

ზ. ჯაბუა, ა. გიგინეიშვილი,
მ. ბერულავა

განზომილებების მეთოდი
ზოგად ფიზიკაში

„ტექნიკური უნივერსიტეტი“

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ზ. ჯაბუა, ა. გიგინეიშვილი,
მ. ბერულავა

განზომილებების მეთოდი
ზოგად ფიზიკაში



რეგისტრირებულია სტუ-ს
სარედაქციო-საგამომცემლო
საბჭოს მიერ

თბილისი
2009

წიგნში განხილულია განზომილებების მეთოდის გამოყენების საკითხები ზოგადი ფიზიკის კურსის შესწავლისას. განზომილებების მეთოდი წარმოადგენს ფიზიკაში საკმაოდ ფართოდ გავრცელებულ და შედარებით მარტივ მეთოდს, რომელიც საშუალებას იძლევა დროისა და ენერჯის ნაკლები დანახარჯებით შემოწმდეს ამოცანის ამოხსნის სისწორე, დამყარდეს ფუნქციონალური დამოკიდებულება ამა თუ იმ ფიზიკური მოვლენის მახასიათებელ პარამეტრებს შორის და შეფასდეს მოსალოდნელი შედეგი. მოყვანილია მეთოდის თეორიული ნაწილი და განხილულია მისი გამოყენების მაგალითები. სახელმძღვანელოს ბოლოს მოცემულია ამოცანები და სავარჯიშოები, ზოგიერთი მათგანის ამოხსნა და მითითებები ამოსახსნელად. გადმოცემული მასალა შეესაბამება ბაკალავრიატისა და უმაღლესი პროფესიული განათლების პროგრამას ზოგად ფიზიკაში. წიგნი გარკვეულ სარგებლობას მოუტანს ფიზიკით დაინტერესებულ ყველა პირს.

რეცენზენტი ფიზიკა-მათემატიკის
მეცნიერებათა კანდიდატი,
ასოცირებული პროფესორი ზ.გოგუა

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2009

ISBN 978-9941-14-421-9

<http://www.gtu.ge/publishinghouse/>



ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილი (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური), არ შეიძლება გამოყენებულ იქნას გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

s a r C e v i

Sesaval i	4
1. ganzomi l ebebi s meTodi s el ementebi	5
2. wneva dedamiwi s centrSi	8
3. el eqtronebi s moZraobi s siCqare l iTonebSi	10
4. omi s kanoni	12
5. mTebis maqsimal uri simaRI e	14
6. ra maqsimal uri wnevebi sa da magni turi vel ebi s miReba SeiZl eba l aboratoriaSi?	16
7. bgeri s gavr cel ebi s siCqare pl aneteb sa da varskvl avebSi	20
8. ganzomi l ebebi s meTodi s gamoyeneba "cocxal bunebaSi"	22
9. ganzomi l ebebi s meTodi s Sefaseba	25
10. savarj iSoebi da amocanebi	28
11. amoxsnebi da miTiTebebi	32
l i t e r a t u r a	40

S e s a v a l i

ganzomil ebebis meTodi waroadgens Tanamedrove fizikuri mecnierების გავრცელებულ და SedareბიT martiv meTods. is saSual ebas iZl eva droisa da energiis nakl ebi danaxarj ebiT Semowmdes:

- 1) amocanis amoxsnis siswore,
- 2) dadgenil iqnas funqcional uri damokidebul eba mocemul i fizikuri movl enis maxasiaTebel sidideebs Soris,
- 3) Sefasebul iqnas mosal odnel i raodenobrivi Sedegi.

ganzomil ebebis meTodis gamoyeneba iwvevs studentebis stimul irebas fizikis gaRrmavebul i swavl ebis mimarTul ebiT, afarToebs teqniki codnis areal s, aZl ierebs saganTaSoris kavSirs. samwuxarod, es meTodi ar Sedis fizikis saskol o programaSi da amdenad studentebic ar, an nakl ebad fl oben mas. mocemul meTodur naSromSi mokl ed gadmocemul ia am meTodis Sinaarsi, moyvanilia mraval i sail uatracio amocana detal uri amoxsnebiT.

1. ganzomil ebebis meTodis el ementebi

atombirTvis da gravitaciis Teoriis msofliosi cnobili mecnieri da pedagogi j. uil eri werda "arasodes ar daiwyo gaangariSeba, sanam ar ici pasuxi. yovel i gamoTvl is win Caaatare miaxl oebiTi Sefaseba, sabol oo daskvnis gakeTebamde gamoiyene martivi fizikuri mosazrebebi (simetria!, invariantul oba!, Senaxvis kanonebi!), gaiazre SesaZl o pasuxebi yovel wamoWril kiTxvaze". am gamonaTqamma miiRo "uil eris wesis" saxel wodeba.

mocemul naSromSi SevecdebiT gaCvenoT, Tu rogor SeiZl eba SevafasoT esa Tu is sidide, roml is zusti gaTvl a an gazomva Znel ia, zogjer ki SeuZl ebel i. aseTi Sefasebebi xSirad gvkarnaxobs ufro zusti amoxsnis gzebsac. mas visac surs seriozul ad daeufl os fizikas, unda SeeZl os aseTi Sefasebebis gakeTeba. ganzomil ebebis meTodi Zal ian mimzidvel ia inJinrebisTvisac, vinaidan izl eva droisa da material uri danaxarjebis mniSvel ovan ekonomias. ganzomil ebebis meTodis gamoyenebis areal i Zal ian farToa - dawyebul i samyarodan, damTavrebul i atombirTviT. sasurvel ia es meTodi studentebis miwodos fizikis swavl ebis dasawyisSi, vinaidan misi sworad gamoyenebis SemTxvevaSi, rogorc gamocdil eba gviCvenebs maT uCndebaT sakuTari Zal ebis rwmena da rogorc Sedegi - interesi fizikisadmi.

ganzomil ebebis meTods safuZvl ad udevs im arsebiTi fizikuri sidiideebis CamonaTval i, roml ebic Seesabameba mocemul amocanas. rogorc cnobil ia, fizikuri sidiideebi izomeba garkveul i erTeul ebiT. magal iTad, sigrZe izomeba metrebSi, santimetrebSi, mil imetrebSi da a.S. ganzomil eba aris fizikuri sidiis xarixobrivi maxasiaTebel i, amitom ganzomil ebis arCeul i erTeul is miuxedavad mocemul i sidiis

ganzomil eba iqneba erTnairi. kerZod zemoTqmul is Tanaxmad sigrZis ganzomil eba $[l] = L$, drois ganzomil eba $[t] = T$, masis ganzomil eba $[m] = M$, sadac L, T, M aris Sesabamisad sigrZis, drois da masis simbol oebi, xolo kvadratuli frCxili aRniSnavs, rom l aparakia mocemuli sididis ganzomil ebaze. samwuxarod, es iwvevs garkveul gaugebrobas - sididis saxel wodebasac simbol urad aRniSnaven kvadratuli frCxil ebiT. naTqamidans, rom ganzomil eba da saxel wodebasxvadasxva cnebebia. ZiriTadi da warmoebuli erTeul ebis erTmanATTan damakavSirebeli funqcionaluri Tanafardobebis gamoyenebiT Sesazl ebeli xdeba warmoebuli sidideebis ganzomil ebis dadgena. magaliTad sicqaris ganzomil eba dgindeba Tanafar dobiT:

$$v = \frac{\Delta l}{\Delta t}$$

saidanac, $[v] = LT^{-1}$, analogi urad, acqareba ase Cai wer eba:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

saidanac $[a] = LT^{-2}$. garda ganzomil ebis mqone sidideebisa, fizikaSi gamoiyeneba uganzomil ebo sidideebic, magaliTad, fardobiti deformacia, ori sigrZis fardoba da a.S.

ganzomil ebების მეოდი ემყარება შემდეგ ორ პრინციპს:

1. რაჩა ფიზიკური კანონზომიერების ამსახველი თეორიები ორივე მხარის განზომილებები ერთმანეთს თლია.
2. რაჩა ფიზიკური სიდიდის განზომილება შეიძლება იყოს მხოლოდ ზირითადი სიდიდეების ანუ სიდიდეების ხარისხების ნამრავლი.

აქედან გამომდინარეობს პრაქტიკულად უარესად მნიშვნელოვანი რეზი: მოცემული ამოცანის გადაწყვეტის ამოვრეტ ფიზიკური სიდიდეების ის N რაოდენობა, რომელთა სორისაც, ტყენის აზრით არსებობს რაჩა კავსირი, მიუვრეტ მათ K

raodenobis ganzomil ebebi, ise, rom dacul i iyos Tanafardoba $K \leq N$. SeecadeT amoweril i ganzomil ebebiT SeadginoT uganzomil ebo namravli, amasTan SesaZl oa mogiwioT zogierTi ganzomil ebi axarisxeba. Tu adgil i eqna tol obas $N - K = 1$, maSin am proceduris Sedegi gansakuTrebIT warmatebul i iqneba - uganzomil ebo namravli erTaderTia. am uganzomil ebo sididis aseve uganzomil ebo mudmivasTan gatol ebiT Tqven miiRebT saZebn kanonzomierebas.

ganvixil oT am meTodis il ustracia. vTqvaT xel Si gvikavia rezinis grZel i da wvriLi zonari. misi erTi bol o mivabaT xeze, xol o meore davikavoT xel Si da gavaqanavoT. vnaxavT, rom zonarsi aRiZvreba morbenali tal Rebi. ganzomil ebebis meTodis gamoyenebiT gamoviyvanoT formula, romelic saSual ebas mogvcems viangariSoT aRZruli tal Ris siCqare. cxadia, siCqare damokidebul i iqneba zonris daWimvis F Zal aze, mis l sigrZeze da zonris m masaze e.i. sul gvaqvs oTxi sidide ($F, v, l, m; N = 4$), romel Ta Soris kavSirc gvainteresebs. amowwerot am

sidideebis ganzomil ebebi SGS sistemaSi: $v \sim \frac{v_0}{\varphi_0}$, $F \sim \frac{v_0 \cdot \frac{v_0}{\varphi_0}}{\varphi_0^2}$, $l \sim \frac{v_0}{\varphi_0}$, $m \sim \frac{v_0}{\varphi_0}$. vxedavT, rom ZiriTadi sidideebis raodenobaa $K = 3$ (sm, g, wm). maSasadame, $N - K = 1$. vimsjel oT ase: $vF^\alpha l^\beta m^\gamma$ (α, β, γ - raRac ricxvebia) sidides ganzomil eba ar eqneba maSin, rodesac formul aSi Semavali TiToeuli ZiriTadi sididis xarisxis maCvnebeli 0-is toli gaxdeba. gvaqvs:

$$v_0^{1+\alpha+\beta} \cdot \varphi_0^{\alpha+\gamma} \cdot \varphi_0^{-1-2\alpha}$$

amovxsnat gantol ebaTa sistema:

$$\begin{cases} 1 + \alpha + \beta = 0 \\ \alpha + \gamma = 0 \\ -2\alpha - 1 = 0 \end{cases}$$

mi vi ReBT: $\alpha = -\frac{1}{2}$, $\beta = -\frac{1}{2}$, $\gamma = \frac{1}{2}$. is faqti, rom moyvanil gantol ebaTa sistemas aqvs erTaderTi amonaxsni ($N - K = 1$) gvaZl evs imis garantias, rom uganzomil ebo kombinacia:

$$v \cdot m^{\frac{1}{2}} \cdot F^{\frac{1}{2}} \cdot l^{\frac{1}{2}}$$

aseve erTaderTia. CvenTvis saintereso kombinacia gamoisaxeba formul iT:

$$v \cdot m^{\frac{1}{2}} \cdot F^{\frac{1}{2}} \cdot l^{\frac{1}{2}} = A$$

sadac A uganzomil ebo si di dea. sabol ood gvaqvs:

$$v = A \sqrt{\frac{Fl}{m}}$$

am ukanasknel i tol obis orive mxaris ganzomil ebebi cxadia erTmaneTis tolia. araerTgzis Catarebul ma cdebma daadastures miRebul i formul is samarTI ianoba.

2. wneva dedamiwis centrSi

warmoidgineT, rom gvinda rogorRac SevafasoT wneva dedamiwis centrSi. rogor mivudgeT am amocanas? cxadia, pirdapiri gazomva SeuZl ebel ia. vimsjel oT ase, Tu Cven gvinda raRac P wonis sxedul is wnevis povna dedamiwaze, saWiroa es wona gavyoT am sxedul is FfuZis S fartze. vTqvaT, Cven viciT dedamiwis M_{e} masa da misi R_{e} radiusi (es si di deebi moyvanil ia cnobarebSi). CvenTvis cnobil ia simZimis Zal is aCqareba dedamiwis zedapirze g . zemoTqmul idan gamomdinare "mTI ianad dedamiwisatvis" Zal is ganzomil ebis mqone "maxasiaTebeli" si di de iqneba $M_{\text{e}}g$. dedamiwis "maxasiaTebeli" si di de, romel sac farTobis ganzomil eba aqvs cxadia, iqneba misi

radiusis kvadrati - R_{\oplus}^2 . axl a SevniSnoT, rom TviTon sidide θ ganisazRvreba dedamiwis masiT da radiusiT. marTl ac, Tu dedamiwis zedapirze devs m masis qva, maSin misi wona gamoiTveba formul iT:

$$mg = \gamma \frac{mM_{\oplus}}{R_{\oplus}^2},$$

sadac γ gravitaciul i mudmivaa.

axl a cxadia, rom dedamiwis "maxasiaTebel i" wneva tol i iqneba:

bol o formul aSi Cven vixmareT brWyal ebi, vinaidan es ukanasknel i aris raRac "maxasiaTebel i" sidide, romelic, cxadia, ar SeiZl eba CavTval oT zustad dedamiwis centrSi wnevad. miuxedavad amisa SeiZl eba vifiqroT, rom

didad ar gansxvavdeba wnevisagan dedamiwis centrSi, vinaidan swored wneva mis centrSi unda iyos "dedamiwis maxasiaTebel i mTl ianad". wina magal iTis anal ogiurad ZiriTadi sididebi Semdegia: $P (3 \cdot 10^{-11} \cdot 10^{-2})$, dedamiwis masa M_{\oplus} (g), dedamiwis radiusi R_{\oplus} (sm) da gravitaciul i mudmiva γ ($\text{sm}^2 \text{g}^{-1} \cdot \text{wm}^{-2}$). Cvens SemTxvevaSi ZiriTadi erTeul ebia: sigrZe, masa da dro. advil i dasadgenia, rom erTaderTi uganzomil ebo kombinaciaa $\gamma \cdot M_{\oplus}^2 \cdot R_{\oplus}^{-4} \cdot P^{-1}$. Cvens mier zemoT "gamoyvanil i formul a"

miiReba maSin, rodesac CavTvl iT, rom uganzomil ebo kombinacia didad ar gansxvavdeba

erTisagan. CavsvaT ricxviTi monacemebi:
 $M_{\oplus} = 6 \cdot 10^{27}$ g, $R_{\oplus} = 6.4 \cdot 10^8$ sm, $\gamma = 6.7 \cdot 10^{-8}$ sm³·g⁻¹·wm⁻²,
 maSindin/sm² ≈ 14 mbar. geofizikosebier Catarebuli rTuli gaTvl ebiT miRebulia, rom dedamiwis centrSi wneva tolia 4 mbar-is. argikvirT, rom Cvens mier Catarebuli uxeSi gaTvl ebi mxolod 4-jer gansxvavdeba geofizikosebier gaTvl ebisagan. fizikosebi am SemTxvevaSi amboben, rom Cven miReT erTnairi rigis sidideebi (gavixsenoT, rom sididebs Soris gansxvaveba aWarbebs erT rigs Tu Sefardeba 10-ze metia). gaTvl is procesSi Cven mxedvel obaSi ar migviri, rom dedamiwis Semadgel oba erTgvarovani ar aris, garda amisa simZimis Zal is aCqarebis mniSvel obad aviReT misi sidide dedamiwis zedapirze da bol os, SegveZlo "maxasiaTebel" farTobad agveRo magaliTad, ara R_{\oplus}^2 Daramed "didi" kveTis farTobi. miuxedavad am yel afrisa miReT damakmyofil ebeli sizustis sidide.

3. el eqtronebis moZraobis siCqare l iTonebSi

rogorc cnobilia, l iTonebSi arseboben Tavisufali el eqtronebi, isini monawileobas iReben el eqtruli Ddenis gavlaSi da maT gamtarebl obis el eqtronebs uwodeben. simartivisaTvis davuSvaT, rom l iTonis kristaluri mesris kvanZSi myofi yoveli atomi izleva erT Tavisufal el eqtrons. sanam el eqtroni Tavisufali gaxdeba, is brunavs atombirTvis irgliv misgan yelaze daSorebul orbitaze. cxadia el eqtronis siCqare misi atomidan mowvyetis momentSi, didad ar iqneba gansxvavebuli im siCqarisagan, rac mas hqonda orbitaze brunvisas. maSasadame SeiZleba vivaraudoT, rom Tavisufali el eqtronebis siCqare imave rigisaa, ra siCqarec maT hqondaT atombirTvis garSemo orbitaze moZraobisas.

vimsj el oT ase. Tu el eqtroni ibronebda Z^1 sididis muxtis garSemo wriul orbitaze, SegveZI o dagvewera cxadi kl asikuri Tanafardoba:

$$\frac{Z^1 e^2}{r^2} = m\omega^2 r$$

sadac m – el eqtronis masaa, e – el eqtronis muxti, r – orbitis radiusi, ω – wriul i sixSire. el eqtronis siCqare

$$v = \omega r$$

daweril i formul ebidan gamodis, rom

$$v^2 = \frac{Z^1 e^2}{mr}$$

rac Seexeba orbitis radiuss is atomis zomis rigisaa - 10^{-8} sm, xol o Z^1 SeiZI eba erTis tol ad CavTval oT. e.i. Tu $Z^1 \sim 1$, $r \sim 10^{-8}$ sm, $m = 10^{-27}$ g da $e \approx 5 \cdot 10^{-10} \cdot \frac{1}{3^{\frac{1}{2}}} \cdot 10^{\frac{3}{2}} \cdot 10^9$ mi vi RebT $v \sim 10^8$ sm/wm, rac sinaTI is siCqareze mniSvnel ovad nakl ebia da mainc Cveni "daskvna" eWVs iwvevs: TviTon el eqtronebis "orbitis" arseboba dakavSirebul ia kvantur meqanikasTan, magram es arsad ar gagviTval iwinebia. martivi kvantur-meqanikuri formul is Tanaxmad atomSi el eqtronis gadasvl isas erTi orbitidan meoreze xdeba energiis gamoasxiveba an STanTqma da

$$E_i - E_j = 2\pi h\nu$$

sadac E_i , E_j el eqtronebis energiebia Sesabamis orbitebze, xol o ν – STanTqmul i an gamosxivebul i kvantis sixSirea. yvel a kvantur

meqanikur formulasi unda figurirebdes maxasiaTebel i sidide $h =$ plankis mudmiva. misi ganzomil eba cxadia dawerili formulidan, ergi \cdot $\omega = g \cdot \text{sm}^2 \cdot \text{C}^{-1}$. axl a SevecadoT ganzomil ebis mosazrebit gamovTval oT el eqtronis siCqare. movZebnoT kavSiri Semdeg parametrebs Soris: h , el eqtronis masa m_e , el eqtronis siCqare v da amocanis maxasiaTebel sigrZes - atomis zomas (orbitas) r Soris. am sidi deebis uganzomil ebo kombinaciaa: $mvrh^{-1}$, sadanac miviRebT CvenTvis saintereso

Tanafardobas: $v \sim \frac{h}{mr}$. CavsvaT ricxviti monacemebi ($h \approx 10^{-27}$ ergi \cdot ω) miviRebT 10^8 sm/ ω e.i. im sidi des rac adre miviReT "kl asikuri midgomiT".

cota ucnaurad cans is faqti, rom siCqaris ori formulidan erTi Seicavs plankis mudmivas da meore ara. miuxedavad amisa orive Sedegi sworia. sabol ood rom davrwundeT amaSi, sidi deebidan h, m, e avawyoT konstruqcia, romelic mogvcems sigrZis ganzomil ebas. aseTi sidide erTadertia

$a^1 \sim \frac{h^2}{me^2}$ da misi ricxviti mniSvnel oba $a^1 \sim 0.5 \cdot 10^{-8}$ sm sakmaod axl osaa atomis zomasTan.

es aseC unda iyos. sidides $a_0 = \frac{h^2}{me^2}$ boris mudmiva ewodeba. el eqtronul i orbitis radiusebi damokidebul ia kvantur maxasiaTebel ze - $h = ze$, da isini proporciul ia boris radiusis a_0 , ase, rom sinamdvil eSi h plankis mudmiva araxxadad Sedis Cvens "kl asikur" formulasi ase, rom miviRebul i siCqare savsebit real uria da aseTi siCqarIT moZraoben el eqtronebi l iTonSi, miuxedavad imisa modebul ia, Tu ara l iTonze el eqtrul i vel i.

4. omi s kanoni

wina paragraSi Cven vl aparakobdiT el eqtronebis siCqareze l iTonSi. asebobs kidev erTi siCqare, romel sac Cvens mier ganxil ul siCqaresTan araviTari saerTo ara aqvs da mas dreiful i siCqare ewodeba. misi arsis gasagebad davuSvaT, rom Cven l iToni movaTavset el eqtrul vel Si, roml is daZabul obaa \vec{E} , maSin el eqtronze imoqmedebs Zal a $e\vec{E}$, romel ic tol ia el eqtronis masis namravl isa aCqarebaze ω da Sesabamisad gveqneba $e\vec{E} = m\vec{\omega}$. rogorc Cveul ebriv airSi, el eqtronebi moZraobisas ejaxebian erTmaneTs, ZiriTadi masal isa da minarevebis atomebs. amitom SeiZl eba l aparaki mxol od Tavisufal i ganarbenis saSual o sigrZeze \vec{v} . gavyofT ra am sidides siTburi moZraobis siCqareze miviRebT e.w. rel aqsaciis dros τ . faqtiurad es aris dro erTi dajaxebidan meorende. dajaxebis Semdeg el eqtronebi icvl ian moZraobis mimarTul ebas. modebul i el eqtrul i vel is gavleniT rel aqsaciis drois ganmavl obaSi el eqtroni izens siCqares $\vec{u} = \frac{e\vec{E}}{m\tau}$, swored am siCqares ewodeba dreiful i siCqare, is veqtorul ad ikribeba siTburi moZraobis siCqaresTan. dreiful i siCqaris arseboba iwvevs mTl ianad el eqtronul i gazis gadaadgil ebas el eqtrul i vel is mimarTul ebiT. cxadia el eqtrul i vel i rom ar iyos modebul i, saSual od el eqtronebis erTnairi raodenoba imoZravebda yvel a mimarTul ebiT da mTl ianad araviTar mimarTul moZraobas adgil i ar eqneboda. cxadia, rom el eqtrul i deni swored dreiful siCqaresTan aris dakavSirebul i.

ganvixil oT gamtaris SigniT \vec{E} el eqtrul i vel is marTobul i 1 sm^2 sididis farTi. am farTSi gamaval i deni ricxobrivad misi simkvrivis tol ia.

simkvrivis ganzomil eba ganisazRvrebA muxtis ganzomil ebis gayofiT $\omega \cdot \text{sm}^2$ -ze, e.i. gvaqvs

$(\omega^{\frac{1}{2}} \cdot \omega^{\frac{3}{2}} \cdot \omega^{-1}) : (\omega \cdot \omega^2) = \omega^{\frac{1}{2}} \cdot \omega^{-\frac{1}{2}} \cdot \omega^{-2}$. denis simkvrive damokidebul i unda iyos el eqtronebis koncentraciaze - n (ω^{-3}), el eqtronis muxtze - e ($\omega^{\frac{1}{2}} \cdot \omega^{\frac{3}{2}} \cdot \omega^{-1}$) da dreiful siCqareze - u ($\omega \cdot \omega^{-1}$). ukve nacnobi meTodiT miviRebT $j \sim ne u$.

Casma gvaZl evs $u \sim \frac{eE}{m \tau}$ da sabol ood gveqneba kavSiri denis simkvrivesa da el eqtrul i vel is daZabul obas Soris:

$$j \sim \frac{ne^2 \tau}{m} E$$

es kavSiri bunebrivia wrfivia da warmoadgens

omis kanons. sidides $\sigma \sim \frac{ne^2 \tau}{m}$ ewodeba kuTri el eqtrogamtaroba, xol o mis Sebrunebul sidides - kuTri winaRoba. Cvens mier miRebul kuTri el eqtrogamtarobis formul as drudes formul a ewodeba.

5. mTebis maqsimal uri simaRI e

cnobilia, rom ionuri kristal ebis (aseve l iTonebis) dnobis temperatura T_{CB} gamoiTVl eba miaxl oebiTi formul iT:

$$kT_{\text{CB}} = 0.01 \frac{e^2}{a}$$

sadac ergi/grad - bol cmans mudmivaa, $\frac{e^2}{a}$ - kristal uri mesris kul onuri energia, e -

el eqtronis muxti, a -mesris mudmiva. moyvanil i formul is fizikuri arsi sakmaod naTel ia. sidide kT yovel Tvis axasiaTebS atomebis "siTburi" rxevebis energias. Tu es rxevebi sakmaod "Zi Ieria" e.i. rxevebis amplituda sakamarisad didia kristal uri meseri irRveva. rodesac kristal is rRvevazea l aparaki yovel Tvis mxedvel obaSi unda

gvqondes iungis moduli $G \sim \frac{e^2}{a^4}$, romelic axasiaTebS mesris simtkices yovel mxrivi deformaciisas. amastan cnobil ia, rom kristal is darRveva Zvris deformaciiT ufro advil ia, vidre kumSvis an gaWimvis deformaciiT. cxadia, rom Tu

Zvris zRvrul ma daZabul obam gadaWarba $\frac{kT_{\text{z6}}}{a^3}$ sidides kristal i iwyebs dnobas.

ra SemTxvevebSi xdeba arsebiTi Zvris deformaciebi? viciT, rom Reros grZivi mimarTul ebiT deformaciisas icl eba ganivi zomebic. sanam grZivi deformaciebi mcirea, umniSvel oa ganivkveTis cvil il ebac, amitom Sesabamisad, atomebs Soris manZil ic umniSvel od icvl eba. Tu grZivi (gamWimavi an SemkuSavi) Zabvebi gaiZRdeba. gadiddeba ganivi deformaciac.

Seizl eba ise moxdes, rom raRac grZiv $G \sim \frac{e^2}{a^4}$ -ze

nakl eb Zabvaze ganivma Zabvam gadaaWarbos $\frac{kT_{\text{z6}}}{a^3}$

$0.01 \frac{e^2}{a}$ sidides da Rerom daiwyos "dineba" ganivi mimarTul ebiT. masal is denadoba warmoadgens erT-erT yvel aze did dabrkol ebas maRal i wnevebis miRebisas cal mxrivi deformaciis pirobebSi.

am SeniSvnebis Semdeg SevafasoT mTebis maqsimal uri simaRl e dedamiwaze. mTasi mkumSavi Zabva tolia ρ_{gh} -is, sadac ρ - nivTierebis

g

simkvrivea, $g = \gamma \frac{M}{R^2}$ (-Tavisufali vardnis aCqareba, γ -gravitaciuli mudmiva, M - dedamiwis masa, R -dedamiwis radiusi), h -mTis simaRI e. Cven vuSvebT, rom $h \ll R$ da amitom g ar icvl eba simaRI eebze roml ebic ar aRemateba h -s. davuSvaT aseve, rom mTis masalis simkvrive tolia dedamiwis saSualo simkvrivis. mTa rom ar daiSalos yvela meqanikuri Zabva naklebi unda iyos $\sim 0.01G$ -ze. sasazRvro SemTxveva miirweva maSin, rodesac mkumSavi Zabva gaxdeba $0.01G$ rigis. e.i. Tu $\rho g h \sim 0.01G$ nivTiereba mTis ZirSi gaxdeba "Txevadi" da Zvris Zabvebic amave $\sim 0.01G$ rigis iqneba (SeadareT paskalis kanons).

amrigad, mTis maqsimaluri simaRI is Sefaseba gamomdinareobs Semdegi tolobidan:

$$\rho g h_{\text{atm}} \sim 0.01$$

aq m_{a} atomis masaa. movaxdinot Casmebi:

$$\rho \sim \frac{M}{R^3} \text{ da } g = \gamma \frac{M}{R^2}.$$

mi vi RebT:

$$\frac{h_{\text{atm}}}{R} \sim \frac{0.01 e^2}{\gamma m_{\text{a}}^{\frac{4}{3}} M^{\frac{2}{3}}}.$$

da SeiZleba maqsimaluri simaRI e aseC Sefasdes. gaviTvaliswinoT, rom

$$\left(\frac{kT_{\text{atm}}}{a^3} \right) \sim 0.01G,$$

maSin

mni Svnel obas da CavTvl iT, rom simtkicis zRvaric imave rigisaa.

I iTonebi saTvis Cveul ebriv
 $G \sim (10^{11} - 10^{12}) \text{ din/sm}^2$. Tu wnexis konstruqciaSi gamoviyenebT masal as, roml is iungis moduli tol ia 10^{12} din/sm^2 -is vnaxavT, rom SeuZl ebel ia $10^{12} \text{ din/sm}^2 \approx 1$ mbar-ze meti wnevis miReba. ufro maRal i wnevebis misaRebad saWiroa zemtkice masal ebi. aseTi masal ebis miReba mecnierebisa da teqnikis erT-erTi umni Svnel ovanesi amocanaa.

axl a SevexoT Zal ian Zl ieri magnituri vel ebis miRebas. Tu gvinda aseTi vel ebis miReba sol enoidebiT (cil indrul i koWebi, romel Ta xviebSi gadis deni) saWiroa vizrunoT imaze, rom isini ar daiSal os meqanikuri Zabvebis zemoqmedebiT, roml ebic Zal ian maRal mni Svnel obebs aRweven xviebSi didi denebis dros. garda amisa yuradReba unda mivaqciOT imasac, rom gamtarebSi denis gavl isas gadaxurebis gamo isini ar gadnen.

gavixsenoT Cveul ebrivi brtyel i kondensatori. Tu is damuxtul ia da el eqtrul i vel is daZabul oba firfitebs Soris tol ia E -si, maSin kondensatoris energia gamoiTvl eba formul iT:

$$\frac{E}{8\pi} sd$$

sadac S firfitis zedapiris farTia, d - firfitebs Soris maZil i. gavyoT es energia kondensatoris mocul obaze Sd , miviRebT energiis simkvrives

$$\frac{E^2}{8\pi}$$

anal ogiuria formul a magnituri vel istvisac - magnituri energiis sikvrive tol ia

$$\frac{H^2}{8\pi}$$

sadac H magnituri vel is daZabul obaa. Sevni SnoT, rom energiis simkvrivis erTeul i emTxveva wnevis erTeul s: ergi/sm³ dini * sm². amdenad SesaZl ebel ia l aparaki vel is "wnevaze".

mniSvnel ovania gvesmodes, rom wneva da energiis simkvrive fizikurad sxvadasxva sidi deebia. miuxedavad amisa maTi ricxviTi mniSvnel obebi erTi rigisaa. magal iTad kondensatoris

el eqtrul i vel is "wneva" $\frac{E^2}{8\pi}$ zustad tol ia firfitebs Soris mizidul obis Zal is Sefardebisa firfitebis farTobze. anal ogiurad SeiZl eba

$\frac{H^2}{8\pi}$ CavTval oT, rom magnituri energiis simkvrive warmoadgens "magnitur wnevas". arsebiTad es warmoadgens wnevas, romel ic Cven gvainteresebs. am faqtis gaazreba SeiZl eba sxva kuTxiTac. meqanikuri Zal a, romel ic moqmedebs denian gamtarze proporciul ia denis Zal isa da magnituri vel is daZabul obis namravl is. sol enoidSi gamaval i deni vel is marTobul ia. Tavis mxriv magnituri vel is daZabul oba ganisazRvreb a el eqtrul i deniT da misi proporciul ia. maSasadame Zal a da Sesabamisad "wneva" proporciul ia H^2 -is. vinaidan H^2 -is ganzomil eba emTxveva wnevis ganzomil ebas, bunebrivia vifiqroT, rom wneva gansxvavdeba H^2 -isagan mxol od ricxviTi mamravl iT. magnituri energiis simkvrivisa da "magnituri wnevis" mniSvnel oba SeiZl eba gamovTval oT sakmaod mkacrad el eqtrodinamikis gantol ebebis gamoyenebi T.

sol enoidiSi moqmedi meqanikuri Zal ebi yovel Tvis cdil oben gaWimon koWas TiToeul i

xvia – mimaTul i arian xviis centridan gareT. simtkicis SesanaTcunebl ad unda moviTxovoT, rom “magnituriAwneva” nakl ebi iyos im masal is drekad modul ebze, roml isganac damzadebul ia mavTul i. maSasadame meqanikuri simtkicis piroba SeiZl eba CavveroT Semdegi utol obis saxiT:

$$\frac{H^2}{8\pi} \ll G.$$

roca $G \sim 10^{12}$ dini $\frac{1}{\text{cm}^2}$, es utol oba iwvevs im vel ebis sididis SemosazRvras, roml ebic Sesazl ebel ia Sei qmnas sol enoidiT:

$H \ll 5 \cdot 10^6$ gausi; roca $G \sim 10^{11}$ dini $\frac{1}{\text{cm}^2}$, maSin $H \ll 10^6$ gausi. ufro rTul ia im sidideebis Sefaseba, roml ebic gamtaris dnobas exeba. aq yvel aferi damokidebul ia imaze, Tu rogoria gacivebis pirobebi. Sesazl ebel ia muSaoba impul suri vel ebiTac, am SemTxvevaSi gamtari ver moaswrebs gadnobas. Tu es ase a ZiriTad kriteriumad rCeba meqanikuri simtkicis kriteriumi.

meores mxriv, mxedvel obaSi unda miviRoT, rom impul suri vel is Semqmnel i sistema “batarea, kondensatori-sol enoidi”, romel ic mcire xangrZl ivobis impul sebs iZl eva, sakmaod Znel ad gansaxorciel ebel i amocanaa. ganmuxtvis dro principial urad ar SeiZl eba iyos ufro nakl ebi, vidre mocemul i sistemis damaxasiaTebel i minimal uri dro.

real ur pirobebiSi masal is rRveva iwyeba gacil ebiT ufro adre, vidre meqanikuri Zabvebi miaRweven drekadobis modul is rigis sidideebis. Cveni Sefasebebi aCveneben mxol od imas, rom arsebobs principul i mizezebi, roml ebic zRudaven didi wnevebis an maRal i magnituri vel ebis misaRebi qarxnul i an laboratoriuL i mowyobil obebis Seqmnas. mniSvnel ovania, rom es

SezRudvebi damokidebuli არ არის ცდის
 konkretul geometriaზე და დანადგარის
 ტექნოლოგიური ან კონსტრუქციული გადაწყვეტა.

ბოლოს სწავლა, რომ ტერმინი "დრეკადი
 მოდული" იქმნება მაშინ, როდესაც აპარატის
 კანონები, რომელიც ასე გაიშვება:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{P}{G}$$

სადაც l - მაქსიმალური სიგრძეა, Δl - მისი ნაზრდი,
 P - მოცემული ნივთიერების დატვირთვა. ურთივე
 დამოკიდებულია სამართლიანია მოდული მაშინ,
 როდესაც ძალი ძალიან პირობა $\Delta l \ll l$, ან სხვა
 სიტყვებით $P \ll G$.

7. ბერის გავრცელების სიჩქარე და ანტიბრუნვის
 ვარსკვლავების ნივთიერება

განვიხილოთ დრეკადი ბრუნვის მის
 დამატებითი რადიუსის სწავლა. ვთქვათ
 ვუდოდოთ პოლიმერი. ვთქვათ, რომ მას
 დავატიოთ დატვირთვა. დავსვათ კიბეა რა დროს
 მიაჩვენებს დრეკადი გავრცელების სიჩქარე

პოლიმერი, ეს მოხდება დროს შემდეგ,
 სადაც R ბრუნვის რადიუსია, ხოლო S - დრეკადი
 რხევების - ბერის სიჩქარე. ბრუნვის არსებობა
 მოდული ისე დრეკადი რხევები, რომელიც
 სიგრძე არ აღემატება მის დამატებით, ე.ი. თან
 მაქსიმალური სიგრძე $\lambda_{max} \sim 2R$. ეს
 შედეგად გამოდის, თუ განვიხილოთ სხვა
 მაგალითი - დრეკადი თან გავრცელების
 სიჩქარე L სიგრძის რეზონანსი. ცხადია,
 თუ დატვირთვა დრეკადი ბოლომდე
 არ აღემატება თან, რომელიც სიგრძე L -ზე
 მეტია. ბერის თან რეზონანსი რა მიაჩვენებს
 რა მის მეტე ბოლომდე, აუცილებელია
 აირეკლები. უკვე ანალიზი

situaciaa birTvsic. λ_{gr} tal Ris sigrZis Sesabamisi bgeriTl tal Ris minimal uri sixSire,

romelic SeiZl eba birTvsia aRiZvras $\frac{S}{2R}$ rigisaa. Cven aq vil aparakebT yvel aze grZel tal Rovan (e.w. dabal sixSirul tal Rebze).

SesaZl ebel ia sxva tipis rxevebic – pul sacia. aseTi saxis SeSfoTebebi SeiZl eba gavr cel des varskvl avebSi. sakuTari rxevebis maxasiaTebel i sixSireebi damokidebul ia varskvl avebis masaze da radiusze:

$$\omega^2 \sim \frac{\gamma M}{R^3} \sim \frac{1}{T^2}.$$

Tu droebiT daviviwyebT pul saciuri rxevebis mil evas, SeiZl eba davaskvnaT, rom ukanasknel i formul a gamodgeba ara mar to varskvl avebisaTvis, aramed myari da Txevedi pl anetebisTvisac. roca ganixil eba didi myari birTvi, ramdenadme icvl eba reaquiis Zal ebis cneba. vTqvaT pl aneta warmoadgens aral iTonis birTvs, e.i. masSi ar aris Tavisufal i el eqtronebi. am SemTxvevaSi reaquiis Zal ebs warmoadgenen atomebs Soris ganzidvis Zal ebi, roml ebic mniSvnel ovnad izrdebian SekumSvisas. Tu birTvi l iTonisa, maSin reaquiis Zal ebi warmoadgenen ionebis ganzidvisa da Tavisufal i el eqtronebis wnevis Zal ebis jams. Sevni SnoT, rom Cveul ebriv atomebs (ionebs) Soris mizidul obis Zal ebi muSaoben “imave mimarTul ebiT” ra Zal ebiTac muSaoben gravitaciis Zal ebi.

myari (an Txevedi) aral iTonuri birTvis wonasworobis piroba mdgomareobs atomebs Soris ganzidvis Zal ebis j amis tol obaSi atomebs Soris mizidul obisa da gravitaciul i Zal ebis j amTan. l iTonuri birTvebis SemTxvevaSi ganzidvis Zal ebs unda daematos el eqtronul i wnevis Zal ebi. rxevebis Caqrobas adgil i rom ar hqondes myar an

Txevad birTvebs – varskvl avebs (an pl anetebs) SeeZl ebodaT pul sireba. SevninoT, rom pul saciac warmoadgens bgeriT i rxevis gavrceI ebas varskvl avis nivTierebaSi. Cven gvainteresebs bgeris gavrceI eba varskvl avis nivTierebaSi da gvaqvs “maxasiaTebel i” sixSirish ori formul a: $\omega \sim \frac{S}{R}$ (sinamdvil eSi $\frac{S}{2R}$ magram SefasebisaTvis 2-ians mniSvnel oba ara aqvs) da

$\omega \sim \left(\frac{YM}{R^3}\right)^{\frac{1}{2}}$. Tu moviTxovT, rom am formul ebma mogvcen erTidai give rigis si di deebi, mivi RebT:

$$\omega^2 \sim \frac{S^2}{R^2} \sim \frac{YM}{R^3} \quad \text{da} \quad S^2 \sim \frac{YM}{R}$$

e.i. mivi ReT varskvl avis nivTierebaSi bgeris siCqaris SefasebisaTvis saWiro formul a. es Sefaseba sakmaod uxeSia Tundac imitom, rom iZl eva bgeris siCqaris mxol od gasaSual ebul mniSvnel obas. cxadia, varskvl avis (pl anetis) zedapirze da mis siRmeSi nivTierebis simkvrive araa erTnairi da SesaZl ebel ia mniSvnel ovnad gansxvavdebodes erTmaneTisagan. es iwevs bgeris siCqaris damokidebul ebas centridan daSorebaze. aseT damokidebul ebas ewodeba sivrcul i dispersia da dakavSirebul ia bgeriT i tal Ris Zl ier STanTqmasTan. Tu gamovTvl iT bgeris

siCqares formul iT $S \sim \left(\frac{YM}{R}\right)^{\frac{1}{2}}$ mivi RebT ($R \sim 10^6$ sm, $M \sim 10^{22}$ g), $S \sim 10^{10}$ sm/wm. yuradReba miaqcieT, rom miRebul i mniSvnel oba sinaTl is siCqaris rigisaa. cxadia, bgeris siCqare verasodes ver gadaaWarbebs sinaTl is siCqares, aramed yovel Tvis masze nakl ebi iqneba. unda arvniSnoT, rom bgeris siCqaris gaangariSebis Zal ian mkacri Teoria iZl eva daaxl oebi T Cvens mier miRebul mniSvnel obas.

8. ganzomil ebis meTodis gamoyeneba "cocxal i bunebi saTvis"

al baT sainteresoa imis gageba, rom ganzomil ebis meTodis gamoyeneba Sesazl ebel ia ara marTo usul o sagnebis, aramed "cocxal i bunebis" mimarTac. sanam Sesabamisi magal iTis ganxil vas daviwyebdeT Sevni Snot, rom fizikaSi arsebobs e.w. msgavsebis principi, romelic sxvadasxva fizikuri movlenis model irebis saSual ebas izl eva. or movlenas fizikurad msgavsi ewodeba, Tu maTi arMweri uganzomil ebo sidideebis kombinacia erTnairia. erTi movlenis arweridan misi msgavsi movlenis arweraze gadasvla yovel Tvis Sesazl ebel ia masStabebis gadaangari SebiT.

axla ganvixil oT magal iTi. biol ogebi amtkiceben, rom mSieri mgl ebis vel ur cxenebze nadirobis AaTi cdidan mxol od erTia warmatebuli. e.i. vel uri cxenebis rema danakargs ganicdis mxol od Tavdasxmis 10 SemTxvevaSi, miuxedavad imisa, rom remaSi arian axal gazrda cxenebic, e.i. gamodis, rom isinic iseve swrafad darbian, rogorc sxvebi?

ganvixil oT xnieri cxenebi da kvicebi. davuSvat, rom miuxedavad asakSi sxvaobisa maTi tanis simkvriვე erTnairia. garda amisa, vTqvat, maTi tanis ganivkvetis erTeul fartze mosuli kunTebis Zal a erTnairia. arVni Snot

M , L , T xnieri cxenis masa, maxasiaTebeli zoma da maxasiaTebeli moZraobis dro, xolo m , l , t kvicis Sesabamisi maxasiaTebelibi. maSin simkvriვე da Zal a ganzomil ebis Sesabamisad SeiZl eba ase Caiweros: xnieri

cxeni saTvis $\left(\frac{M}{L^3}\right)$ da $\left(\frac{ML}{T^2}\right)$ da anal ogiurad

kvicisaTvis $\left(\frac{m}{l^3}\right)$ da $\left(\frac{ml}{t^2}\right)$. kvici da xnieri cxeni sakmaod maRal i sizustiT SeiZl eba CaiTval os geometriul ad msgavs obieqtebad da Sesabamisad gvaqvs Semdegi cxadi tol obebi:

$$\frac{\left(\frac{M}{L^3}\right)}{\left(\frac{m}{l^3}\right)} \sim 1 \quad \text{da} \quad \frac{\left(\frac{ML}{T^2}\right)}{\left(\frac{ml}{t^2}\right)} \sim 1$$

aqedan miReba: $\left(\frac{l}{T}\right) \sim \left(\frac{l}{t}\right)$, e.i. xnieri cxenisa da kvicis siCqareebi erTnairia. es xsnis im faqts, rom remaSi, romel ic gaurbis mSieri mgl ebis xrovas xnieri cxenebisa da kvicebis siCqareebi erTnairia. marTal ia kvicis nabij ebi ufro mokl ea vidre cxenis ($l < L$) magram amave proporciit nabij ebis sixSire metia ($t < T$).

Tu davuSvebT, rom remis siCqare araa nakl ebi mSieri mgl ebis xrovis siCqareze davaskvniT, rom mgl ebi mSieri darCebian, magram gavixsenoT, rom Cvens mier arWeril i meTodi sididis rigiT miaxl oeBITia. Cvens magal iTSi maqsimal uri gadaxra an erT an meore mxares gamowveul ia cxovel ebis kuntis Zal iT. SeiZl eba ise moxdes, rom susti kvici (an Tundac xnieri cxeni) CamorCes remas, xol o mgl ebs Soris yvel aze Zl ieri gaiWras win da amdenad gamodis, rom mgl ebi mSieri ar darCebian.

mkiTxvel i unda gavafRTxil oT, rom aseTi msjel obiT metismetad gataceba, roca saqme exeba cocxal bunebas, araa saWiros. ufro zustad rom vTqvaT, yuradReba unda mi vaqci oT im winadadebebis Sestrul ebas, romel Ta Sesaxebac zemoT vTqviT, roca gamovi yvaneT Tanafardoba:

es gafrTxil ebaLgasagebi gaxdeba Semdeg magal iTze. vTqvaT, zrdasrul i adami ani sirbil Si Seejibra patara biWs. cxadia am SemTxvevaSi

$$\left(\frac{L}{T}\right) \sim \left(\frac{L}{T}\right)$$

Tanafardobas adgil i ara aqvs - udavod didi gauswrebs pataras. aq, upirvel es yovl isa, irRveva is ZiriTadi piroba, roml is Sesrul ebasac zemoT viTxovdiT - kerZod, geometriul i msgavsobis piroba. zrdasrul i adami anisa da bavSvis sxeul is proporciebi erTnairi araa, garda amisa, maTi kunTebis Zal is tol oba aSkarad saeWvoa.

amrigad, moyvanil i magal iTebi naTI ad gviCveneben Tu ramdenad sainteresoso da praqtikul ad gamoyenebadi mecnierebaa fizika, rogorc usul o sagnebis, ise cocxal i bunebis mimarT. Cvenis azriT aseTi magal iTebis ganxil va mniSvnel ovnad Seuwyobs xel s studentebis daiinteresebas fizikis Seswavl iT.

9. ganzomil ebebis meTodis Sefaseba

zogierT SemTxvevaSi ganzomil ebebis meTodma SeiZl eba mogvces araswori Sedegi. amis magal iTia stoqsis formul a winaaRmdegobis Zal isaTvis bl ant siTxeSi moZravi burTul isaTvis. am formul as aqvs Semdegi saxe:

$$F = 6\pi\mu r v$$

sadac μ sibilantis koeficientia, r - birTvis radiusi, v - misi siCqare. Tanafardoba

$$F \sim \mu r v$$

advil ad miReba ganzomil ebebis mosazrebidan,

sinamdvil eSi Zal a - j er metia! magram es sabednierod erTi im mcire magal iTTagania, roca ganzomil ebebis meTodi iZl eva sididis araswor rigs. ganzomil ebebis meTods ar SeuZl ia da verc Secvl is zust gaTvl ebs da miT umetes gazomvebs roca es SesaZl ebel ia da aucil ebel i. zogg er ise xdeba, rom zusti gaTvl ebi SeuZl ebel ia da arcaa saWiro. gakeTebul i SeniSvna sul ac ar niSnavs, rom ar unda vendoT ganzomil ebebis meTods. Zal ian mniSvnel ovania, rom es meTodi saSul ebas iZl eva movZebnoT amocanaSi Semaval sidideebSoris swori damokidebul eba. rac Seexeba am damokidebul ebebSi Semaval ricxviT koeficientebS isini iSviaTad aRematebian erTs. sxdasxva fizikur movl enebSi funqcional urad dakavSirebul i sidideebis u ganzomil ebo kombinacia erTis tol ia da amisaTvis arsebobs mraval i seriozul i fizikuri safuZvel i.

ismis kiTxva, aris Tu ara ganzomil ebebis principidan miRebul i Sefaseba erTaderTi SesaZl ebel variantebs Soris? dasawyisSi Cven arvniSneT, rom Sefaseba erTaderTia Tu adgil i aqvs tol obas $N - K = 1$ (N im sidideebis raodenobaa, romel Ta Sorisac kavSirs veZebT, xol o K - ZiriTadi sidideebis raodenoba, romel Ta ganzomil ebebs Soris kavSirebis MMmeSveobiT veZebT yvel a N sididis ganzomil ebas). magram es yovel Tvis ase rodi xdeba. magal iTisaTvis SevafasoT ganzomil ebebis meTodis meSveobiT airSi mol ekul is Tavisufal i ganarbenis sigrZe. mol ekul ebs gaaCniaT zomebi da isini erTmaneTs ej axebian Zal ian gaiSviaTebul airebSic ki. manZil s or mezobel daj axebas Soris

Cven vuwodebT mol ekul is Tavisufal Tavisufal ganarbens, aRvniSnoT is l -iT, mol ekul is diametri - a -Ti da mol ekul ebis koncentracia n -iT. n -is ganzomil ebaa sm^3 , l -isa da a -si sm . ZiriTadi erTeul i am SemTxvevaSi aris erTi - sigrZe. parametrebi, romel Ta Sorisac kavSiris dadgena gvinda samia: l , a , n . sxvaoba $N - K = 2$. ganzomil ebebis Tval sazrisiT Cven gvakmayofil ebs Semdegi dasaSvebi kombinaciebi:

$$l \sim a, \quad l \sim n^{-\frac{1}{3}}, \quad l \sim (na^2)^{-1}, \quad l \sim a^2 n^{\frac{2}{3}}, \dots$$

ise Cans, rom ganzomil ebebis meTodi ver dagvexmareba Tavisufal i ganarbenis sigrZis saangariSo formul is moZebnaSi da es dasanania Tundac imitom rom, rogorc zemoT vnaxeT, is dagvexmara ufro rTul i amocanebis amoxsnaSi, magram aRmoCnda, rom gamosaval i mainc arseboBs.

yvel a im parametris mniSvel oba, romel Ta Sorisac kavSirs veZebT izomeba santimetrebSi. magram Tu davfiqrdebiT miVxvedbiT, rom santimetrebic SeiZl eba gansxvavebul i iyos. marTl ac, Tu raRac arCeul i mol ekul is Tavisufal i ganarbenis sigrZes vZomavT taraeqtoriis gaswrviv, vuwodoT mas "paral el uri santimetri" - $l a_{\perp}$, xol o misi moZraobis xel is "SemSl el i" mol ekul ebis kveTas (radius), roml ebic gadaizomebian traeqtoriis marTobul ad "marTobul i santimetri" - $l a_{\perp}$. ra vuyoT koncentracias? rogori santimetri avirCioT. vinaidan kubs gaaCnia sami waxnagi, erTi maTgani miVmarToT traeqtoriis gaswrviv da gavzomoT $l a_{\perp}$ -Si, xol o danarCeni ori waxnagi marTobul ia am traeqtoriis da gavzomoT $l a_{\perp}$ -Si. maSasadame, n -is ganzomil eba iqneba $l a_{\perp}^{-2} \cdot l a_{\perp}^{-1}$, l -is ganzomil ebaa $l a_{\perp}$, xol o a -si - $l a_{\perp}$.

yovel ive amis Semdeg zemoT moyvanil i kombinaciebidan (l , n , a) savsebit cal saxad vircevT erTaderT formul as:

$$[\sim n^{-1} \cdot a^{-2}]$$

davyavit ra santimetrebi "paral el ur" da "marTobul" nawil ebad, amit Cven gavzardeT Ziritad sidideTa raodenoba, gavxadeT ori, da axla $N - K^2 = 1$. es xerxi gamodgeba sxva anal ogiur situaciebSic. Cvens mier Semoyvanil i sigrZis erTeul ebs sigrZis veqtorul i erTeul ebi ewodeba.

ganvixil oT kidev erTi magal iTi. zogjer ise xdeba, rom or srul ebit gansxvavebul fizikur sidides erTeul Ta erTi daimave sistemaSi erTnairi ganzomil eba aqvT. **CSGS** sistemaSi aseTi

L

erTeul ebia Zal is momenti da muSaoba **A**. orive matganis ganzomil ebaa dini $\cdot \text{sm} = g \cdot \text{sm}^2 \cdot \text{wm}^{-2}$. ganzomil ebebis "Cveul ebrivi" meTodebi maT ver ansxvaveben erTmaneTisagan. magram Tu zemoT moyvanil is anal ogiurad ganvixil avT gadaadgil ebebs traeqtoriis paral el uri da marTobul i mimarTul ebebit maSinve gaCndeba gansxvaveba **L** da **A**-s Soris. muSaobis gamoTvl isas yovel Tvis viyenebT Zal is gegmil s moZraobis mimarTul ebaze, xolo Zal is momentis gaTvl isaTvis arsebitia "marTobul i" mdgeneli. sxva sityvebit muSaoba ori veqtorul i sididis skal arul i namravlia, xolo Zal is momenti - veqtorul i:

$$A = \vec{F} \cdot \vec{r}; \quad \vec{L} = \vec{F} \times \vec{r}.$$

sadac \vec{F} Zal aa, xol o \vec{r} – radius-veqtori. amrigad, muSaobis ganzomil ebaa – $g \cdot \vec{v}_i \cdot \omega m^{-2}$, xol o Zal is momentis – $g \cdot \vec{v}_i \cdot \vec{v}_i \cdot \omega m^{-2}$.

bol os, kidev erTxel unda aRvniSnoT, rom yvel a formul a, romelic miRebulia fizikur sidideTa rigis mixedviT samarTl iania swored am sizustiT. Tu gansxvaveba zusti formul isagan ar aris 2, 3, 5 jer meti is SeiZl eba damakmayofil ebl ad CaiTval os, xol o Tu gansxvaveba 10 jer da metjer metia, saWiroa msjel obebis gadaxedva, Tumca rogorc praqtika aCvenebs, es SeiZl eba warmatebuli aRmoCndes an ara. rogorc wesi, umravles SemTxvevaSi dadebiTi Sedegi miRweva. ganzomil ebebis meTodi yovel Tvis Zal ian karg Sedegs iZl eva sxvadasxva sidideebs Soris funqcional uri kavSiris dadgenisas. ra Tqma unda igive Sedegs iZl eva zusti gaangariSebebic magram xSirad gacilebiT didi Zal isxmeviT. ganzomil ebis meTodi naklebefeqturia maSin, rodesac raRac fizikuri sidide Sedgeba ori sxvadasxva bunebis, magram erTi rigis sidi dis mqone Sesakrebisagan.

SeiZl eba Zal ian bevri iseTi magalit is moyvana, rodesac ganzomil ebebis meTodi iZl eva Zal ian karg Sedegs da gansakuTrebiT sainteresoa, rom uxeSi Sefasebebis procesSic ki kargad ikveTeba fizikuri movlenis arsi. fizikuri movlenis xarixobrivi analizi TiTqmis yovel Tvis SeiZl eba Catar des Sefasebis doneze.

10. savarj iSoebi da amocanebi

ganzomil ebebis meTodis gamoyenebiT amoxseniT Semdegi amocanebi:

1. daadgineT maTematikuri qanqaras rxevis kanonebi.

2. gamoiyvaneT wrfivad da TanabaraCqarebul ad, usawyiso siCqarIT moZravi sxeul is gadaadgil ebis formul a.

3.gamoiyvaneT material uri wertil is centriskenuL i aCqarebis formul a.

4. erTgvarovani cil indri, F Zal is gavl eniT, srial is gareSe migoravs horizontal ur sibrtyeze. dadgineT cil indris RerZis AaCqarebis damokidebul eba F Zal aze.

5. aCveneT rom meore kosmosuri siCqare damokidebul ia dedamiwis radiusze - R , Tavisufal i vardnis AaCqarebaze - g da ar aris damokidebul i raketis masaze - m .

6. gamoTval eT mTvaris gravitaciul i radiusi.

7.gamoTval eT dedamiwis sakuTari RerZis garSemo brunvis minimal uri periodi.

8. daamtkiceT, rom Zl ier SekumSul sxeul ebSi nawil akis siCqare maT Soris manZil is ukuproporciul ia.

9. SeafaseT ramdenadaa 20 metriani vertikal urad mdgomi svetis qveda nawil is atomebs Soris manZil i nakl ebi, zeda nawil is atomebs Soris manZil Tan SedarebiT.

10. SeafaseT ra simaRl eze gaskdeba hel iumiT savse rezinis burTul a.

11. warmidgineT, rom dedamiwa gaxvretil ia Crdil oeTi pol usidan samxreTisaken da Crdil oeTi pol usidan Caagdes qva. is daiwyebs rxevas Crdil oeT da samxreT pol usebs Soris. daamtkiceT, rom qvis rxevis periodi gamoisaxeba

igive formul iT, rogoriTac aiwereba dedamiwis sakuTari RerZis irgvl iv brunvis minimal urad SesaZl o periodi.

12. SeafaseT ori I iTonis burTis Sej axebis dro?

13. SeafaseT ricxobrivad wwmis wveTis rxevis periodi.

14. SeafaseT wyl is gubis zedapirul i tal Ris siCqare, Tu gubis diametria D da siRme h . gubis SemTxvevaSi aseTi rxevebis tal Ris sigrZis maxasiaTebel i zoma al baT SeiZl eba iyos gubis romel ime zoma? moifiqreT romel maxasiaTebel zomas unda mieniWos upiratesoba - diametrs, siRmes, Tu maT romel ime kombinacias? riT gansxvavdeba gubis zedapirze tal Ra Rrma tbis zedapirze tal Risagan?

15. gaanal izeT mTl iani myari birTvis SigniT wertil ovani afeTqebis movl ena. SeafaseT aseTi afeTqebis dros dazianebis radiusi.

16. arsebobs Tu ara dedamiwaze Saxtis maqsimal uri siRme? Tu arsebobs SeafaseT ra si didisaa es siRme.

17. SeafaseT wnevis sidide mzis centrSi.

18. SeafaseT temperatura mzis zedapirze.

19. gamoikvl ieT usasrul o, Tanabrad damuxtul i sibrtiis el eqtrul i vel is daZabul obis damokidebul eba el eqtrul i muxtis simkvrivesa daKdakovirvebis wertil idan sibrtiyemde manZil ze.

20. gansazRvreT usasrul od grZel i sol enoidis magnituri vel is daZabul oba, Tu xviis radiusia R da erTeul sigrZeze xviaTa raodenoba - n .

21. დაამყარეთ დამოკიდებულება რხევის ტიპის კონტურის რხევის პერიოდს, ინდუქტივობასა და ტევადობას სერის.

22. სოლენოიდთან მიერთებულ იქნა ელექტრონი ბატარეის განმუხტვის მინიმალური დროის რა პრინციპი სეზრუდები არსებობს?

23. იმ ფაქტის გათვალისწინებით, რომ არსებობს დნობის სიბოლო წარმოადგენს კრისტალის რრევისათვის საშიშროებას მაქსიმალური ენერჯია, შეაფასეთ როგორც უნდა იყოს ტემპერატურა პლანეტის ცენტრში, თუ მისი ბირთვი "ტევადი" არ არის.

24. შეადარეთ ერთმანეთს სოლენოიდების მაქსიმალური დამუხტვის რეზონანსის მნიშვნელობის მნიშვნელობები, როგორც სიხშირის დრეკადობის მოდული და დნობის სიბოლოები. რა დავალების გაკეთება შეიძლება ან სეზრუდებიდან?

25. შეიძლება თუ არა ზეგანობრივად სოლენოიდის მიწვევა იქნას უფრო დიდი მნიშვნელობის ველები, ვიდრე სოლენოიდის, რომლის ხვეობა არაზეგანობრივად მასალისაგანაა დამზადებული? რა შეიძლება იქნას მაქსიმალური ველები, თუ შესაძლებელია გვაქვს სოლენოიდის ცავდატერომანიტი გულარი?

26. რიცხობრივად შეაფასეთ ელექტრონის დრეფტი სიხშირის რეზონანსის, რომლის სიხშირეა 1 მ, თუ მასზე მოდებულია 300 ვ ზაბვა და ელექტრონის სასალო განარბენის სიხშირეა 10^{-4} სმ.

27. გამოთვალეთ სპინის კუთრი წინადადება, თუ ელექტრონის ტრანსფერული განარბენის სიხშირეა 10^{-4} სმ.

28. შეადარეთ, თუ როგორ უნდა შეაფასოთ ენერჯია, რომელიც საშიშროებას ატომისაგან უნდა ელექტრონის მოსაცილებელია.

29. ganzomil ebebis meTodis meSveobiT miReT atomuri rxevebisa da energiis maxasiaTebel i formul ebi.

30. vTqvaT, kristal ur ReroSi vrcel deba I -is toli intensivobis bgeriT i tal Ra. SecadeT SeafasoT am tal RebiT gamowveul i atomebis maqsimal uri gadaxra.

31.ganzomil ebebis mosazrebidan moZebneT el eqtrul i wredis winaRoba da induqtivoba. SeafaseT dro, romel ic saWiroa stacionarul i denis dasamyarebl ad, Tu wredis induqtivobaa L .

32. warmoidgineT, rom brtyel i kondensatoris erT-erT firfitaze gakeTebul ia patara r radiusis naxvreti, romel ic dafarul ia sapis Txel i apkiT. kondensatori damuxtul ia potencial Ta U -s tol sxvaobamde da gamorTul ia denis wyarosagan. firfitebs Soris d manZil i gacil ebiT nakl ebia firfitebis wrfiv zomebze. sapis apkis zedapirul i daWimul obis koeficienti tol ia ϵ . SeafaseT sapis apkis kondensatoris SigniT SeRunvis sidide.

amoxsnebi da miT iTebebi

1. qanqaras rxevis periodi damokidebul i unda iyos qanqaras sigrZeze, mis masaze da simZimis Zal aze. cxadia, rom nivTierobis simkvriveze damokidebul ebas viTval iswinebT masaze damokidebul ebis dafiqsirebiT. amasTan, vinaidan vixil avT maTematikur qanqaras, misi zomebi ar unda miviRoT mxedvel obaSi. oTxi T , L , m , mg sidididan Sesazl ebel ia

Semdegi erTaderTi uganzomil ebo sidi didis Sedgena. (amocanis amosaxsnel ad sakmarisia gamoviyenoT **SI** sistemis sami ZiriTadi erTeul i: sigrZis erTeul i, drois erTeul i, masis erTeul i):

$$T \cdot l^\alpha \cdot m^\beta \cdot (mg)^\gamma = \text{const} = C.$$

ganvsazRvroT xarisxis maCvenebl ebi. gamosaxul ebaSi myofi sidideebi Sevcval oT maTi ganzomil ebebiT. $[T] = T$, $[l] = L$, $[mg] = MLT^{-2}$ da CavsvaT isini sawyis formul aSi:

$$T^{1-2\alpha} L^{\alpha+\beta} M^{\beta+\gamma} = 1$$

es Tanafardoba Sesrul deba maSin, rodesac xarisxis yvel a maCvnebel i nul is tol i gaxdeba. mxol od am SemTxvevaSi tol obis marcxena mxare gaxdeba erTis toil uganzomil ebo sidide. e.i. gvaqvs:

$$\begin{cases} 1 - 2\alpha = 0 \\ \alpha + \beta = 0 \\ \beta + \gamma = 0 \end{cases}$$

am gantol ebaTa sistemis amoxsna gavaZl evs;

$$\alpha = \beta = -\gamma = -\frac{1}{2}$$

da amrigad, rxevis periodis formul as eqneba saxe:

$$T = C \sqrt{\frac{l}{g}}$$

C proporciul obis koeficientia, misi mniSvnel oba xSirad 1-is tol ia da ganisazRvrebada matebiT.

2. saZiebel i formul a veZeBoT maCvenebl iani funqciis saxiT:

$$l = f(a, t) \text{ an } l = C \cdot a^\alpha \cdot t^\beta$$

gvaqvs $[l] = [a]^\alpha [t]^\beta$ an $L = L^\alpha T^{-2\alpha} T^\beta$ aqedan gvaqvs:

$$\begin{cases} \alpha = 1 \\ \beta - 2\alpha = 0 \\ \beta = 2 \end{cases}$$

da sabol ood mi vi RebT: $l = C \cdot at^2$.

3. amocanis anal izi saSual ebas gvaZl evs dauSvaT Semdegi funqcional uri damokidebul eba:

$$av^\alpha R^\beta = C$$

sadac v wrfivi siCqarea, R - brunvis radiusi. gvaqvs:

$$LT^{-2}(LT^{-1})^\alpha L^\beta = 1 \text{ an } L^{1+\alpha+\beta} T^{-\alpha-2} = 1.$$

aq gamoyenebul ia aCqarebis, siCqaris, sigrZis cnobil i ganzomil ebebi. es ukanasknel i tol oba srul deba Tu srul deba piroba:

$$\begin{cases} 1 + \alpha + \beta = 0 \\ -\alpha - 2 = 0 \end{cases}$$

am sistemis amonaxsnia: $\alpha = -2$, $\beta = 1$ da centriskenu l i aCqarebis formul as aqvs saxe:

$$a = C \frac{v^2}{R}.$$

Tu am meTods SevadarebT tradiciul s, rodesac gamoiyeneba zRvarTa Teoria, ganzomil ebebis meTodis upiratesoba aSkaraa.

4. saZebni aCqareba damokidebul ia rogorc moqmed Zal aze, aseve cil indris masaze da mis radiusze. SevadginoT Semdegi funqional uri gantol eba:

$$a \cdot F^{\alpha} m^{\beta} R^{\gamma} = C$$

es gamosaxul eba saSual ebas gvaZl evs SevadginoT ganzomil ebebis Semdegi tol oba:

$$[a][F]^{\alpha}[m]^{\beta}[R]^{\gamma} = 1$$

da gamoviyenebT, ra aCqarebis, Zal is masisa da sigrZis erTeul ebs mi vi RebT:

$$L T^{-2} M^{\alpha} L^{\alpha} T^{-2\alpha} M^{\beta} V^{\gamma} = 1$$

saidanac, Tu j amur xarixis maCvenebl ebs gavutol ebT nul l s mi vi RebT: $\alpha = -1$, $\beta = 1$ da $\gamma = 0$. sabol ood formul as awvs saxe:

$$a = C \cdot \frac{F}{m}$$

al baT dagveTanxmebiT, rom am formul is mi Reba sxva xerxiT ufro martivad SeuZl ebel ia.

5. funqional uri damokidebul eba gansaxil vel si di debs Soris ase warmovadginoT:

$$v \cdot R^{\alpha} \cdot g^{\beta} \cdot m^{\gamma} = C$$

am Tanafardobis ganzomil eba ase Cavwer oT:

$$L T^{-1} L^{\alpha} L^{\beta} T^{-2\beta} M^{\gamma} = 1$$

aq gamoyenebul ia siCqaris, aCqarebis, masis da manZil is ganzomil ebebi. cxadia, unda srul debodes pirobebi:

$$\begin{cases} \gamma = 0 \\ 1 + \alpha + \beta = 0 \\ -1 - 2\beta = 0 \end{cases}$$

am sistemis amonaxsnia: $\alpha = -\frac{1}{2}$, $\beta = -\frac{1}{2}$. amrigad meore kosmosuri siCqarisaTvis formul as aqvs Semdegi saxe:

$$v = C\sqrt{Rg}$$

8. Zi ier SekumSul sxeul ebSi Tavi unda iCinon kvanturma efeqtebma. es ase, Tu nawil akebs Soris manZil i nakl ebia, magal iTad, boris radiusze. amdenad amocanis parametrebia: pl ankis mudmiva - h ,

nawil akis masa - m , siCqare - v da nawil akebs Soris saSual o manZil i - a . ganzomil ebis mosazrebidan gvaqvs:

$$v \sim \frac{h}{ma},$$

arsebi Tad Cven gvaqvs ganuzRvrel obis Tanafardoba.

19. imis gamo, rom damuxtul i sibrtye usasrul od didia, is warmoadgens simetriis sibrtyes da amitom sakmarisia el eqtrul i vel i ganvixil oT mis erT mxares. amovxsanaT es amocana amovxsnaT gausis sistemaSi (am sistemaSi $\mathbf{E}_0 = 0$, xol o diel eqtrikul i mudmivaa ϵ ricxvi).

diel eqtrikul i mudmiva SevitanoT C koeficientSi da el eqtrul i vel is daZabul oba veZeboT, rogorc muxtis P simkvrivisa da dakvirvebis wertilidan umoklesi R manZilis funqcia (amocanis simetriul obisa da zedapiris gaswvri denis ar arsebobis gamo, daZabul obis veqtori mimarTul i iqneba am zedapiris marTobul ad):

$$E = f(\rho, R) \text{ sai danac } E = C\rho^\alpha R^\beta$$

fizikuri formul ebis erTgvarovnebis principidan gamomdinare gvaqvs:

$$[E] = [\rho]^\alpha [R]^\beta$$

vinaidan gausis sistemaSi el eqtrul i vel is daZabul obis, muxtis simkvrivis da sigrZis erTeul ebi cnobil ia SeiZleba davveroT Semdegi Tanafardobebi:

$$[E] = M^{\frac{1}{2}} L^{-\frac{1}{2}} T^{-1}, \quad [\rho] = M^{\frac{1}{2}} L^{-\frac{1}{2}} T^{-1}$$

da zeda tol oba ase Caiwereba:

$$M^{\frac{1}{2}} L^{-\frac{1}{2}} T^{-1} = M^{\frac{\alpha}{2}} L^{-\frac{\alpha}{2}} T^{-\alpha} L^\beta,$$

gavutol ebT ra tol obis orive mxaris xarixis maCvenebl ebs, miviRebT: $\alpha = 1$, $\beta = 0$. amrigad erTgvarovnad damuxtul i sibrtiyis el eqtrul i vel is daZabul oba pirdapirproporciul ia muxtis sidi dis da damokidebul i araa sibrtiyemde manZil ze, e.i. vel i erTgvarovania da ganisazrvreba formul iT:

$$E = C\varepsilon\rho.$$

20. bunebrivia davuSvaT, rom sol enoidis SigniT magnituri vel is daZabul oba (sol enoidis gareT magnituri vel i ar iarsebebs, vinaidan SigniT arsebul i magnituri vel is Zal wirebi ar gamodian gareT - ikvrebian usasrul obaSi, sadac imyofeba usasrul od grZel i sol enoidis bol oebi) proporciul ia erTeul sigrZeze mosul i xviaTa ricxvis da funqcional urad damokidebul ia denis Zal asa da xviis radiusze. zemoTqmul is gaTval iswinebiT magnituri vel is daZabul obisaTvis SeiZleba dawweroT Semdegi gamosaxul eba:

$$H = nf(I, R) = CnI^\alpha R^\beta.$$

amis Semdeg moviqceT zogadi wesis Sesabamisad. SevadginoT gantol eba:

$$[H] = [n][I]^\alpha [R]^\beta$$

avircioT erTeul Ta SI sistema da vinaidan cnobil ia ukanasknel gamosaxul ebaSi Semaval i yvel a sidi dis

ganzomil ebebi ($[H] = AL^{-1}$, $[n] = L^{-1}$,

$[I] = A$, $[R] = L$). formul as sol enoidis magnituri vel is daZabul obis ganzomil ebisaTvis eqneba Semdegi saxe:

$$AL^{-1} = L^{-1}A^\alpha L^\beta,$$

sai danac mi vi RebT: $\alpha = 1, \beta = 0$ da Sesabamisad, saZebn gantol ebas aqvs saxe:

$$H = CnL.$$

rogorc vxedavT sol enoidis magnituri vel is daZabul oba damokidebul i araa xviis radiusze R .

21. amocanis pirobi dan gamomdinare saZebni sidi de damokidebul i unda iyos tevadobaze - C , induqtivobaze - L da Sesazl ebel ia kondensatoris muxtze - q . zogadad rom $vTqvaT$, periodi al baT araa damokidebul i muxtze, vinaidan periodi uSual od konturis maxasiaTebel i sidi dea.

saZebni funqcional uri damokidebul eba ase Cavwer oT:

$$T = Const \cdot C^\alpha L^\beta q^\gamma$$

orive mxaris erTgvarovnebi dan gamomdinare samarTl iania tol oba:

$$[T] = [C]^\alpha [L]^\beta [q]^\gamma$$

sadac (amocana amovxsnaT SI sistemaSi)

$$[T] = T, \quad C = ATB^{-1}, \quad [L] = A^{-1}TB, \quad [q] = AT$$

amrigad, mi vi ReT Semdegi ganzomil ebiTi tol oba:

$$T = A^\alpha T^\alpha B^{-\alpha} \cdot A^{-\beta} T^\beta B^\beta \cdot A^\gamma T^\gamma$$

aqedan mi iReba gantol ebaTa Semdegi sistema:

$$\begin{cases} \alpha + \beta + \gamma = 1 \\ -\alpha + \beta = 0 \\ -\beta + \gamma = 0 \end{cases}$$

roml is amonaxsni: $\alpha = \frac{1}{2}, \beta = \frac{1}{2}, \gamma = 0$.
saZebn gantol ebas aqvs saxe:

$$T = Const \sqrt{LC}$$

32. zedapiruli daWimul obis Zal ebi moqmedeben apkis mxebis mimarTul ebiT. maTi mdgeneli kondensatoris el eqtruli vel is (firfitebis

marTobi) mimarTul ebiT miReba $\frac{h}{r}$ sidideze gamravlebiT, sadac h SeRunvis sididea.

CavTval oT, rom es sidide mcirea: $\frac{h}{r} \ll 1$. jamuri Zal a, romelic ganpirobepia zedapiruli daWimul obiT da el eqtruli vel is gaswvri mimarTuli Zal iT gamoisaxeba formul iT:

$$2\pi\sigma\frac{h}{r} \approx 2\pi\sigma h$$

es Zal a gawonaworebuli unda iyos kondensatoris meore firfitasTan mizidul obis Zal iT. es ukanaskneli ki tolia el eqtruli Zal ebis "wnevis" (e.i. sididis, romelic tolia firfitebs Soris mizidul obis Zal ebis Sefardebisa firfitebis faTobTan) namravli sa apkis farTze. Tavis mxriv el eqtruli Zal ebis "wneva" tolia kondensatoris firfitebs Soris koncentrirebuli energiis simkvrivis:

$$\frac{e^2}{8\pi} = \frac{u^2}{8\pi d^2}.$$

dawerT ra tolobas:

$$\cdot \pi r^2,$$

mi viRebT SeRunvis saZebn sidides:

$$h = \frac{u^2 r^2}{16\pi\sigma d^2}.$$

l i t e r a t u r a

1. A.Taylor, C. Vilson. Modern Physics. N.Y. 2006.
2. Г.С. Варданян. Основы теории подобия и анализа размерностей. М., 1977 .
3. Л.И.Седов. Методы подобия и размерностей в механике. М., 1972.
- 4.Б.Ю. Коган. Размерность физической величины. М., 1968.

იბეჭდება ავტორთა მიერ წარმოდგენილი სახით

გადაეცა წარმოებას 26.03.2009. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15.04.2009. ქალაქის ზომა 60X84 1/16. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 2,5. ტირაჟი 100 ეგზ.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი,
კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent