etmeýär. Ol periodyň käbir böleginde energiýanyň üstüni doldurýar.

Munuň ýaly ulgama ossilýator tipli AYU-y diýilýär. Ossilýator AYU-da bir periodyň dowamyndaky energiýa ýitgisi, diýmek energiýa goşulmasy ulgamda toplanan zapas energiýasyndan azdyr.

Eger toplaýjy element aperiodik kontur bolsa (RL-ýa-da RC zynjyr), onda yrgyldylaryň formasy ters baglanşygyň zynjyryna baglydyr. Beýle YU-da yrgyldynyň formasy sistemanyň reaksiýa wagtyna hem baglydyr. Käbir halatlarda bu sistemanyň parametrleriniň saýlap almak bilen garmoniki yrgyldylary generirlemek bolar. Bu hilli sistemalara relaksasion AYU diýilýär. Bu sistemalarda ters baglaşyk öçürilse yrgyldy aperiodik sönýär.

1/2L2(dq/dt)(d^2q/dt^2+1/2c2q(dq/dt=-R(dq/dt)2

$$L(d^2q/dt^2)+R(dE/dt)+q/c=0$$

Diýmek konturyň magnit we elektrostatik energiýasynyň üýtgemegi ýitginiň kuwwatyna deňdir. Ýagny

$$dN/dt=-F(t).$$

Adatça F(t)>0. Ýöne AYU-da wagtyň käbir interwallarynda we amplitudanyň we tizligiň käbir bahalarynda F(t)<0 bolmagy mümkindir. Şu fiziki pikir ýöretmeden AYU-y üçin energiýa balansynyň esasy deňlemesi gelip çykýar

$$\int F(t)dt=0 \quad (3)$$

AYU-y üçin F(t) üýtgeýän alamaty bolmalydyr. Şunda periodyň bir böleginde sistemanyň energiýasynyň üsti doldurylýar, beýleki böleginde energiýa azalýar.

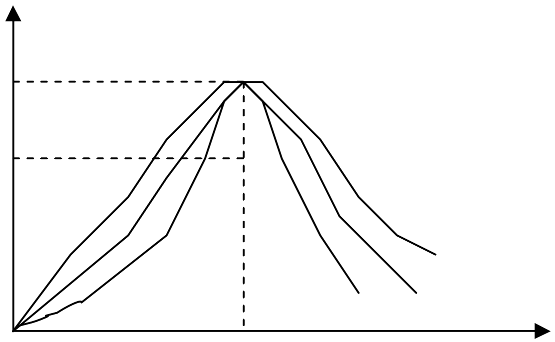
Şu ýagdaýda sistemada stasionar yrgyldylar bolar. Yrgyldylar formasy barada hem käbir pikir ýöretmeler bolup biler. Eger toplaýjy element dobrotnosty uly yrgyldyly kontur bolsa, onda awtoyrgyldylar garmoniki yrgylda golaýdyr. Ters baglanşyk zynjyry

normirlenen rezenans çyzyklaryny şeýle geçirlen bolar

**)

$$I_{0(p)}=\frac{I_0}{I_{0\max}}=\frac{R}{\sqrt{R^2+(Pl-1/Pc)^2}}=\frac{1}{\sqrt{1+\gamma^2Q_0^2(1-\frac{1}{\gamma^2})^2}}$$

$Q=\dfrac{\omega_0 L}{R}$ $\quad\gamma=P/\omega_0$ şuny Belläp geçeliň



$i=Ie^{jPt}$ onda $\dfrac{di}{dt}=jPIe^{jPt}$ $\qquad \int Idt=\dfrac{1}{jP}Ie^{iPt}$

***) $|U_R|=|I|R \qquad |U_L|=PL|I| \qquad |U_e|=\dfrac{1}{Pc}|I|$

şundan görünýär Napriženiýa rezenansy R-de $P = \omega_0 - da$ bolyar

ýa-da $\gamma^2 = 1 - \frac{1}{2Q_0^2}$ -ýagny ω_0 -daky pes ýygylykda L-de

$\gamma^2 = \frac{1}{1 - \frac{1}{2Q_0^2}}$ -ýagny ω_0 -dan ýokary ýygylykda bolýarü

5.Ölçeg priborlary.

5.1.Kwazistatiki priborlar . Kwazistatiki priborlaryň differensial deňlemesi we ony çözmegiň aýratynlyklary.Priboryň takyklygyny ýakarlandyrmagyň ýollary

Goý x-priboryň görkezýän ululygy

Z(t)-ölçeýän ululygymyz

Onda Δx/Δz-priboryň duýgurlyçy bolar.

Δz/z-pogreşnost diýilýär (Δz-iň kiçi registrirlenýän ululyk, z-hemme ölçeýän ululygymyz).

Kwazistatiki priborlar wagta görä üýtgeýän we üýtgemeýän güýçleri registrirlemek üçin hyzmat edýär.

Eger N bilen ulgamyň yrgyldy energiýasyny bellesek, onda stasionar režimde bir periodyň dowamynda energiýanyň üýtgemesi nula deňdir:

N_{t+T}-N_t=0

Konserwatiw ulgamlar ucin

dN/dt=0,

Sebäbi N=const. Dissipatiw ulgamlar üçin dN/dt=-F(t)<0. F(t) ulgamyň dissipatiw häsietini harakterizirleýän funksiyadyr.

Ol yitginin kuwwatyny harakterizirleýär.

Yzygiderli yrgyldyly kontur üçin onuň deňlemesini ýazalyň

$L(d^2q/dt^2)+R(dq/dt)+(1/c)q=0$ (1)

Bu erden taparys

d/dt[1/2L(dq/dt)2+q2/2c]=-R(dq/dt)2 (2)

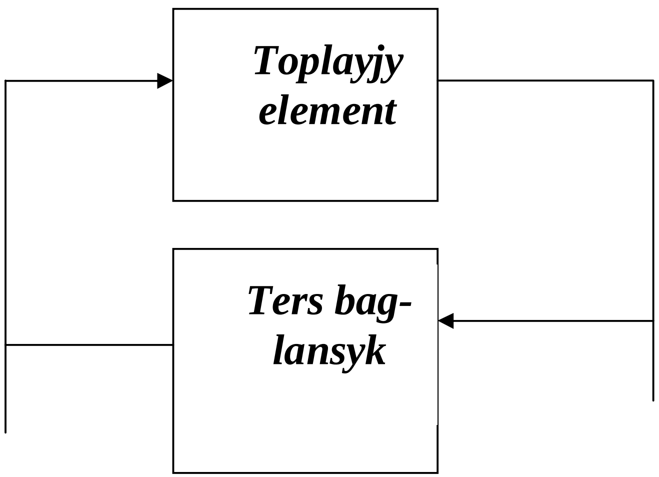
/wL, ξ=1-w02/w2 – rasstroýka

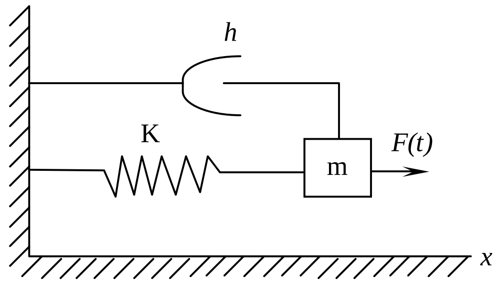
7.Awtoyrgyldylar ulgamy.

7.1.Awtoyrgyldylar ulgamlaryň differensial deňlemesi.Tomson we relaksasion tipli awtoyrgyldylar ulgamy

Awtoyrgyldylar ulgamy (AYU) aktiw yrgyldylar gornisine degişlidir.

Ýönekeý AYS şeýle çyzyp görkezmek bolar.





Kwazistatiki priboryň shemasy.

Şunuň ýaly ideal pribor bolar, haçanda m=0 we h=0 bolanda, ýagny $|mx|=0$, $|hx|=0$

Hakykatda ölçeg sistema wagta bagly täsir bolanda, inersiýany we sürtülmäni hasaba almazlyk mümkin däl. Bu ýagdaýda priboryň duýgurlygy $\Delta x/\Delta F=1/k$. Goý, sistema P ýygylykly garmoniki güýç täsir etsin. Onda üýtgeýän güýje pribor statiki ýaly edip ölçäp, eger-de şeýle şert ýerine ýetse,

$|mx|<<|kx|$, $|hx|<|kx|$

şeýle belgiler girizeliň: $w_0^2=k/m$ we $Q_0=mw_0/h=k/w_0h$.

Garmoniki täsir bolanda

$mp^2<<k$ ýa-da $p^2<<w_0^2$ ýa-da $\gamma^2<<1$

$hp<<k$ ýa-da $\gamma<<Q_0$ $\gamma=p/w_0<k/w_0h=Q_0=mw_0/h$

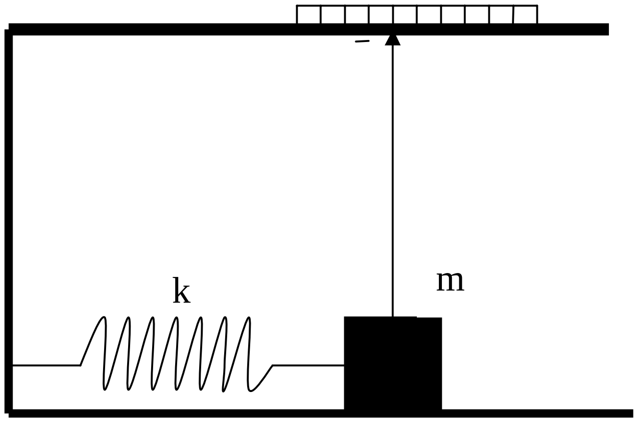
şu kwazistati priboryň işlemek şerti. Ýöne, w_0-yň uly bolmagy k-nyň ulalmagyna we duýgurlygyň işlemegine getirýär.

5.2.Seýsmiki priborlar . Seýsmiki priborlaryň. Süýşmä proporsional ululyklary ölçemek

Belläliň:

X1-massaň titreýän jisime gört süýşmesi

X-oporanyň gymyldamaýan koordinatalar sistemasyna görä süýşmesi.



Seýemiki priboryň shemasy

Onda şeýle ýazmak bolar:

$md x_1/dt^2 + h dx_1/dt + kx_1 = md^2x/dt^2$

dt^2-inersiýa güýji.

Öňki ýaly opora garmoniki yrgyldy edýän bolsun. Onda $x=zl^{jpt}$. Bu ýagdaýda, geçiş prosesinden soň m-massa hem garminiki hereket eder, onuň ýygylygy P (mejbury proses). Dogry ölçemek üçin

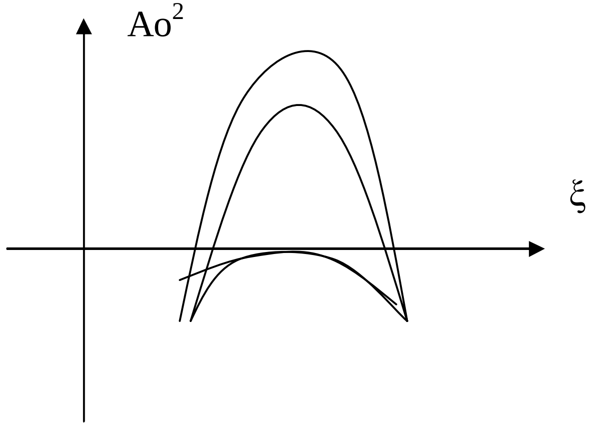
Şu deňlemäni gözlemek bilen sistemada parametrik yrgyldylary oýandyryş boljakdygyny ýa-da bolmagaldygy bilinýär.

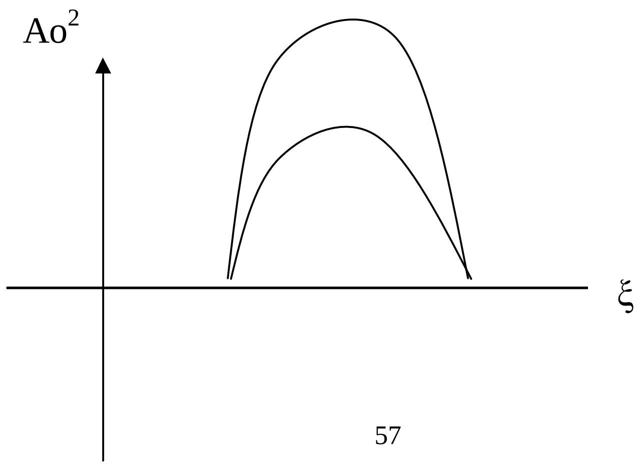
Şu deňlemäni çözmegiň netijesinde stasionar amplituda üçin şýle formulany alyp bolar:

$A_0^2=4/3\beta[-1+1/2\theta\sqrt{m^2/4-\xi^2}]$

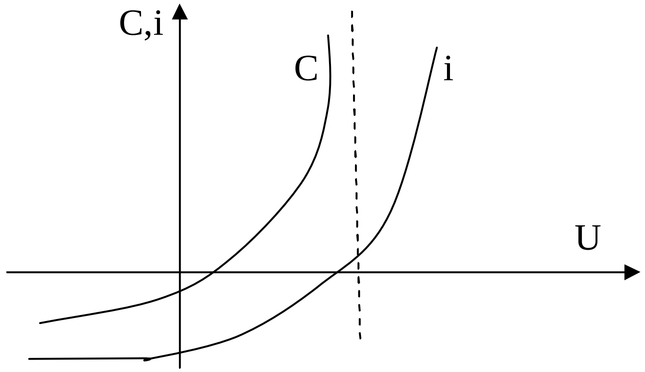
modulýasiýanyň çuňlugy $m2>16\theta2+4\xi2$

zatuhaniýe=1/Q0=θ=





parametriki güýçlendirijileriň gowy tarapy hususy şygyldysynyň örän pesligidir.



Üýtgeýän görnüşde esasan diodlar ulanylýar.

Kemçiligi: generirlemäge ymtylýar, güýçlendirme zolagy uly däl.

Generatorlarda omiki garşylyk toguň ulalmagy bilen ulalýar. Şeýlelikde ýitýän hem berilýän energiýanyň arasynda balans bolýar.

Eger garşylyk we sygymy şeýle saýlasak

$R=R_0(1+\beta_0 i^2)$

$C=C_0/1+m\cos(2wt)$

Sistemanyň deňlemesi şeýle bolar

$X=Rx/wL+w_0^2/w^2(1+m\cos 2\tau)x=0$

Nirede $x=q/q_0$ $\tau=wt$, $w_0^2=1/LC_0$ $R=R_0(1+\beta_0^2 q_0^2 w^2 x^2)$

Çözülişi şeýle gözläliň

$X=U\cos\tau+V\sin\tau$

$U(\tau)$ we $V(t)$-haýal üýtgeýän funksiýalar.

$x_1 \to x$ şert ýerine ýetmeli. Haçan şu şertiň ýerine ýetýändigine seredeliň. Bu şert $m \to max$ we $k \to 0$ bolanda ýerine ýeter, ýagny $\gamma>>1$ we $Q_0>1$. Eger x1 we x-y şeýle görnüşde ýazsak $x_1=x_1 l^{jpt}$, $x=zl^{jpt}$

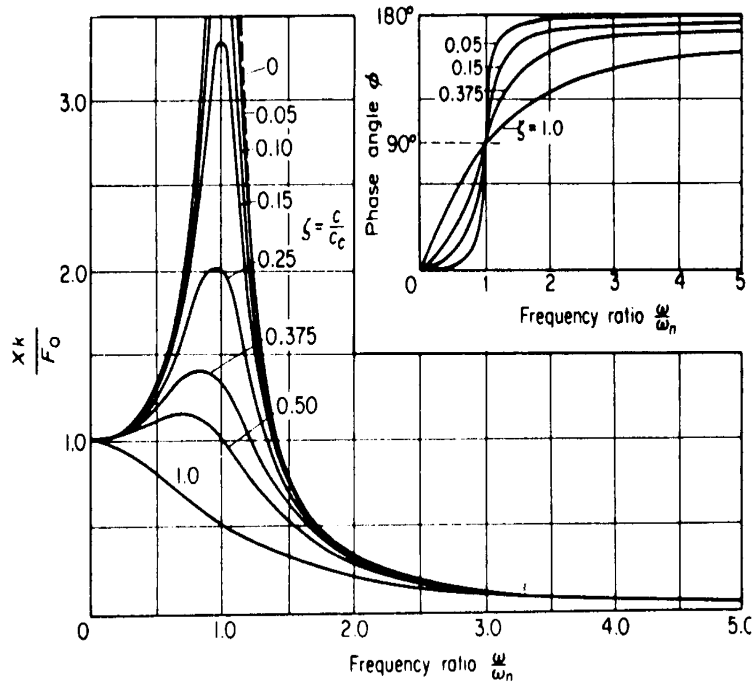
We kompleks amplitudalar metodyny ulansak

$(-p^2+hjp/m+w_0^2)x_1=-p2z$ we

$|x_1|=x_0=zp^2/\sqrt{(w_0^2-p^2)^2+h^2(p^2/m^2)}=z\gamma^2/\sqrt{(1-\gamma^2)^2+\gamma^2/Q_0^2}=z\phi_x(\gamma)$

$\varphi=\mathrm{arctg}\gamma/Q_0(1-\gamma^2)$

$|x_1|z$ bolar, haçanda $\phi_x(\gamma)\to 1$.



Ýagny $\gamma >> 1$ we $Q \approx 1$ bolanda $|x1| \cong z$ bolar. Bu priborda duýgurlygyň artmagy bilen daşky güýjüň ýoýulmagy ulalmaýar, gaýtam tersine.

5.3.Rezonans priborlar. Rezonans priborlarynyň differensial deňlemesi we ony çözmegiň aýratynlyklary. Amplitudany we ýygylygy ölçemek.

Rezonans priborlar çyzykly sistemalardaky rezonans kanunlaryna esaslanýarlar. Bu priborlar garmoniki yrgyldylaryň amplitudasyny ýa-da ýygylygyny kesgitlemek üçin ulanylýar. Biz bilýäris yrgyldyly konturda rezonans egri dobrotnyta Q_0 ters proprsional, rezonansda mejbury yrgyldynyň amplitudasy daşky güýjüň amplitudasyndan Q_0 gezek köp. Şeýlelikde daşky güýjüň amplitudasyna ölçäp bolar.

$$\ddot{z} + \left(\varphi_2 - \frac{1}{4}\varphi_1^2 - \frac{1}{2}\dot{\varphi}_1\right) z = \ddot{z} + \psi(t) z = 0 \quad (7)$$

Bu deňlemäni çözmek öran çylşyrymlydyr.

Mydama, ýa-da wagtyň belli bir interwallarynda yrgyldy energiýasy energiýa çeşmesiniň hasabyna ulalýan sistema, aktiw yrgyldylar sistemaly diýilýär.

Sistema istoçnigiň hasabyna yrgyldy energiýasynyň goýulmagyna regenerasiýa prosessi diýilýär.

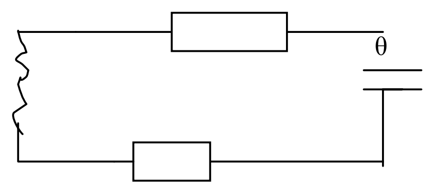
Aktiw sistemalary öwrenmek üçin otrisatel garşylyk ulanylýar: R_<0. Adatça R>0 geçen temada biz yrgyldyly sistema goýlan energiýany $q_0^2/2C_0 x 4m$-deňdigini gördük. Muňa otrisatel energiýa ýitgisi diýsek alarys.

$q_0^2 4m/2C_0 = \pi R - q_0^2 \omega^2$ bu ýerden

$R\_ = 2m/\pi x \sqrt{L/C_0} = 2m\rho/\pi$ nirede $\rho = \sqrt{L/C_0}$

Egerde R>R_-onda signal güýçlenýär.

R<R_-onda signal generirlenýär.



Ekwiwalent sistema

$1/2xRw^2q_0^2T=\pi Rwq_0^2$ (6), nirede $T=2\pi/w$

(4) we (5) deňeşdirip $q_0^2 4m/2C_0>\pi Rwq_0^2$ ýa-da

$m>1/2x\pi RC_0 w$ bolanda sistema goýulýan energiýa ýitgiden köp bolar

we sistemada yrgyldy oýandyrylýar ýa-da parametrik rezonans bolar.

Parametriki rezonansyň matematiki ýazylyşy şeýledir (çyzykly sistemalar üçin)

$$\ddot{x}+\varphi_1(t)\dot{x}+\varphi_2(t)x=0 \quad (6)$$

$\varphi_1(t)$ we $\varphi_2(t)$ wagta görä periodiki funksiýaldyr.

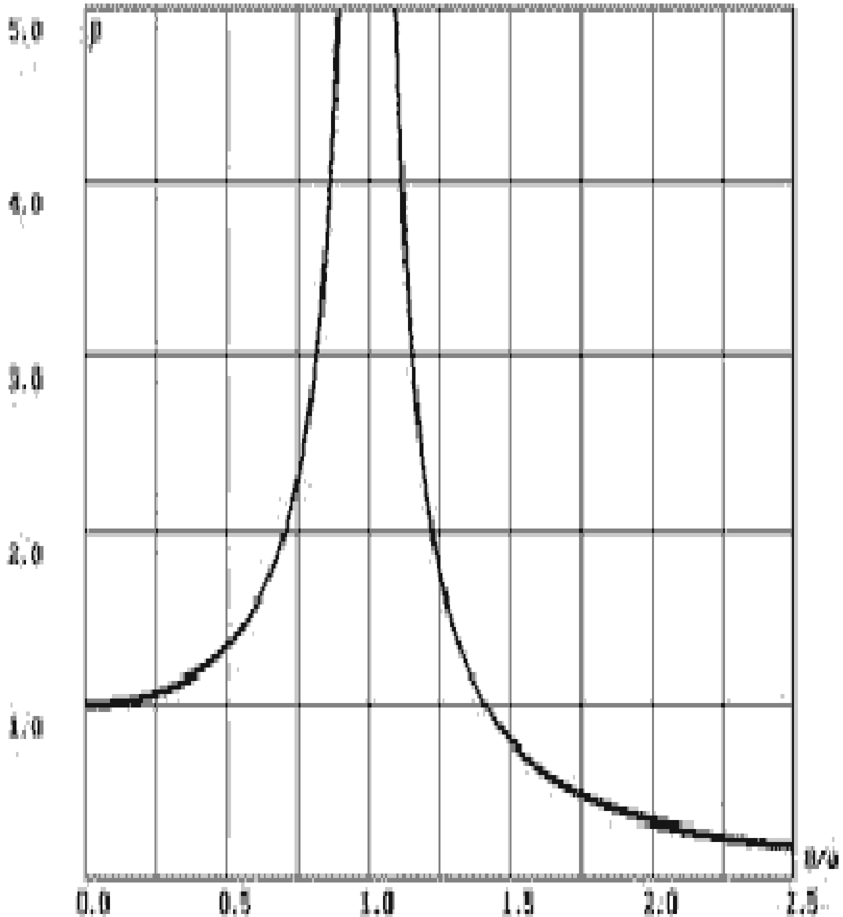
$x=z\exp\left\{-\frac{1}{2}\int\varphi_1(t)dt\right\}$ ýerine goýmak bilen alarys:

$$\dot{x}=-z\frac{1}{2}\varphi_1(t)\exp\left\{-\frac{1}{2}\int\varphi_1(t)dt\right\}+\dot{z}\exp\left\{-\frac{1}{2}\int\varphi_1(t)dt\right\}$$

$$\ddot{x}=-\frac{1}{2}\left\{(z\varphi_1(t))'+\exp' z\varphi_1(t)\right\}+\ddot{z}\exp+\dot{z}\left(-\frac{1}{2}\varphi_1(t)\right)\exp=$$

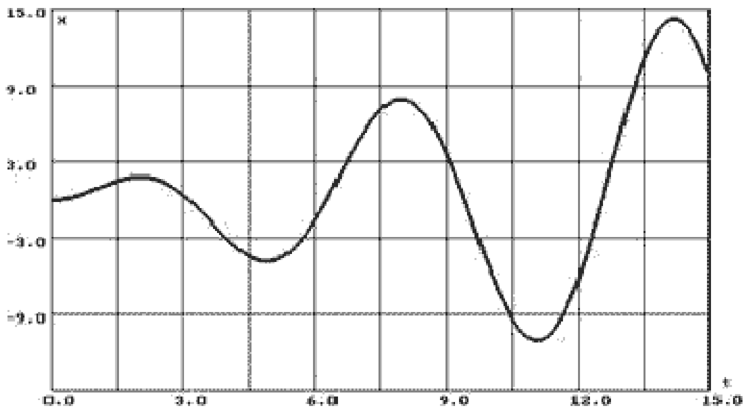
$$=\left\{-\frac{1}{2}\left\{\dot{z}\varphi_1+\dot{\varphi}_1 z+\left(-\frac{1}{2}\varphi_1\right)z\varphi_1\right\}+\ddot{z}-\dot{z}\frac{1}{2}\varphi_1\right\}\exp=$$

$$\ddot{z}-\dot{z}\varphi_1\frac{1}{2}z\dot{\varphi}_1+\frac{1}{4}\varphi_1^2 z-\frac{1}{2}z\varphi_1^2+\dot{z}\varphi_1+\varphi_2 z=0$$



Rezonans halyň grafigi

Q_0 uly bolanda, pribor diňe nastroit edilen ýygylygyna reaksiýa berýär. Şeýdibem ýygylygy ölçäp bolar.



Rezonansda amplituda artýar

Q_0-yň ulalmagy bilen priboryň duýgurlygy we izbiratelnosti artar.

Rezonans priborlar durnukly proseslerde ölçeg geçirmek üçin ulanylýar. Bularyň esasan ulanylýan ýerleri: wolnomerler, spektr-analizatorlar, kumetrler we ş.m.

5.4.Ballistik abzallar.Gysga wagtlaýyn täsr güýçlere proporsional ulylyklary ölçemek. Ballistik abzallaryň takyklygyny ýokarlandyrmak.

Ballistik priborlar gysga wagtly impuls güýçlerini we olar bilen baglanşykly ululyklary ölçemek üçin ulanylýar.

Eger mehaniki yrgyldylar sistemasyna (hususy ýygylygy w_0) τwagtyň dowamynda f(t) güýç täsir etse, onda m massaly jisim berilýän hereket mukdary (ýa-da güýjüň impulsy) şuňa deňdir.

gatnaşygy şeýle bolsun ýagny kondensatoryň zarýady ekstremumdan geçende sygym azalýan bolsun. Bu ýagdaýda sygymyň üýtgemek tizligi zarýadyňkyda 2 esse uly bolar. Sygym böküş görnüşli üýtgände kondensatoryň energiýanyň üýtgeýşine seredeliň.

$\Delta N=q_0^2/2[1/(C_0-\Delta c)-1/(c_0+\Delta t)]=q_0^2/2x2\Delta c/c_0^2-(\Delta c)^2$ (1)

$\Delta c<<c0$ hasaplap alarys

$\Delta N\approx P_0^2/2C_0x2\Delta C/C_0=N_0 2\Delta C/C_0$ (2)

N_0-kondensatoryň başky energiýasy (do kolebaniýa ýomkosti). Parametriň modulýasiýasynyň çuňlugy diýilen ululyk girizýäris.

$m=(C_{max}-C_{min})/(C_{max}+C_{min})= \Delta C/C_0$ (3)

onda $\Delta N=N_0\cdot 2m$.

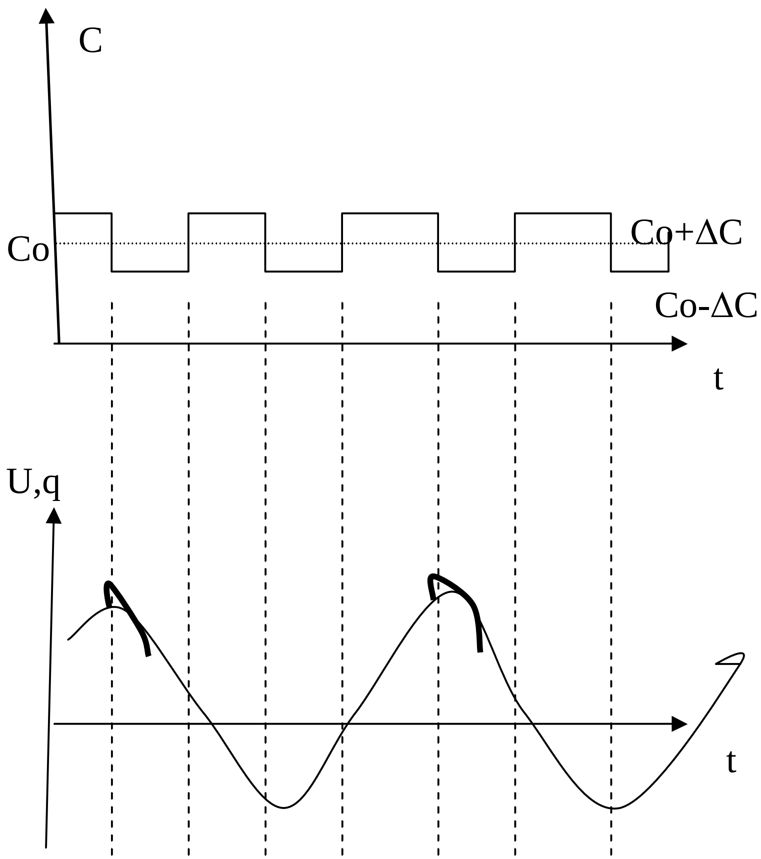
Zarýadyň yrgyldysynyň bir periodynda energiýaň üýtgemesi

$2\Delta N=N_0\cdot 4m=q_0^2/2C_0x4m$ (4)-e deqdir.

Konturdaky ýitgä seredeliň. Eger $q=q_0\sin\omega t$ bolsa onda $q=\omega q_0\cos\omega t$ we ýitginiň kuwwaty $W=Rq^2/2=Rw^2q_0^2/2$ (5)

Bir periodyň dowamynda ýitýän energiýa

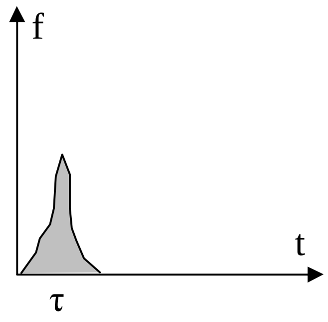
Kondensatordaky zarýadyň üýtgeýşi garmonika golaý bolsun (surat 2b). Eger kondensatorda zarýadyň yrgyldysy bar wagtynda onuň sygymyny üýtgetsek C(t), onda her gezek onuň sygymy 2AC kiçelende kondensatoryň energiýasy degişlilikde ulalýar U=qh/2c. q zarýad sygym böküş görnüşli üýtgände üýtgemeýär. Ol inersion ululykdyr. Goý q(t) bilen c(t) faza



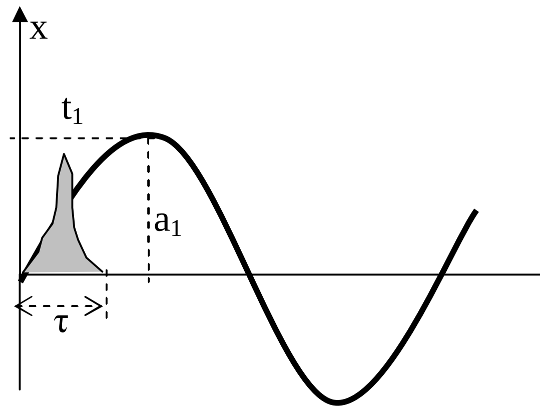
$mV(\tau)=\int f(t)dt$ (1)

şu massa täsir edýän pružiniň maýyşgak güýjüni we sürtülme güýji hasaba almasaň. Onda impulsyň m massa geçirýän V_0 tizligi şuňa deňdir:

$V_0=1/m\int f(t)dt$ (2)



Güýjiň impulsy



Güýjiň impulsynyň yrgyldyly ulgama täsiri

Eger $\tau<<T$ we $\tau<<t_0=1/\delta$ bolsa, onda $t=\tau$ momentde m massanyň süýşmesi =0 hasap etmek bolar ($x\approx0$), emma $V_0\neq0$ we ony (*) formula bilen hasaplap bolar.

Ýokarky şertler ýerine ýetende, impuls täsir edenden soň sistema V0 başlangyç tizlik bilen erkin hereket edýär, diýmek bolar: onuň sönme koeffisiýentini δ we hususy ýygylygy $w^2=w_0^2$-δ2-dyr. Şu yrgyldyny ölçemek bilen V_0-y tapyp bolar. Bu bolsa gözleýän ululygymyzdyr.

V_0-y şeýle sootnoşeniýeden tapalyň.

$X(t)=V_0 l^{-\delta t}/w\cos(wt-\pi/2)=V_0 l^{-\delta t}/w\sin(wt)$ (3)

$T_1=T/4$ şeýle hasaplanýar. $X(t_1)=a_1$

$A_1=V_0 l^{-\delta t}{}_1/w\sin wt_1$

$mV_0=a_1 wtml^{\delta t}{}_1/\sin w_t=\beta ma_1$

$\beta=wl^{\delta t}{}_1/\sin wt_1$ – priboryň ballistik hemişeliginiň koeffisiýenti. Bu priborda m-iň ulalmagy bilen toçnost ulalýar, ýöne çuwstwitelnost peselýär.

$T=100I$ we $Q_0=10$ bolanda, maýyşgaklyk güýjüni we sürtülme güýjüni hasaba almanymyz üçin goýberilýän ýalňyşlyk 1%-den geçmeýär.

6.Parametrik yrgyldyly ulgamlar

6.1. Parametrik ulgamlar we parametrik rezonans. Parametrik yrgyldyly ulgamlaryň radiotehnikada ulanylýan ýerleri . Parametrik yrgyldyly ulgamlaryň sygymyna daşky täsir .

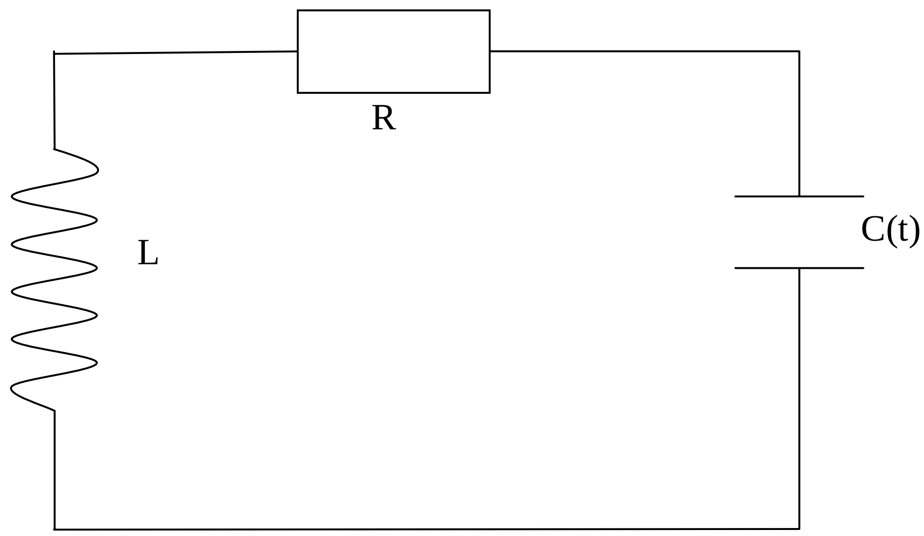
Şeýle ulgama seredeliň. Bu ulgamda sygym üýtgeýän bolsun. Onuň üýtgeýşi kanuny şeýle bolsun (surat 2a).

Kondensatordaky zarýadyň üýtgeýşi garmonika golaý bolsun (surat 2b). Eger kondensatorda zarýadyň yrgyldysy bar wagtynda

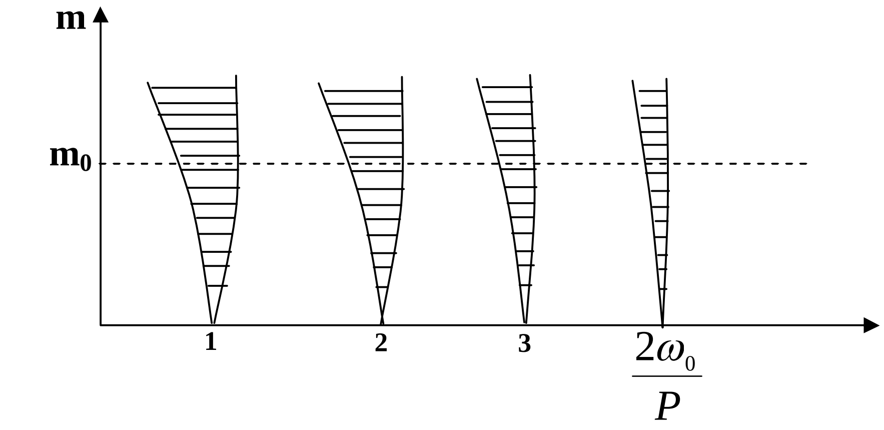
Ştrihlenen oblastlara Matýeniň oblastlary diýilýär.

6.2.Parametriki güýçlendirijiler we generatorlar. Parametriki güýçlendirijiler we olaryň fiziki görkezijileri. Parametriki generatorlar we olaryň fiziki görkezijileri. Parametriki generatorlary oyandyrmagyň şertleri.

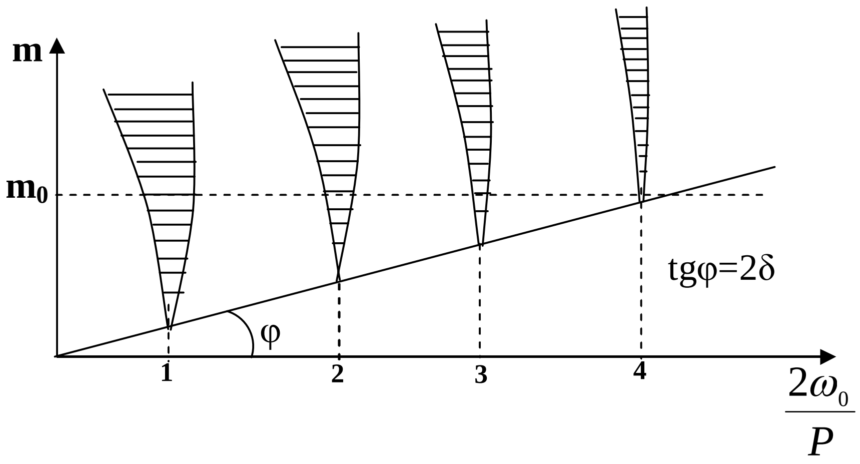
Sygymy üýtgeýän parametrik yrgyldyly seredeliň. Bu sistemada sygymyň üýtgeýşi şeýle kanuna eýe bolsun (surat 2a).



Üýtgeýän sygymly yrgyldy sistema.

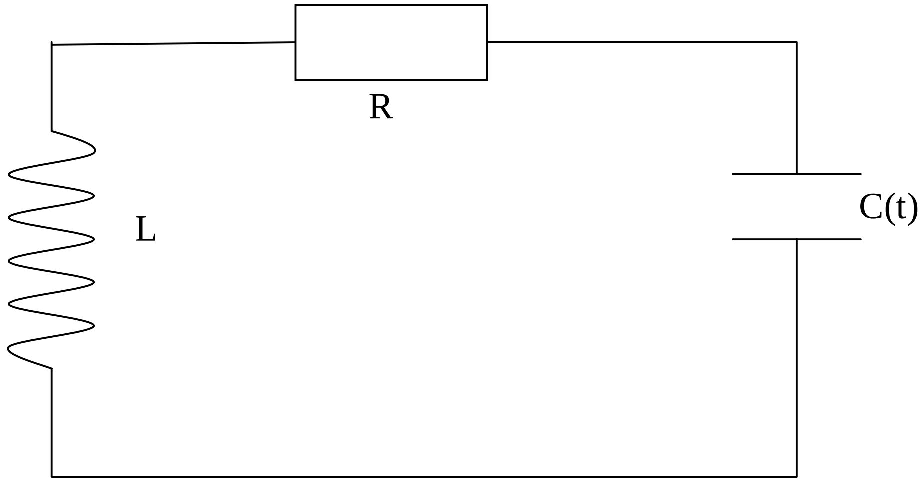


Sönmeýän yrgyldylar üçin



Sönýän yrgyldylar üçin

onuň sygymyny üýtgetsek C(t), onda her gezek onuň sygymy 2AC kiçelende kondensatoryň energiýasy degişlilikde ulalýar U=qh/2c. q zarýad sygym



Üýtgeýän sygymly yrgyldyly ulgam

böküş görnüşli üýtgände üýtgemeýär. Ol inersion ululykdyr. Goý q(t) bilen c(t) faza gatnaşygy şeýle bolsun ýagny kondensatoryň zarýady ekstremumdan geçende sygym azalýan bolsun. Bu ýagdaýda sygymyň üýtgemek tizligi zarýadyňkyda 2 esse uly bolar.

Parametriki rezonansyň matematiki ýazylyşy şeýledir (çyzykly sistemalar üçin)

$$\ddot{x}+\varphi_1(t)\dot{x}+\varphi_2(t)x=0 \quad (6)$$

$\varphi_1(t)$ we $\varphi_2(t)$ wagta görä periodiki funksiýaldyr.

$x=z\exp\left\{-\frac{1}{2}\int\varphi_1(t)dt\right\}$ ýerine goýmak bilen alarys:

$$\dot{x}=-z\frac{1}{2}\varphi_1(t)\exp\left\{-\frac{1}{2}\int\varphi_1(t)dt\right\}+\dot{z}\exp\left\{-\frac{1}{2}\int\varphi_1(t)dt\right\}$$

$$\ddot{x}=-\frac{1}{2}\left\{(z\varphi_1(t))'+\exp' z\varphi_1(t)\right\}+\ddot{z}\exp+\dot{z}\left(-\frac{1}{2}\varphi_1(t)\right)\exp=$$

$$=\left\{-\frac{1}{2}\left\{\dot{z}\varphi_1+\dot{\varphi}_1 z+\left(-\frac{1}{2}\varphi_1\right)z\varphi_1\right\}+\ddot{z}-\dot{z}\frac{1}{2}\varphi_1\right\}\exp=$$

$$\ddot{z}-\dot{z}\varphi_1\frac{1}{2}z\dot{\varphi}_1+\frac{1}{4}\varphi_1^2 z-\frac{1}{2}z\varphi_1^2+\dot{z}\varphi_1+\varphi_2 z=0$$

$$\ddot{z}+\left(\varphi_2-\frac{1}{4}\varphi_1^2-\frac{1}{2}\dot{\varphi}_1\right)z=\ddot{z}+\psi(t)z=0 \quad (7)$$

(7)-Hilliniň deňlemesi.

Hilliniň deňlemesiniň bir görnüşi Matýoniň deňlemesidir:

$$\ddot{y}+\omega_0^2(1+m\cos(pt))y=0 \quad (8)$$

Bu deňlemäniň çözülişi şeýledir:

$$x=C_1\chi(t)e^{\lambda t}+C_2\chi(-t)e^{-\lambda t} \quad (9)$$

$\chi(t)$-çäklendirlen funksiýadyr we periody parametriň üýtgeýiş periodyna deňdir.

λ-kompleks ululyk bolup, harakteristiki görkeziji diýilýär. λ-nyň hakyky bölegi çözüliş artýan ýa-da artmaýan häsiýetlidigini görkezýär.

(8)-deňlemäniň çözülişiniň doly analizi çylşyrymly. Şonuň üçin (8) deňlemäniň analizi $2\omega_0/p$ we m-iň haýsy bahalarynda λ_1 we λ_2-iň kompleksdigini tapmaklyga syrykdyrylýar. Şu ýagdaýda sistemada ösýän yrgyldylar, ýagny parametriki rezonans döreýär. Andropow we Leontewiň şu oblastlary şeýle deňlemeler bilen ýazylýan sistemalar üçin hasapladylar

$$\ddot{x}+\omega_0^2(1+m\cdot\cos(pt))x=0 \quad (10)$$

$$\ddot{x}+2\delta\dot{y}+\omega_0^2(1+m\cdot\cos(pt))y=0 \quad (11)$$

Hasaplamanyň netijesi şeýledir: