Розв’язки завдань II етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики.
7 клас.

1. Потяги рухаються назустріч, тому їх відносна швидкість $\upsilon=\upsilon_1+\upsilon_2=35$ м/с. Це означає, що вважаючи пасажира нерухомим, другий потяг рухається відносно нього з швидкістю 35 м/с. Тоді за 10 с повз нього проїде потяг довжиною $l=\upsilon\cdot t=35\text{м/с}\cdot 10\text{с}=350\text{м}$.

2. За одне коливання маятник пройде шлях $L = 4A$, де A – амплітуда коливань.

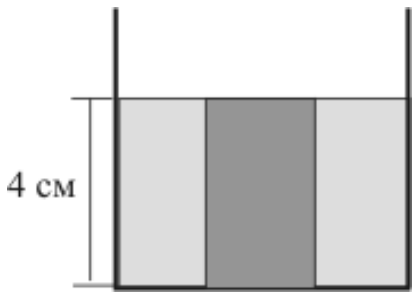
Кількість коливань $N=\frac{t}{T}$ $N=\frac{t}{T}$, де t – час руху, T – період коливань,. Тоді маятник пройде шлях: $s=N\cdot L=\frac{t}{T}\cdot 4A=\frac{2{,}5}{1}\cdot 4\cdot 5=50\text{ см}$.

$$L=\frac{t}{T}\cdot 4A=\frac{12}{8}\cdot 4\cdot 1{,}5\text{см}=9\text{см}$$

3. Нехай u – швидкість хлопчика, υ - швидкість ескалатора s – довжина ескалатора. Тоді в першому випадку: $u+\upsilon=\frac{s}{t_1}$ (1); в другому випадку: $2u+\upsilon=\frac{s}{t_2}$ (2). Час руху нерухомого хлопчика на ескалаторі $t_3=\frac{s}{\upsilon}$.

Віднявши почленно від (2) (1), отримаємо: $u=\frac{s}{t_1}-\frac{s}{t_2}$. $u=\frac{s}{60}-\frac{s}{45}$. $u=\frac{s}{180}$ (3). Підставивши (3) в (1), отримаємо: $\upsilon=\frac{s}{60}-\frac{s}{180}=\frac{s}{90}$. Тоді $t_3=90\text{ с}$.

4. Аналізуючи графік, видно, що на першій ділянці рівень рідини зростає швидше, а на другій повільніше. Це тому, що спочатку рідина заповнює простір між стінками посудини і циліндричним тілом, а потім, коли тіло повністю покриється рідиною, рідина заповнює лише посудину. Згин графіка в точці h=4 см, отже, можна зробити висновок, що висота металевого тіла 4 см. Доливання на другій ділянці ΔV =150 см^3 рідини збільшує висоту на Δh=2 см, отже площа дна посудини $S=\frac{\Delta V}{\Delta h}=75\text{ см}^2$.



Для висоти, коли тіло повністю покрите рідиною, h=4 см, можна записати: $Sh=V_{\text{тіла}}+V_{\text{рід}}$, де $V_{\text{рід}}$=100 см^3 (видно з графіка).

Тоді $V_{тіла}$=75 см^2 · 4 см – 100 см^3=200 см^3. Отже, об'єм тіла 200 см^3.

5. Період обертання секундної стрілки T = 1 хв = 60 с. Частота обертання $n = \frac{1}{T} = \frac{1}{60\,\text{с}} \approx 0{,}017\,\frac{\text{об}}{\text{с}}$. Швидкість кінця стрілки знайдемо за формулою $\upsilon = \frac{2\pi R}{T}$, де R – радіус кола, по якому рухається стрілка, тобто відстань від центра годинника до кінця стрілки, яку вимірюємо лінійкою. Оскільки масштаб 1:3, то істинний радіус буде втричі більший.

Розв'язки завдань II етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики.
8 клас.

1. Вага срібла у повітрі $P_п = mg = \rho_с Vg$ (1). Вага срібла у воді $P_в = P_п - F_А = P_п - \rho_{води} Vg$ (2). З рівняння (1) об'єм срібла $V = \frac{P_п}{\rho_с g}$. Підставимо у (2): $P_в = P_п - \rho_{води}\frac{P_п}{\rho_с g}g$; $P_в = P_п\left(1 - \frac{\rho_{води}}{\rho_с}\right)$

Після підстановки отримаємо: $P_в = 0{,}42\,\text{Н} \cdot \left(1 - \frac{1\,\frac{\text{г}}{\text{см}^3}}{10{,}5\,\frac{\text{г}}{\text{см}^3}}\right) = 0{,}38\,\text{Н}$.

2. Зміна потенціальної енергії каменя $\Delta E_п = m_2 gh$.

Кількість теплоти, потрібна на нагрівання води $Q = m_1 c(t - t_0)$. Оскільки $\Delta E_п = Q$, то $m_1 = \frac{m_2 gh}{c(t - t_0)}$.

Підставимо значення: $m_1 = \frac{84\,\text{кг} \cdot 10\,\frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 20\,\text{м}}{4200\,\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot {}^0\text{C}} \cdot 80\,{}^0\text{C}}$ =0,05 кг.

3. Відстань між містами $l = \upsilon_1 \cdot t = 72\,\text{км}$. Нехай ділянка, де не було ремонту l_1, а ділянка, де був ремонт l_2. Тоді $l_1 + l_2 = l$ (1). На ділянці з ремонтом швидкість υ_2=24 км/год. Δt = 12 хв=0,2 год. Тоді загальний час руху становить 1,2 год. З врахуванням руху з різними швидкостями можна записати $\frac{l_1}{\upsilon_1} + \frac{l_2}{\upsilon_2} = t + \Delta t$. Зробимо підстановку $\frac{l_1}{72} + \frac{l_2}{24} = 1{,}2$. Або $l_1 + 3l_2 = 86{,}4$ (2). З рівняння (1) $l_1 = 72 - l_2$. Підставимо в (2) $72 - l_2 + 3l_2 = 86{,}4$. Звідси l_2=7,2 км. Тоді час руху цією ділянкою $t_2 = \frac{l_2}{\upsilon_2} = 0{,}3\,\text{год} = 18\,\text{хв}$.

Альтернативний розв'язок: Ділянку, де робився ремонт, автомобіль їхав час t_2 з швидкістю υ_2=24 км/год. $l_2 = \upsilon_2 \cdot t_2 = 24 \cdot t_2$. Якби не було ремонту, він би її їхав час t_2 - Δt з швидкістю 72 км/год. Тобто $l_2 = 72 \cdot (t_2 - \Delta t)$. Отже $72 \cdot (t_2 - 0{,}2) = 24 \cdot t_2$. Звідси $t_2 = \frac{14{,}4}{48} = 0{,}3\,\text{год} = 18\,\text{хв}$. $l_2 = \upsilon_2 \cdot t_2 = 24 \cdot t_2 = 7{,}2\,\text{км}$.

4. Аналізуючи графік, можна сказати, що висоти рідин однакові і становлять по 4 см. Посудина циліндрична, отже однакові і об'єми рідин. На першій ділянці маса збільшувалась швидше, отже спочатку наливали рідину більшої густини, тобто мед, а потім олію. З графіка можна визначити, що маса посудини з медом становить 170,2 г, а маса посудини з медом і олією 217 г. Отже маса олії m_o=217 г – 170,2 г = 46,8 г. Тоді об'єм, який займає олія $V = \frac{m_o}{\rho_o} = 52\,\text{см}^3$. Оскільки висота шару олії 4 см, то площа дна посудини $S = \frac{V}{h} = 13\,\text{см}^2$. Об'єм меду 52 см^3, то його маса $m_м = \rho_м \cdot V = 70{,}2\,\text{г}$. Отже маса порожньої посудини $m_п$=170,2 г – 70,2 г = 100 г.

5. $F_т$=2 Н; $m = \frac{F_т}{g} = 0{,}2\ кг$; $V = \frac{m}{\rho_{св}} \approx 17{,}7\ см^3$. При зануренні кулі у воду її рівень повинен становити 37,7 см^3, а фактичний рівень з малюнка 37 см^3, отже випарувалась вода об'ємом 0,7 см^3, маса якої m_2 = 0,7 г=0,0007 кг. Куля тепло віддає, вода його приймає (вся вода об'ємом 20 см^3 (маса m_1 =20 г) нагрівається від 50 ^{0}С до 100 ^{0}С, і вода масою m_2 випаровується.

Рівняння теплового балансу: $mc_{св}\Delta t = m_1 c_в (100-50) + m_2 r_в$. Звідси $\Delta t = \dfrac{m_1 c_в (100-50) + m_2 r_в}{mc_{св}}$. Після підстановки $\Delta t \approx 208\ ^0$C. Оскільки куля охолоджувалася до 100 ^{0}C, то її початкова температура 308 ^{0}C.

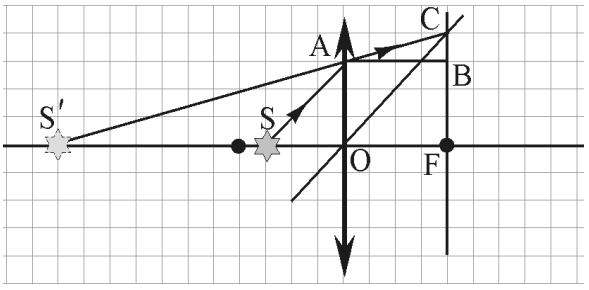
Розв'язки завдань II етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики.
9 клас.

1. Початкова сила натягу нитки $F_0 = mg = 0{,}01\ \text{кг} \cdot 10\dfrac{\text{Н}}{\text{кг}} = 0{,}1\ \text{Н}$.

Запишемо закон Кулона для кульок: $F = k\dfrac{|q_1|\cdot|q_2|}{r^2}$. Підставивши значення фізичних величин отримаємо: $F_1 = 9\cdot 10^9\dfrac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{Кл}^2}\cdot\dfrac{0{,}4\cdot 10^{-6}\ \text{Кл}\cdot 10^{-6}\ \text{Кл}}{0{,}04\ \text{м}^2}$ =0,09 Н. Оскільки заряди однойменні, то кульки відштовхуються, отже сила натягу нитки зменшиться і становитиме $F=F_0-F_1$=0,01 Н.

2. Вертикальне магнітне поле означає, що магнітні лінії цього поля мають вертикальний напрям. По стержню проходить струм перпендикулярно до рейок, то сила Ампера буде діяти вздовж рейок. Вздовж рейок також діятиме сила тертя. Стержень почне рухатись, якщо сила Ампера стане рівною силі тертя: $F_А=F_{тер}$. Оскільки $F_А = BIl$, а $F_{тер} = \mu mg$, то $BIl = \mu mg$. Звідси $I = \dfrac{\mu mg}{Bl}$. Підставивши числові значення, отримаємо: $I = \dfrac{0{,}02\cdot 0{,}5\ \text{кг}\cdot 10\dfrac{\text{Н}}{\text{кг}}}{0{,}5\ \text{Тл}\cdot 0{,}5\ \text{м}} = 0{,}4\ \text{А}$.

3. Спосіб 1. Побудуємо хід цього променя після заломлення в лінзі. Зображенням точки S буде точка S′. Кут OS′A буде шуканим кутом β. З малюнка видно, що він дорівнює куту BAC.



AB=F=10 см. ∠OSA=∠FOC=45^0. Отже, FC=10 см, OA=BF=7,5 см, тоді BC=2,5 см. З трикутника BAC $tg\ BAC = \frac{BC}{AB} = \frac{2,5}{10} = 0,25$. Тоді $\beta = arctg\ 0,25$.

Спосіб 2. Оскільки точка S розміщена між лінзою і фокусом, то зображення S′ уявне. Формула лінзи для цього випадку $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$, де d = OS. Звідси $f = \frac{F-d}{Fd} = 30\,\text{см}$. OS′=$f$. Оскільки ∠OSA=45^0, то OA=OS=7,5 см. З трикутника OS′A знаходимо $tg\ OS'A = \frac{OA}{OS'} = \frac{7,5}{30} = 0,25$. Тоді $\beta = arctg\ 0,25$.

4. Згідно умови, а також як видно з графіка, початкова температура 0 ^{0}C. Спочатку лід розтавав, температура не змінювалася, а потім вся вода, що була і та, що утворилася з льоду почала нагріватися. З графіка бачимо, що з третьої до четвертої хвилини, тобто за 1 хвилину вода нагрілася на 6^0 C. Отже з 0 ^{0}C до 3 ^{0}C вода нагрівалася протягом 0,5 хв. Це означає, що лід розтавав протягом часу t=2,5 хв =150 с.

Отже $Pt = \lambda \cdot m_л$. $m_л = \frac{P \cdot t}{\lambda} = 0,15$ кг. Оскільки нагрівник працює однаково то при нагріванні всієї води на 3 ^{0}C за час 0,5 хв можна записати: $P \cdot t_1 = mc\Delta t$.

$m = \frac{P \cdot t_1}{c\Delta t} \approx 0,8$ кг. Отже початкова маса води була $m - m_л$=0,65 кг.

5. З формули $R = \rho \frac{l}{S}$ питомий опір провідника $\rho = \frac{RS}{l}$, де R – опір провідника $R = \frac{U}{I}$, l – довжина провідника, S – площа поперечного перерізу $S = \frac{\pi d^2}{4}$. Тоді $\rho = \frac{U\pi d^2}{4Il}$.

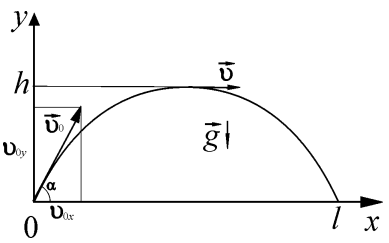
Згідно малюнка I = 0,7 А, U = 6 В, l = 1 м, d = 0,4 мм.

Тоді після підстановки значень $\rho \approx 1,08 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$.

Розв'язки завдань II етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики.
10 клас.

1. Супутник рухається по коловій орбіті під дією сили всесвітнього тяжіння $F = G\frac{M \cdot m}{(R+h)^2}$, де M – маса планети, m – маса супутника, R – радіус планети. Супутник рухається з доцентровим прискоренням $a = \frac{\upsilon^2}{(R+h)}$. Згідно II закону Ньютона $m\frac{\upsilon^2}{(R+h)} = G\frac{M \cdot m}{(R+h)^2}$. Звідси $\upsilon^2 = G\frac{M}{R+h}$ (1). Прискорення вільного падіння на поверхні планети $g = G\frac{M}{R^2}$ (2), З рівнянь (1) і (2) отримаємо $g = \frac{\upsilon^2(R+h)}{R^2}$. Після підстановки g=4 м/с^2.

2. Виконаємо малюнок. Початок координат пов'яжемо з точкою кидання. В напрямку осі Оx рух рівномірний: $\upsilon_x = \upsilon_{0x} = \upsilon_0 \cdot \cos\alpha$. $l = \upsilon_x t$.



Тіло рухається по параболі. У вертикальному напрямку рух рівноприскорений. Проекція початкової швидкості на вісь Оy: $\upsilon_{0y} = \upsilon_0 \cdot \sin\alpha$. У точці найбільшого підйому υ_y=0. Тому $h = \frac{0-\upsilon_{0y}^2}{-2g} = \frac{0-\upsilon_0^2 \cdot \sin^2\alpha}{-2g}$. Звідси $\upsilon_0 = \sqrt{\frac{2gh}{\sin^2\alpha}}$ (1). Після підстановки $\upsilon_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot 10\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 17\text{ м}}{0{,}5}} \approx 26{,}1\frac{\text{м}}{\text{с}}$. Час підйому t_1 можна знайти із співвідношення $\upsilon_y = \upsilon_{0y} - gt_1$.

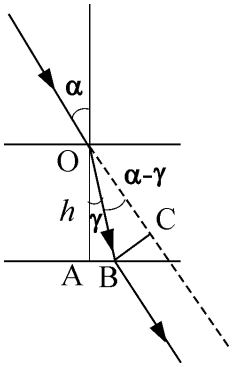
$t_1 = \frac{\upsilon_0 \sin\alpha}{g}$ (2). Тоді весь час польоту $t = 2t_1 = \frac{2\upsilon_0 \sin\alpha}{g}$ (2).

$t = \frac{2 \cdot 26{,}1 \frac{м}{с} \cdot 0{,}7}{10 \frac{м}{с^2}} \approx 3{,}66$ с. Дальність польоту $l = \upsilon_0 \cdot \cos\alpha \cdot t$ (3).

$l = 26{,}1 \frac{м}{с} \cdot 0{,}7 \cdot 3{,}66$ с ≈ 67 м.

В цьому розв'язку знаходяться проміжні результати, такі як початкова швидкість, час польоту. Можна було б знайти загальний розв'язок, підставивши вирази (1) і (2) в (3).

$l = \sqrt{\frac{2gh}{\sin^2\alpha}} \cdot \cos\alpha \cdot 2 \cdot \sqrt{\frac{2gh}{\sin^2\alpha}} \cdot \frac{\sin\alpha}{g} = \frac{4h}{\mathrm{tg}\alpha}$. l=68 м. *Різні результати тому, що в першому випадку обчислення наближені.*



3. Закон заломлення: $n = \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma}$. Звідси $\sin\gamma = \frac{\sin\alpha}{n} = \frac{0{,}8}{1{,}6} = 0{,}5$. $\gamma = 30^0$. Промінь, що вийшов з пластинки, паралельний до падаючого. ВС – зміщення променя. З трикутника ОВС OB= $\frac{BC}{\sin(\alpha-\gamma)} = \frac{2\text{ см}}{\sin 24^0} = 5$ см. Товщина пластинки h=OA= $OB \cdot \cos\gamma$ =5 см $\cdot$ 0,86=4,3 см.

4. Сили, що діють на тіло: $M\vec{g}$ – сила тяжіння, $\vec{F}_{пр}$ – сила пружності, $\vec{N}$ –сила реакції опори, яка чисельно рівна силі тиску вантажу на опору $\vec{F}_T$.

$F_T = N$ (1). Виходячи з умови: $Mg = N + F_{пр}$ (2). З рівностей (1) та (2) отримаємо: $F_T = Mg - F_{пр}$ (3). Згідно закону Гука $|F_{пр}| = kx$ маємо: $F_T = Mg - kx$ (4), де $x = \upsilon t$ – видовження пружини.

$\upsilon = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2\pi \cdot 0{,}05\text{ м}}{10\pi\text{ с}} = 0{,}01 \frac{м}{с}$.

З графіка бачимо, що в момент часу 10 с сила тиску вантажу дорівнює нулю, отже $Mg = kx$. Після підстановки $Mg = 10\frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 0{,}01\frac{м}{c} \cdot 10c$. Звідси M=0,1 кг. Підставивши дані в (4), отримаємо:
$F_T = -0{,}1t + 1$ (Н). Отже, в момент часу 5 с $F_т$=0,5 Н.

5. Із закону збереження енергії $\frac{m\upsilon_{\max}^2}{2} = \frac{kx_{\max}^2}{2}$. $\upsilon_{\max} = x_{\max}\sqrt{\frac{k}{m}}$. З малюнків 2 і 3 x_{max}=2 см. Положення рівноваги відповідає позначці 18 см. Отже, підвішений тягарець розтягує гумову стрічку на x=5 см згідно малюнка 1 і виконується рівність $mg = kx$. Звідси $\frac{k}{m} = \frac{g}{x}$. $\upsilon_{\max} = x_{\max}\sqrt{\frac{g}{x}} =$ 0,28 м/с.

Розв'язки завдань II етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики.
11 клас.

1. Потужність, яку споживає резистор $P = I^2R$. Із закону Ома для повного кола сила струму $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$. Тоді
$P = \frac{\varepsilon^2 R}{(R+r)^2} = \frac{\varepsilon^2 R}{R^2 + 2Rr + r^2}$. Додавши і віднявши у знаменнику вираз $2Rr$, можна записати: $P = \frac{\varepsilon^2 R}{(R^2 - 2Rr + r^2) + 4Rr} = \frac{\varepsilon^2 R}{(R-r)^2 + 4Rr}$. Значення потужності буде максимальним, коли знаменник прийме найменше значення. Це буде за умови, коли $(R-r)^2 = 0$ або R=r=0,75 Ом. Тоді
$P = \frac{20{,}25\ \text{В}^2 \cdot 0{,}75\ \text{Ом}}{2{,}25\ \text{Ом}^2} = 6{,}75\ \text{Вт}$.

2. Миттєве значення енергії електричного поля $W_{ел} = \frac{Cu^2}{2}$.
Миттєве значення енергії магнітного поля $W_м = \frac{Li^2}{2}$.

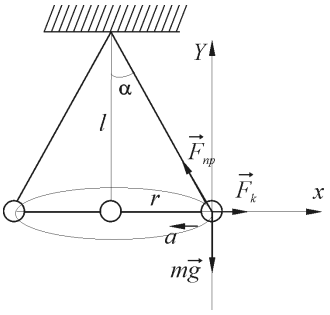
Повна енергія в контурі дорівнює сумі цих енергій

$$W_n = \frac{Cu^2}{2} + \frac{Li^2}{2} = \frac{24\cdot 10^{-6}\,\text{Ф}\cdot 400\,\text{В}^2}{2} + \frac{0{,}02\,\text{Гн}\cdot 0{,}25\,\text{А}^2}{2}.\quad W_n = 7{,}3\cdot 10^{-3}\,\text{Дж}.$$

Повна енергія дорівнює максимальній енергії електричного поля.

$$W_n = W_{\max.ел} = \frac{CU^2_{\max}}{2}.\ \text{Звідси}\quad U_{\max} = \sqrt{\frac{2W_n}{C}}.\quad U_{\max} = \sqrt{\frac{2\cdot 7{,}3\cdot 10^{-3}\,\text{Дж}}{24\cdot 10^{-6}\,\text{Ф}}} \approx 24{,}7\,\text{В}.$$

3. Зобразимо сили, які діють на кульки і запишемо II закон Ньютона в проекціях на осі.



Ox: $m\omega_1^2 r = F_{пр}\sin\alpha - F_k$ (1); Oy: $mg = F_{пр}\cos\alpha$ (2).

Після того, як заряд змінили, зміниться запис II закону Ньютона в проекції на горизонтальну вісь:

$m\omega_2^2 r = F_{пр}\sin\alpha + F_k$ (3). Додаємо рівняння (1) і (3).

$mr(\omega_2^2 + \omega_1^2) = 2F_{пр}\sin\alpha$ (4). З рівняння (2) визначаємо силу пружності і підставляємо в (4). $mr(\omega_2^2 + \omega_1^2) = 2mg\text{tg}\alpha$.

З прямокутного трикутника $r = l\text{tg}\alpha$. Остаточно $l = \dfrac{2g}{(\omega_2^2 + \omega_1^2)} = 0{,}8$ м.

4. Сили, що діють на тіло: $M\vec{g}$ – сила тяжіння, $\vec{F}_{пр}$ – сила пружності, $\vec{N}$ –сила реакції опори, яка чисельно рівна силі тиску вантажу на опору $\vec{F}_T$.

$F_T = N$ (1). Виходячи з умови: $Mg = N + F_{пр}$ (2). З рівностей (1) та (2) отримаємо: $F_T = Mg - F_{пр}$ (3). Згідно закону Гука $|F_{пр}| = kx$ маємо:

$F_T = Mg - kx$ (4), де $x = \upsilon t$ – видовження пружини.

$$\upsilon = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2\pi\cdot 0{,}05\,\text{м}}{10\pi\,\text{с}} = 0{,}01\frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

З графіка бачимо, що в момент часу 10 с сила тиску вантажу дорівнює нулю, отже $Mg = kx$. Після підстановки $Mg = 10\frac{\text{Н}}{\text{м}}\cdot 0{,}01\frac{м}{с}\cdot 10c$. Звідси M=0,1 кг.

Підставивши дані в (4), отримаємо:

$F_T = -0{,}1t + 1$ (Н). Отже, в момент часу 5 с $F_т$=0,5 Н.

5. Рівняння Клапейрона $\frac{p_1V_1}{T_1}=\frac{p_2V_2}{T_2}$, де p_1=$p_{атм}$=993 гПа=99300 Па, T_1=87+273=360 К.

$V_1 = S \cdot h_1$, $V_2 = S \cdot h_2$. На смужці паперу поставити відмітки біля стовпчика повітря в запаяній частині трубки і піднести її до зображеної лінійки, визначивши таким чином висоту стовпчика повітря. $h_1 \approx$ 2,4 см. Аналогічно визначаємо $h_2 \approx$ 2 см і різницю рівнів ртуті у другому випадку. $x \approx$ 0,8 см.

Тоді можна визначити тиск у другому випадку. $p_2 = p_1 - \rho_{рт.}gx$. Після підстановки p_2 = 98212 Па. $T_2=\frac{T_1p_2V_2}{p_1V_1}=\frac{T_1p_2h_2}{p_1h_1}$. $T_2 \approx$ 296 К=23 ^{0}С.