



I E G U L D Ī J U M S T A V Ā N Ā K O T N Ē

Projekta numurs: 8.3.2.1/16/I/002

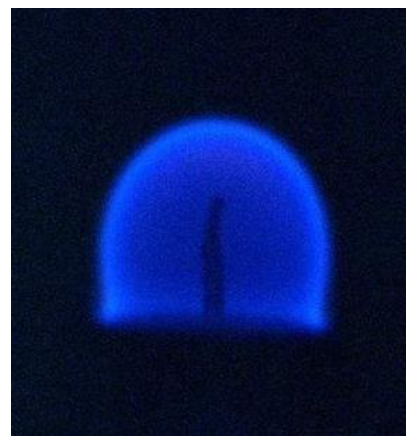
Nacionāla un starptautiska mēroga pasākumu īstenošana izglītojamo talantu attīstībai

**Fizikas valsts 67. olimpiāde
Trešā posma uzdevumi 11. klasei
EKSPERIMENTĀLĀ KĀRTA**

Jums tiek piedāvāti divi uzdevumi – demonstrējums, kurš jāskaidro un eksperiments, kas jāveic pašiem. Par katru uzdevumu maksimāli iespējams iegūt 10 punktus. Laiks — 150 minūtes.

**DEMONSTRĒJUMS
SVECES UN GRAVITĀCIJA**

D1. Attēlā redzams, kā parasta svece deg bezsvara stāvoklī (kosmosa kuģī), ja apkārt tai nodrošina normālu Zemes atmosfēru. Pēc pāris minūtēm vai ātrāk tā pati nodziest. Aplūkosim tepat uz Zemes eksperimentus, kas saistīti ar šo problēmu!



D1. attēls

Izskaidrojiet eksperimentus un atbildiet uz jautājumiem!

A Pietiekami lielā un platā stikla burkā nostiprinātas divas sveces. Viena ir gara, bet otra īsa. Ja sveces aizdedzinām, tās deg ilgi, kamēr izdeg. Bet pavērojiet, kas notiek, ja burku apsedz ar vāku! Kura svece nodziest pirmā?

A1. Kura svece nodziest pirmā un kāpēc? [1 punkts]

A2. Salīdziniet to gaisa molekulu masu, kas nepieciešamas degšanai ar to molekulu masu, kas radušās degšanas procesā; ar situācijas izvērtējumu un aprēķiniem pamatojiet eksperimenta iznākumu!

[3 punkti]

B Uz galda stāv svece. Aizdedzām to. Ņemam stikla cauruli ar vaļējiem galiem. Uzliekam cauruli vertikāli uz galda tā, lai tās lejasdaļa ietvertu sveci. Vērojiet, kas notiek.

Noņemam cauruli, atkal aizdedzam sveci. Ievietojam caurulē starpsienu, kas sadala to gareniski divās daļās. Uzliekam cauruli ar starpsienu uz galda, ietverot sveci. Vērojiet, vai starpsienu eksperimentā ko maina! Pēc kāda laika izņemam starpsienu no caurules. Vērojiet, kas notiek ar sveci!

B1. Kāds iznākums ir eksperimentam ar cauruli bez starpsienu, kāpēc? Kādas gaisa īpašības un procesi tajā noved pie šāda iznākuma? Ar ko šī eksperimenta nosacījumi atšķiras no eksperimenta ar burku? Abos gadījumos taču trauka augšgals sākumā ir atvērts. [2 punkti]

B2. Kā starpsienas klātbūtne maina eksperimenta iznākumu? Kas notiek, ja eksperimenta laikā starpsienu izņemam? [1 punkts]

B3. Ko dod caurules sadalīšana divās daļās? Vai šo daļu lomas eksperimentā varētu atšķirties? Kas varētu būt sadalījīs lomas? Vai, atkārtojot eksperimentu, lomas vienmēr sadalīsies identiski? [2 punkti]

B4. Kāpēc kosmosa kuģī sveces liesmai ir tik savāda forma un svece drīz nodziest? [1 punkts]

EKSPERIMENTĀLAIS UZDEVUMS

MĀKSLĪGĀ GRAVITĀCIJA

levads

Aplūkosim horizontālā plaknē novietotu elastīgu membrānu, kuras rādiuss ir R_0 . Jebkurš masīvs ķermenis, kurš novietots uz šīs membrānas, to ieliec gravitācijas spēka ietekmē. Piemēram, ja ķermenis ar masu M novietots tieši membrānas centrā, membrānas vertikālo deformāciju attālumā R no membrānas centra raksturo vienādojums:

$$h = \frac{Mg}{2\pi k} \ln \frac{R}{R_0} \quad (1)$$

kur konstante k ir membrānas elastības koeficients. Tā kā membrānas virsma vairs nav horizontāla, virsmas reakcijas spēkam, kas darbojas uz jebkuru citu uz membrānas novietotu ķermeni, parādās horizontāli vērsta nenulles komponente. Līdzīgi arī pirmo ķermeni ietekmē otrā radītais membrānas virsmas ieliekums. Efektīvi varam uzskatīt, ka attālumā R divi uz membrānas novietoti ķermeņi ar masām m_1 un m_2 savstarpēji pievelkas ar spēku F :

$$F = -K \frac{m_1 m_2}{R} \quad (2)$$

kur konstantes K vērtību nosaka Zemes brīvās krišanas paātrinājums g un membrānas elastības koeficients k .

Darba uzdevumi

1. Eksperimentāli noskaidrot proporcionalitātes koeficienta K vērtību efektīvā pievilksnās spēka izteiksmē (2) un noskaidrot nezināmās masas atvara masu.
2. Formulē pārbaudāmās hipotēzes, sastādi darba plānu un apraksti eksperimenta gaitu.
3. Attēlo iegūtos rezultātus grafiski un analizē iegūtos rezultātus un to atbilstību teorijai.
4. Novērtēt mērījumu kļūdas!
5. Vai eksperimenta rezultāti liecina, ka konstante K nav atkarīga no atsvara masas?

Darba piederumi:

- plastmasas riņķis, pie kura ar veļas knaģiem piestiprināts elastīgs audums ar centrā nostiprinātu āķi;
- trīs krēsli riņķa atbalstam;
- sešu 100 g atsvaru komplekts;
- 30 cm garš lineāls, gara plastmasas līste, divi kopā sastiprinātu knaģu pāri un 2 lipekļa gabaliņi;
- hronometrs;
- stikla bumbiņa;
- nezināmas masas atsvars.

Jāpievērš uzmanība

- Eksperimenta laikā audumam jābūt vienmērīgi nostieptam. Ja gadās izkustināt kādu no audumu fiksējošajiem knaģiem, eksperimentu jāpārtrauc, no auduma jānoņem visas bumbiņas un jānoņem piekārtos atsvarus, tad knaģi jānovieto savā vietā, atjaunojot vienmērīgu auduma nostiepumu. Tagad eksperimentu var turpināt.
- Auduma centrā piekārtā atsvara masas var mainīt diapazonā no 200 – 600 g. Viena 100 g atsvara radītais auduma ieliekums var būt nepietiekams mērījumu veikšanai.

Atrisinājumi un vērtēšanas kritēriji

DEMONSTRĒJUMS

SVECES UN GRAVITĀCIJA

A1. Pirmā nodziest garākā svece. Abu sveču nodzišanas cēlonis ir skābekļa daudzuma samazināšanās gaisā burkas iekšienē. Degšanā izmantotais gaiss sasilst, tāpēc kļūst vieglāks. Arhimēda cēlējspēks sasilušajam gaisam kļūst lielāks par gravitācijas spēku. Tāpēc izmantotais gaiss ar zemāku skābekļa saturu vispirms sakrājas burkas augšpusē. Tur atrodas garākās sveces liesma. Tai pirmajai pietrūkst skābekļa. **[1 punkts]**

A2. Degšanai nepieciešams skābeklis. Sadegot veidojas ogļskābā gāze, kuras molekulām masa ir lielāka, nekā skābeklim. Tomēr vidējo izdegušā gaisa molekulu masu tas palielina mazāk. Noteicošā šajā eksperimentā ir degšanā izlietotā gaisa paaugstinātā temperatūra, kas šī gaisa blīvumu samazina daudz vairāk, nekā molekulu masa palielina.

(Pamatojumam skolēniem būtu kā fiziķiem jānovērtē situācija: CO₂ un O₂ molekulu masu attiecība ir 44 pret 32. Parafīna vārīšanās temperatūra > 370 °C. Nesasniedzot to, svece nevar degt. Empīriķi var atcerēties izobārisku procesu grafiku veidu un aprēķiniem izlīdzēties ar proporciju. Teorētiski var lietot universālo gāzu stāvokļa vienādojumu. Abas pieejas vērtējamas vienlīdz pozitīvi.)

Tāpēc izdegušais gaiss ceļas augšup. Tā vietu ieņem vēsākais svaigais gaiss, kura tāpēc īsākajai svecei pietiek ilgāku laiku, nekā garākajai. Šādu siltuma pārneši kopā ar vielas masu sauc par konvekciju. **[3 punkti]**

B1. Uzliekot svecei cauruli, tā drīz nodziest. Gaiss gan ap liesmu un virs tās uzsilst, tomēr tā apmainīšanās pret svaigu gaisu ir apgrūtināta. Caurule ir šaurāka un garāka par burku. Tādēļ konvekcija notiek tikai caurules augšgalā, kur svaigais gaiss ātri sajaucas ar izlietoto un līdz lejai netiek, jo maisījums kļūst arvien siltāks, un tā blīvums mazāks. Sajaukšanās notiek tādēļ, ka gaisam piemīt neliela viskozitāte (iekšējā berze). Augšup un lejup ejošās gaisa straumes nevar vienaldzīgi paiet viena otrai garām, cita citu nesajūtot. Tā kā gaisa viskozitāte tomēr ir maza, plūsmu saskares vietās ne tikai samazinās to ātrums, bet arī veidojas virpuļi. Tieši šīs turbulences visātrāk sajauc izlietoto gaisu ar svaigo. **[2 punkti]**

B2. Uzliekot svecei cauruli ar starpsienu, svece nenodziest un turpina degt līdz pilnai izdegšanai. Taču, tiklīdz starpsienu izņem, tā svece drīz nodziest. Tieši starpsienas izņemšanas brīdī plūsmas sajaucas visātrāk.

[1 punkts]

B3 Sadalot cauruli gareniski divās daļās, rodas iespēja karstajam gaisam pa vienu pusi celties augšup un aukstajam pa otru laisties lejup, tiem nesajaucoties savā starpā. Svaigais gaiss tā var sasniegt sveci, lai tā nenodzistu. Turbulences gaisa plūsmās gan rodas, taču tās tikai nedaudz aizkavē, nevis padara neiespējamu skābekļa piegādi liesmai. **[1 punkts]**

Lomu sadalīšana starp caurules pusēm notiek pašā pirmajā brīdī, uzliekot pārdalīto cauruli svecei. To var izšķirt sveces dakts atrašanās tuvāk kādai no malām vai iepriekšēja noliekšanās uz to pusi. Taču pat, ja dakts novietota ideāli centrā, lomas sadalās tik un tā. Šādā situācijā to nosaka gadījuma procesi. Piemēram, caurules uzlikšanas brīdī kāda niecīga vēja pūsma var novirzīt sveces liesmu nedaudz sānis. Vai, sākot izdegušajam gaisam celties augšup, nedaudz vairāk tas trāpa vienā no nodalījumiem. Šādi cēloņi var būt neparedzami un pat ar aci nemanāmi, tos sauc par stohastiskiem procesiem. Ja lomas sadalījies gadījums, atkārtojot eksperimentu tās katreiz pārdalās no jauna. **[1 punkts]**

B4. Ja nav gravitācijas lauka iedarbības, nav arī Arhimēda spēka, jo spiediens visur ir vienāds. Nav vieglāka vai smagāka gaisa, bezsvara stāvoklī smaguma spēki nevar pastāvēt. Tādēļ nerodas arī konvekcija, kas sveces liesmu izstieptu virzienā uz augšu (nav arī paša virziena). Tāpēc liesma tiecas ieņemt sfērisku formu, ko nedaudz traucē pašas sveces esamība blakus. Liesma drīz izmanto sev apkārt esošās gaisa rezerves. Skābekļa saturam samazinoties zem kritiskās robežas, tā nodziest. **[1 punkts]**

EKSPERIMENTĀLAIS UZDEVUMS MĀKSLĪGĀ GRAVITĀCIJA

1. Izvēlēta adekvāta metode konstantes K noteikšanai. **[1 punkts]**. Skolēns ir sapratis, ka eksperimentāli var uzņemt sakarību bumbiņas apriņķošanas perioda atkarībai no orbītas vidējā rādiusa un centrālā atsvara masas. Izmantojot sakarību (2), iegūst, ka apriņķošanas periods T aprēķināms šādi:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{KM}}$$

2. Pārbaudāmās hipotēzes: **[1 punkts]**

- bumbiņas apriņķošanas periods ir proporcionāls orbītas rādiusam;
- proporcionalitātes koeficients mainās atkarībā no auduma centrā piekārtās masas kā $1/\sqrt{M}$.

3. Eksperimentāli izmērīti 3 lielumi: (1) orbītas rādiuss apriņķošanas perioda sākumā, (2) orbītas rādiuss perioda beigās, (3) apriņķojuma periods.

Katrai no 5 zināmas masas atsvaru kombinācijām (200 g, 300 g, 400 g, 500 g, 600 g), kā arī nezināmās masas atsvaram mērījumi atkārtoti vismaz 10 reizes, izmērot apriņķojuma periodus orbītas rādiusu diapazonā no 3 - 20 cm. Novērtēta mērījumu precizitāte.

[3 punkti]

4. Rezultāti attēloti grafiski, uz horizontālās ass atliekot orbītas vidējo rādiusu R , bet uz vertikālās ass - apriņķojuma periodu. Eksperimentālie dati $T(R)$ aproksimēti ar taisni. Noteikti taisnes vienādojuma $y = ax + b$ koeficienti.

[2 punkti]

5. Skolēns ir konstatējis, ka $b \neq 0$, un pareizi izskaidrojis iemeslu: Orbītas nav precīzi cirkulāras, pie tam notiek orbītas precesija (veicot eksperimentus, tas ir labi redzams), tāpēc orbītas rādiusa mērīšanas vietā nomērītais rādiuss praktiski vienmēr būs mazāks par faktisko. Rezultātā izmērītā taisne būs nobīdīta no teorētiskās uz kreiso pusi. **[1 punkts]**

6. Skolēns grafiski attēlojis noteiktā taisnes slīpuma koeficienta atkarību no centrā piekārtā atsvara masas. Pareizi linearizēts grafiks: attēlots

$$\left(\frac{1}{Tg\alpha}\right)^2 = f(M)$$

Noteikts taisnes slīpuma koeficients un aprēķināta konstantes K vērtība un norādīta pareiza lieluma dimensija ($m^2/(kg \cdot s^2)$ vai ekvivalents).

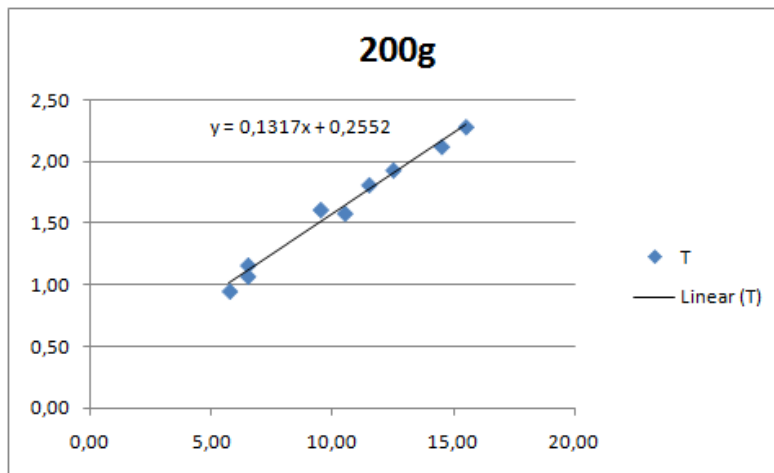
[1 punkts]

7. Izmantojot taisnes $T(R)$ slīpuma koeficientu nezināmās masas atsvaram, no grafika

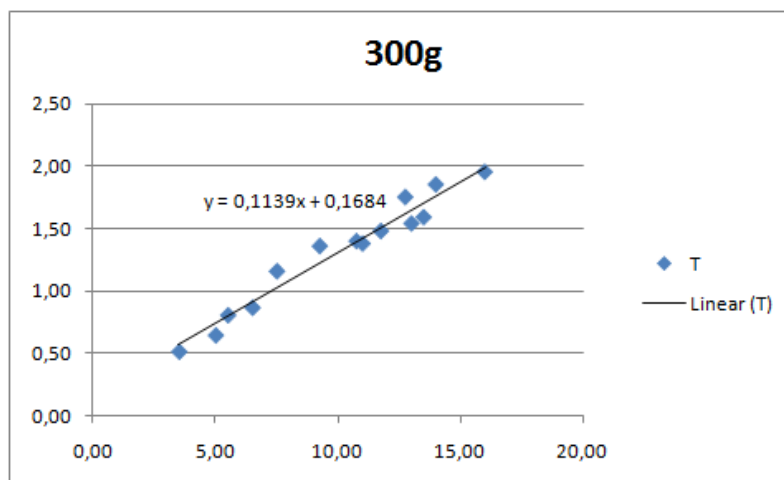
$$\left(\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha}\right)^2 = f(M)$$

noteikta nezināmā atsvara masa (aptuveni 270 ± 20 g) un novērtēta iegūtā rezultāta precizitāte.
[1 punkts]

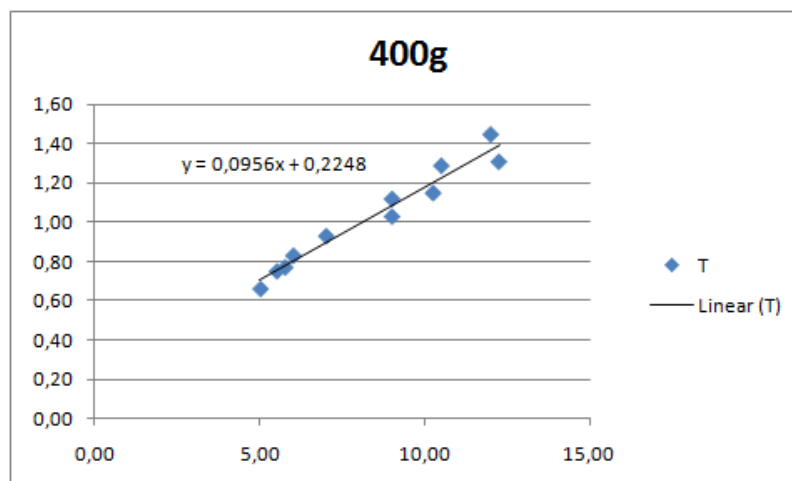
Eksperimentālo mērījumu rezultāti (piemērs):



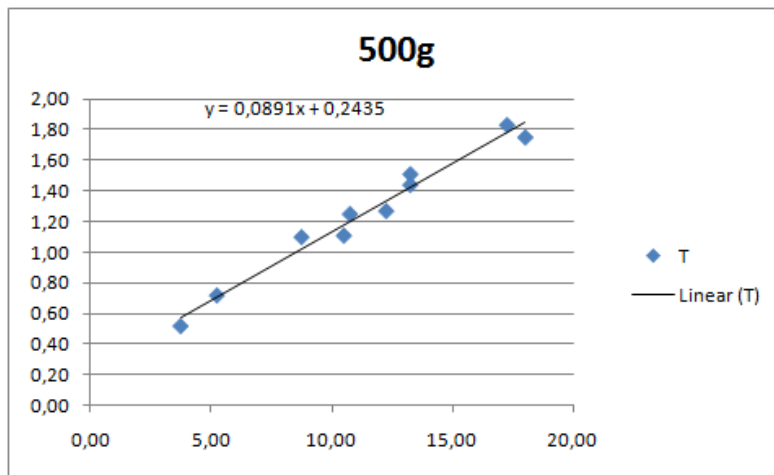
T(R) @ M=200g



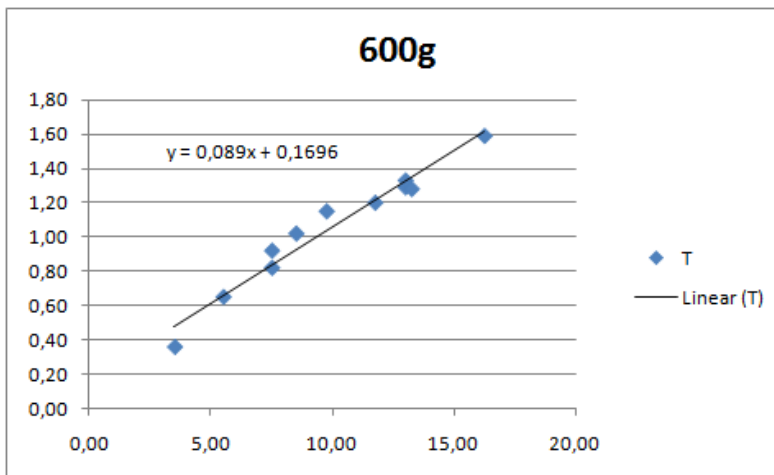
T(R) @ M=300g



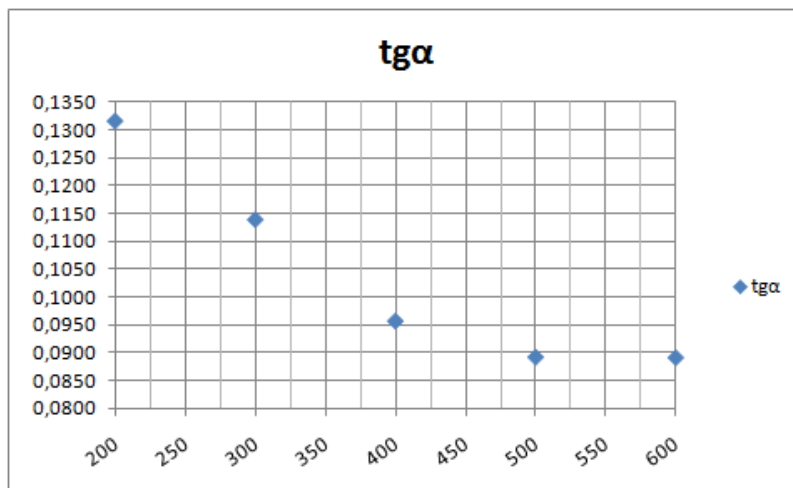
T(R) @ M=400g



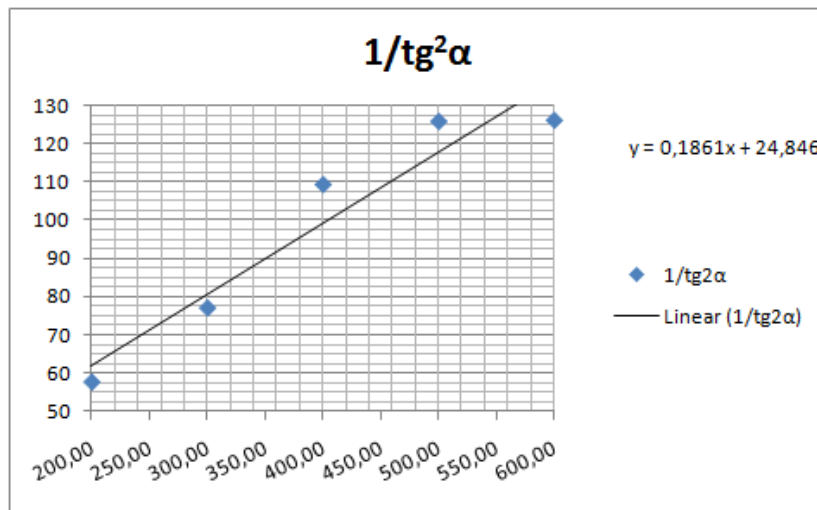
T(R) @ M=500g



T(R) @ M=600g



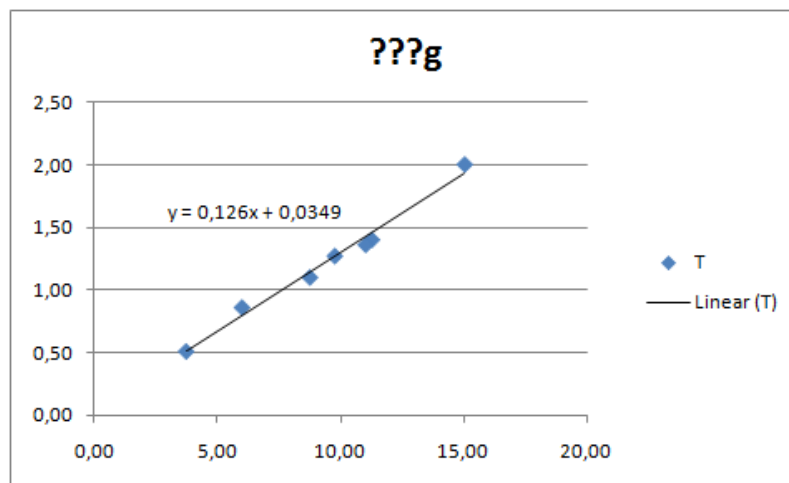
Taisnes slīpuma koeficienta atkarība no centrālā atsvara masas



Linearizēts šis pašas sakarības grafiks.

$$tg\beta = \frac{K}{4\pi^2}, K \approx 7.34 \frac{cm^2}{g \cdot s^2}$$

No šī grafika arī nosaka, ka nezināmās masas atsvara masa ir ap 215 g (patiesā masa ap 260 g).



T(R) sakarība nezināmās masas atsvaram