

1- topshiriq. Mashq (10 ball)

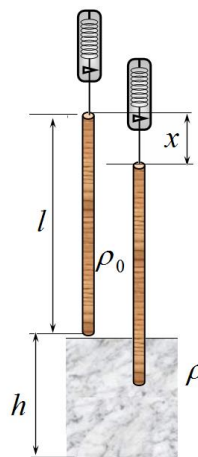
Topshiriq bir-biriga bog'liq bo'lmagan 3 ta masaladan iborat.



1.1-masala. Cho'kayotgan sterjen (4 ball)

Uzunligi $l = 1,0$ m bo'lgan bir jinsli sterjen zichligi ρ_0 bo'lgan moddadan tayyorlangan. Sterjenning ko'ndalang kesimining radiusi uning uzunligidan ko'p marta kichik. Sterjenning bir uchi ingichka vaznsiz uzun ip orqali dinamometrga osilgan. Sterjen havoda erkin osilib turganda dinamometning ko'rsatishi F_0 ga teng. Shundan so'ng sterjen zichligi ρ bo'lgan suyuqlik quyilgan keng vannaga sekin tushirila boshlanadi. Vannadagi suyuqlik sathining balandligi $h = \frac{l}{2}$ ga teng.

Sterjenning vanna tubidagi gorizontaal sirt bilan ishqalanishi hisobga olmas darajada kichik. Sterjenning yuqori uchini pastga tushish masofasini x deb belgilab olamiz ($x = 0$ bo'lganda sterjenning pastgi asosi suyuqlik sirtiga tegib turadi). Sterjenning yuqori uchi x masofaga tushganda dinamometr ko'rsatishini $F(x)$ deb belgilaymiz.



Javoblar varaqasining blanklarida $f(x) = \frac{F(x)}{F_0}$ nisbatni sterjenni pastga tushish masofasi x ga bog'liklik grafigini chizing. Masalani ikki hol uchun yeching: a) suyuqlik va sterjen zichliklarining nisbati $\eta = \frac{\rho}{\rho_0} = 2$; b) zichliklarining nisbati $\eta = \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{1}{2}$ ga teng bo'lganda.

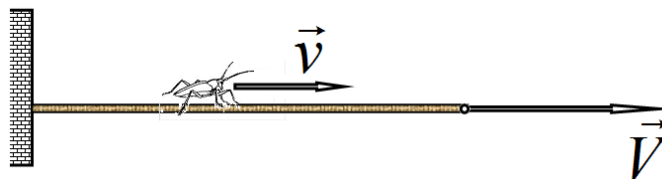
Sterjenni suyuqlikka botishining turli bosqichlarida $f(x)$ munosabat turli ko'rinishdagi formulalar orqali ifodalanishi mumkin. x ning o'zgarishini turli oraliqlariga mos keluvchi bosqichlar uchun formulalarni keltiring. Har bir bosqichdagi sterjenning holatini chizing. Har bir holat uchun bosqichlar sonini aniqlang.



1.2- masala. Qo'ng'iz rezina shnur ustida (3 ball)

Uzunligi $l_0 = 1,0$ m bo'lgan rezina shnurning bir uchi devorga mahkamlangan, ikkinchi uchi o'zgarmas $V = 1,0 \frac{m}{s}$ tezlik bilan tortilmoqda.

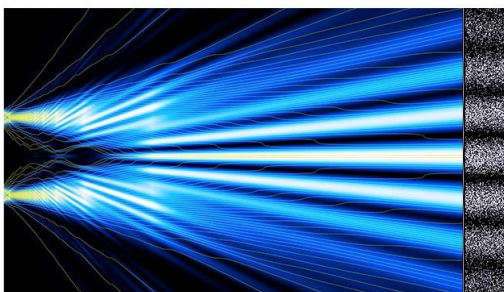
Shnurning cho'zilishi boshlagan paytning o'zida qo'ng'iz ham devordan o'zgarmas $v = 1,0 \frac{cm}{s}$ tezlik bilan (shnurga nisbatan) harakatlana boshladi.



1.2.1. Qancha yil davomida qo'ng'iz shurning yarmiga yetib keladi?

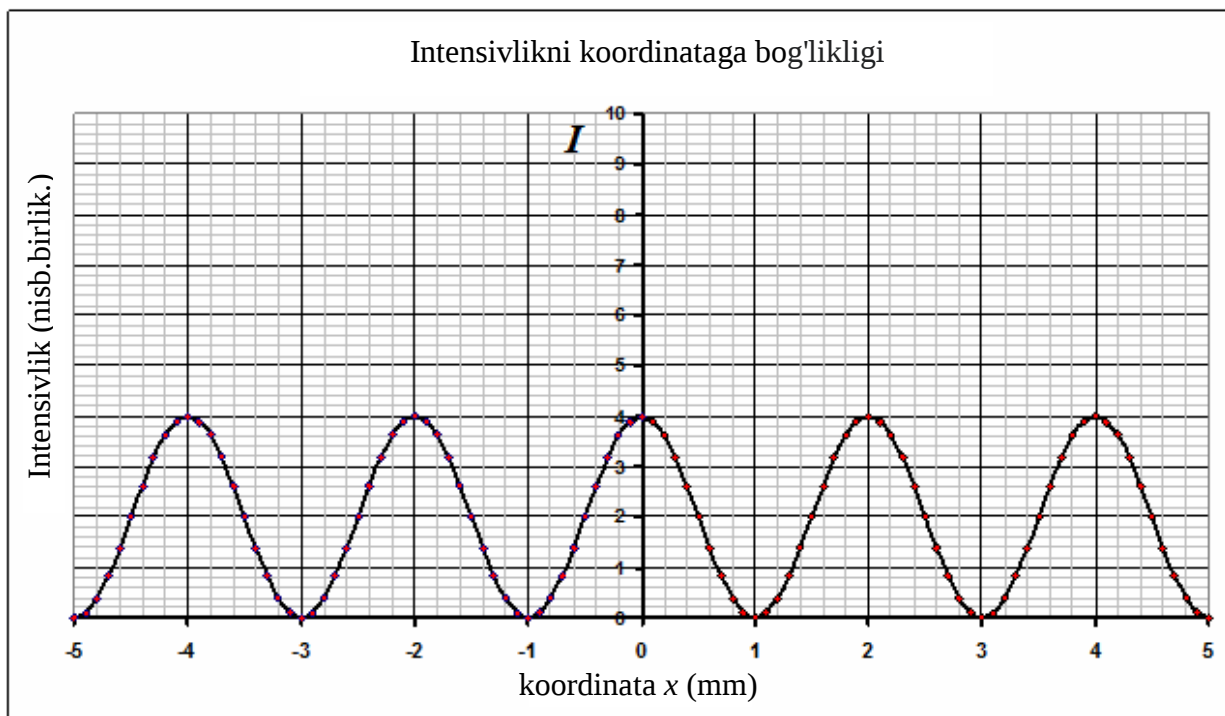
1.2.2. Qancha yil davomida qo'ng'iz shurning oxiriga yetib keladi?

1.3-masala. Takomillashtirilgan Yung tajribasi (3 ball)



T.Yung interferensiyon tajribasida yassi monoxromatik to'liqin tekis shaffof bo'lmagan plastinkaga normal tushadi. Plastinkada bir-biriga juda yaqin bo'lgan masofada ikkita bir xil tor parallel tirqishlar ochilgan. Tirqishlar orasidagi masofaga nisbatan ancha katta bo'lgan masofada plastinkaga parallel ravishda tekis ekran joylashgan bo'lib, unda plastinka tirqishlariga parallel bo'lgan yorug'likning interferensiyon polosalari manzarasi hosil bo'ladi. Ekran

hosil bo'lgan yorug'lik intensivligini x koordinataga bog'likligi quyidagi grafikda ko'rsatilgan (x o'qi ekran tekisligida yotadi va kuzatilayotgan interferensiya manzarasining polosalariga perpendikulyar). Bu grafik javoblar varaqasida ham keltririlgan.



1.3.1. Ekranida yorug'lik intensivligining taqsimlanishi $I_2(x)$ ni ifodalovchi formulani keltirib chiqaring. Grafikda berilgan qiymatlardan foydalanib, olingan formuladagi parametrlarning son qiymatlarini aniqlang.

Plastinkada kengligi tirqishlar kengligiga teng bo'lgan va ularning aniq o'rtasida joylashgan uchunchi tirqish ochildi.

1.3.2. Bu hol uchun yorug'lik intensivligini ekranda taqsimlanishini ifodalovchi $I_3(x)$ uchun formulani keltirib chiqaring. Olingan formuladagi parametrlarning son qiymatlarini ko'rsating.

1.3.3. Plastinkadagi uchinchi tirqish ochilgandan keyn ekranda hosil bo'lgan yorug'lik intensivligini x koordinataga bog'likligi grafigini javoblar varag'idagi blankaga chizing.



2-topshiriq. Popkorn (bodroq) fizikasi (8 ball)

To'yimli kraxmalga ega bo'lgan makkajo'xori donining to'qimalari tashqi qattiq qobiq bilan o'ralgan bo'lib, ichki qismi yumshoq tarkibga ega. To'qimalar ichida ma'lum miqdordagi suv mavjud. Donlar qizdirilganda undagi suv qisman suyuq holatdan bug' holatiga o'tadi. Muayyan temperaturada donning qattiq qobig'i suv bug'ining bosimiga bardosh bera olmaydi. U yorilib ketadi, issiqlik hamda bosim ta'sirida yumshoq holatga kelgan kraxmal kengayadi va tezda ko'piksimon tuzilishga ega bo'ladi, keyin soviydi va qattiqlashadi. Bu makkajo'xori donlarini popkorn parchalariga aylantiradi. Baholash uchun, don to'qimalarining tuzilishini sovun ko'pigiga o'xshash deb taxmin qilish mumkin. Bunda pufakchalar devorlarining hajmi kovaklarning hajmiga nisbatan e'tiborga olmas darajada kichik.

Qattiq qobiq bilan o'ralgan makkajo'xori donining hajmini qobiq yorilishiga qadar o'zgarishsiz qoladi deb hisoblash mumkin. Baholash uchun makkajo'xori donlari va hosil bo'lgan popkorn parchalari sharsimon shaklga ega deb hisoblash mumkin. Qobiq yorilib ketish paytida don ichida vujudga keladigan gaz bosimini (tashqi bosim normal atmosfera bosimiga $P_0 = 1,0 \text{ atm} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ teng bo'lgan sharoitda) kritik bosim P_{cr} deb ataymiz. Qobiqning yorilishidan so'ng makkajo'xori donining yumshoq to'qimalarida joylashgan gazning kengayishini adiabatik jarayon deb hisoblash mumkin. Ushbu jarayonning tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$PV^\gamma = \text{const}, \quad (1)$$

bunda γ - adiabata ko'rsatkichi bo'lib, ushbu holda uni $\gamma = \frac{4}{3}$ ga teng deb olish mumkin.

1-qism. Yorilishning kritik bosimi (3,5 ball)

Topshiriqning ushbu qismida sizdan makkajo'xori donlari qobig'ining yorilish bosimi P_{cr} ni uch xil usulda baholash taklif qilinadi. Masalaning ushbu qismi uchun tashqi bosimni normal atmosfera bosimiga teng deb hisoblang.

1.1. Makkajo'xori donalarining o'rtacha radiusi $r_0 = 3,1 \text{ mm}$ ga va hosil bo'lgan popkorn parchalarining o'rtacha radiusi $r_1 = 6,5 \text{ mm}$ ga teng. Ushbu ma'lumotlardan foydalanib, makkajo'xori donlari ichidagi bosim P_{cr} qanday bo'lganda uning qobig'i yorilishini aniqlang.

1.2. Makkajo'xori donalarining zichligi $\rho_0 = 1,3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ga, popkorn parchalarining zichligi esa $\rho_1 = 0,16 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ga teng. Ushbu ma'lumotlardan foydalanib, makkajo'xori donlari ichidagi bosim P_{cr} qanday bo'lganda uning qobig'i yorilishini aniqlang.

Makkajo‘xori donalari qalinligi $h = 0,16 \text{ mm}$ ga teng bo‘lgan yupqa va mustahkam qobiq bilan qoplangan. Qobiq materiali bardosh bera oladigan maksimal mexanik kuchlanish taxminan $\sigma_c \approx 10 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ ga teng.

1.3. Bunday qobiq qanday ichki maksimal bosimga bardosh bera olishini aniqlang.

1.4. Keyingi hisob-kitoblarda siz yorilish bosimining qanday qiymatidan foydalanishingizni ko‘rsating.

2-qism. Yorilish temperaturasi (3,5 ball)

Masalaning ushbu qismida siz makkajo‘xori donasini yorilib popkorn parchalarini hosil qilishi uchun uni qanday t_{cr} temperaturagacha (selsiy shqalasida) qizdirish kerakligini baholashingiz kerak bo‘ladi. Makkajo‘xori donachalari boshlang‘ich temperaturasi xona temperaturasi $t = 20^\circ\text{C}$ ga teng deb hisoblang.

2.1. Faraz qilaylik makkajo‘xori donalarining yumshoq to‘qimalarida faqat quruq havo bor va qizdirilganda suv bug‘lari hosil bo‘lmaydi. Ushbu taxminga ko‘ra, makkajo‘xori donachalari yorilib ketishi uchun qanday kritik t_{cr} temperaturagacha qizdirilishi kerakligini hisoblang.

2.2. Amalda yumshoq to‘qimalarda suv mavjud bo‘lib, u qizdirilganda bug‘lanadi. Nam makkajo‘xori donachalari yorilib ketishi uchun qizdirilishi kerak bo‘lgan kritik temperatura t_{cr} ni hisoblang.

Eslatma. To‘yingan suv bug‘i bosimini temperaturaga bog‘likligi taxminan Klapayron-Klauzius tenglamasi yordamida quyidagicha ifodalanadi:

$$P_s = P_0 \exp \left[\frac{ML}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right) \right], \quad (2)$$

bunda $M = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$ - suvning molyar massasi; $L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$ - suvning solishtirma

bug‘lanish issiqligi, $R = 8,3 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ - universal gaz doimiysi. Normal atmosfera bosimida suv $t_0 = 100^\circ\text{C}$ ($T_0 = 373\text{K}$) temperaturada qaynashini eslatib o‘tamiz.

2.3. Makkajo‘xori donachalari ichidagi bosim kritik P_{cr} qiymatga yetishi uchun uning ichida qanday massadagi suv bug‘lanishi kerakligini hisoblang.

3-qism. Superpopkorn (1 ball)

Hosil bo‘lgan popkorn parchalari hajmini oshirish uchun makkajo‘xori donachalari pasaytirilgan tashqi P_1 bosim ostida isitiladi.

3.1. Hosil bo'luvchi popkorn donachalarining hajmi tashqi bosim normal atmosfera bosimiga teng bo'lganidagidan 2 marta katta bo'lishi uchun donachalar qizdirilishi paytida tashqi bosim P_1 qanday bo'lishi kerakligini aniqlang.

Eslatma.

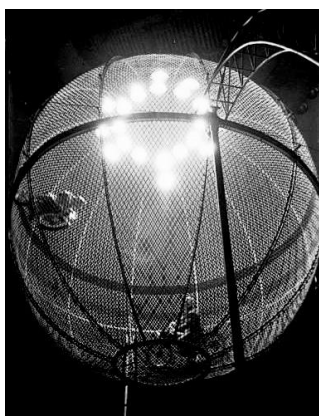
Ushbu masala bo'yicha barcha raqamli ma'lumotlar quyidagi maqoladan olingan:

Popcorn: critical temperature, jump and sound

Emmanuel Viro, Alexandre Ponomarenko

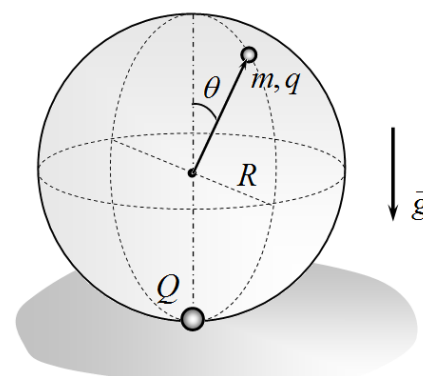
Published:06 March 2015, «Journal of the Royal Society Interface».

<https://doi.org/10.1098/rsif.2014.1247>



3-topshiriq. Sfera ichida (12 ball)

Radiusi R bolgan dielektrik sfera ichidagi pastki nuqtada nuqtaviy zaryad Q mahkamlangan. Radiusi sferaning radiusidan ancha kichik bo'lgan, massasi m va zaryadi q bulgan sharcha sferaning ichki sirtida og'irlik va kulon kuchi tasirida ishqalanissiz harakatlana oladi. Zaryadlar ishorasi bir xil. Sharchaning sfera ichki sirtidagi



holati vertikalga nisbatan o'lganuvchi θ burchak bilan aniqlanadi. Sirtidagi qutblanish va ishqalanish bilan bog'lik ta'sirlar inobatga olinmaydi.

Algebraik ifodalar va formulalarni yozilishini qisqartirish uchun, ma'nosi sharcha sferaning yuqori nuqtasida bo'lganda unga ta'sir qiluvchi elektrostatik kuchni og'irlik kuchiga nisbatiga teng bo'lgan o'lchamsiz parametr kiritamiz:

$$f = \frac{Qq}{16\pi\epsilon_0 R^2} \frac{1}{mg} . \quad (1)$$

1- qism. Umumiy xarakteristikalar.

1.1. Sharchani yuqori nuqtadan siljishi davomidagi uning to'liq poitensial energiyasi $U(\theta)$ uchun ifodani θ burchakning funksiyasi ko'rinishida yozing. Bunda sharchaning eng yuqori nuqtadagi potensial energiyasi nolga teng deb qabul qilamiz. Javobni m, g, R, f parametrlar orqali ifodalang.

1.2. Og'irlik kuchi va kulon kuchlarining sferaning markaziga nisbatan $M_g(\theta)$ va $M_e(\theta)$ momentlarining modullarini θ burchakning funksiyasi sifatida ifodalovchi formulalarni yozing. Javoblarni m, g, R, f parametrlar orqali ifodalang.

1.3. Javoblar varaqasining bitta blankida sharchaga ta'sir qiluvchi kuchlar $M_g(\theta)$ va $M_e(\theta)$ momentlarini burchak θ ga bog'likligining sxematik grafiklarini $f = 1,0$, $f = 2,0$, $f = 3,0$ hollar uchun chizing.

1.4. Javoblar varaqasining bitta blankida sharchaning potensial energiyasi $U(\theta)$ ni burchak θ ga bog'likligining sxematik grafiklarini $f = 1,0$, $f = 2,0$, $f = 3,0$ hollar uchun chizing.

Eslatma. Sxematik grafiklarni chizganda aniq son qiymatlarini hisoblash shart emas: o'sish va kamayish oraliqlarini va ekstremumlar borligini ko'rsating.

1.5. Parametr f ning qanday qiymatlarida sharcha harakati davomida sferaning ichki sirtidan ajralmasligini hisoblab ko'rsating.

1.6. Parametr f ning qanday qiymatlarida sharcha sferaning yuqori nuqtasida turg'un muvozanat holatida tura olishini hisoblab toping.

2-qism. $f = 1$ bo'lganda sharchaning harakati.

Harakatlanuvchan sharchaga berilgan zaryad natijasida o'lchamsiz parametr $f = 1$ qiymatni qabul qildi. Boshlang'ich vaziyatda sharcha sferaning yuqori nuqtasida tinch holatda bo'lib, so'ngra uning ichki sirti bo'ylab sirpana boshlaydi.

2.1. Sharcha harakati davomida qanday maksimal $\theta_{\max}$ burchakga og'adi.

2.2. Sharcha qanday $\bar{\theta}$ burchakda turg'un muvozanat holatida bo'la oladi.

2.3. Qanday θ burchaklarda sharcha sferaning ichki sirtidagi gorizotal aylana bo'ylab aylana oladi?

3- qism. $f = 2$ bo'lganda sharchaning harakati

Harakatlanuvchan sharchaga shunday zaryad berilganki bunda o'lchamsiz parameter $f = 2$ ga teng bo'ldi. Vaqtning dastlabki paytida sharcha sfera sirtining ichida uning yuqori nuqtasidan kichik θ_0 burchakka og'gan holda tinch turibdi. Sharcha boshlang'ich tezliksiz qo'yib yuboriladi va u vertikal tekislikda tebrana boshlaydi.

3.1 Sharchaning tebranish davrining boshlang'ich og'ish burchagi θ_0 ga bog'likligini toping.

Eslatma. Siz olgan formulada noma'lum o'lchamsiz proporsionallik koeffitsiyenti qatnashishi mumkin.



NAZARIY MASALALAR



4- qism. $f = 3$ bo'lganda sharchaning harakati

Harakatlanuvchan sharchaga shunday zaryad berilganki, bunda o'lchamsiz parameter $f = 3$ ga teng bo'ldi. Vaqtning dastlabki paytida sharcha sferaning yuqori qismida tinch holatda bo'lgan, keyin unga sfera sirti bo'ylab yo'nalgan kichik v_0 tezlik berildi.

4.1. Bu holdagi sharchaning kichik tebranishlar davrini aniqlang.

Sharcha harakatining quyi nuqtasida uning tezligi nolga teng bo'lgan paytda unga sfera sirti bo'ylab gorizontaal yo'nalishda v_1 tezlik berildi.

4.2. v_1 tezlikning qanday qiymatida sharcha gorizontaal aylana bo'ylab harakatlana boshlaydi?