

**Физикадан РО облыстық кезеңі есептерінің шешімдері (2022-2023 оқу жылы)**  
**10 сынып**

**Есеп\_1 [8 ұпай].**

Ілгерілемелі қозғалыс теңдеуін жазамыз

$$(m + M)a = (m + M)g - 2T$$

Айналымалы қозғалыс теңдеуін жазамыз

$$(MR^2/2 + mr^2/2)d\omega/dt = 2rT.$$

Бұрыштық және сызықтық үдеулердің арасындағы байланысты жазамыз

$$d\omega/dt = a/r$$

Үднуді табамыз

$$a = 2(m + M)r^2g/[2(m + M)r^2 + mr^2 + MR^2].$$

$m \ll M$  екендігін ескереміз

$$a = 2r^2g/(R^2 + 2r^2).$$

Мазмұны	Ұпайлар
$(m + M)a = (m + M)g - 2T$	1
$(MR^2/2 + mr^2/2)d\omega/dt = 2rT.$	3
$d\omega/dt = a/r$	1
$a = 2(m + M)r^2g/[2(m + M)r^2 + mr^2 + MR^2].$	2
$a = 2r^2g/(R^2 + 2r^2).$	1
<b>Барлығы</b>	<b>8,0</b>

## Есеп\_2 [7 ұпай].

Қарастырылып отырылғант процеске термодинамиканың бірінші заңын қолданамыз

$$Q = \Delta U + A, \quad (1)$$

мұндағы  $Q$  – поршень  $2h$  биіктікке көтерілу үшін газға берілетін жылу мөлшері;  $\Delta U$  – осы процесегі газдың ішкі энергиясының өзгерісі;  $A$  – оның жұмысы. Газ біратомды болғандықтан

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T \quad (2)$$

Менделеев-Клайперон теңдеуі

$$PV = \nu RT \quad (3)$$

(3) теңдеуді қолдана отырып (2)-теңдеуді қайта жазамыз:

$$\Delta U = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) \quad (4)$$

мұндағы  $p_2 V_2$  және  $p_1 V_1$  – газдың соңғы және бастапқы қысымдары мен оның көлемдері. Есептің шарты бойынша  $V_1 = Sh$ ,  $V_2 = 3Sh$  ( $S$  – ыдыс қимасының ауданы). Бастапқы қысымды поршеннің тепе-теңдік шартынан табамыз

$$p_1 = p_0 + \frac{mg}{S} \quad (5)$$

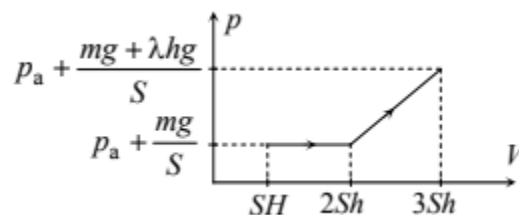
Процесс соңында газдың қысымы

$$p_2 = p_0 + \frac{mg + \mu hg}{S} \quad (6)$$

Ішкі энергияның өзгерісі

$$\Delta U = \frac{3}{2} (2mgh + 3\mu h^2 g + 2p_0 V_2 - 2p_0 V_1) \quad (7)$$

Қысымның көлемнен тәуелділік графигінен жұмысты, графиктің астындағы аудан түрінде табамыз.



$$A = 2 \left( p_0 + \frac{mg}{S} \right) Sh + \frac{\mu h^2 g S}{2} \quad (8)$$

Соңында (1), (7) және (8) формулаларды қолдана отырып, қарастырылып отырылған процесте газға берілетін жылу мөлшерін анықтаймыз

$$Q = 5h(mg + p_0S + \mu gh) \quad (9)$$

Мазмұны	Ұпайлар
$Q = \Delta U + A$	0,5
$PV = \nu RT$	0,5
$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$	0,5
$\Delta U = \frac{3}{2}(p_1V_1 - p_0V_0)$	0,5
$p = p_0 + \frac{mg}{S}$	1
$p = p_0 + \frac{mg + \mu hg}{S}$	1
$\Delta U = \frac{3}{2}(2mgh + 3\mu h^2g + 2p_0Sh)$	1
$A = 2\left(p_0 + \frac{mg}{S}\right)Sh + \frac{\mu h^2gS}{2}$	1
$Q = 5h(mg + p_0S + \mu gh)$	1
<b>Барлығы</b>	<b>7,0</b>

### Есеп\_3 [8 ұпай].

Кеңістікті үш аймаққа бөлеміз: бірінші аймақ  $x \leq -L$ , екінші аймақ  $-L < x < L$ , үшінші аймақ  $x \geq L$ .

Екінші аймақта бөлшек тұрақты  $v_0$  жылдамдығымен қозғалады, сондықтан координат басынан  $L$  нүктесіне дейін бөлшектің қозғалатын уақыты:

$$t_1 = L/v_0 \quad (1)$$

Бірінші және үшінші аймақтарда бөлшек гармоникалық тербелістің жарты бөлігін орындайды, өйткені, бөлшекке квази-серпімді электр өрісінің күші әсері етеді. Үшінші аймақтағы қозғалыс теңдеуі:

$$ma = -\alpha qx \quad (2)$$

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0, \quad \text{где } \omega^2 = \frac{\alpha q}{m} \quad (3)$$

$$x = L + x_m \sin(\omega t) \quad (4)$$

$$v = v_0 \cos(\omega t) \quad (5)$$

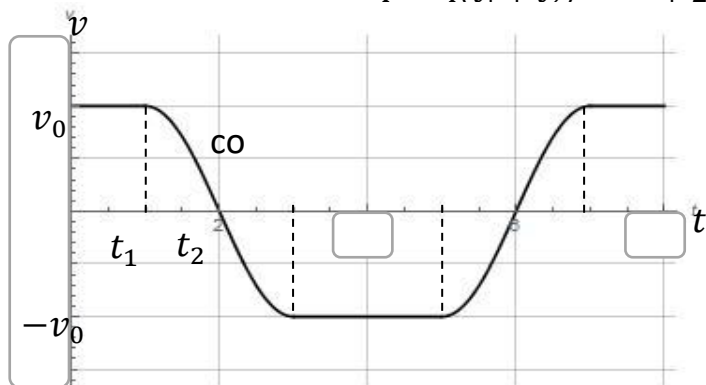
$$v_0 = x_m \omega \rightarrow x_m = v_0 \sqrt{\frac{m}{\alpha q}} \quad (6)$$

Яғни,  $L$  нүктесінен бөлшектің  $x_m$  нүктесінде тоқтағанға дейінгі қозғалыс уақыты

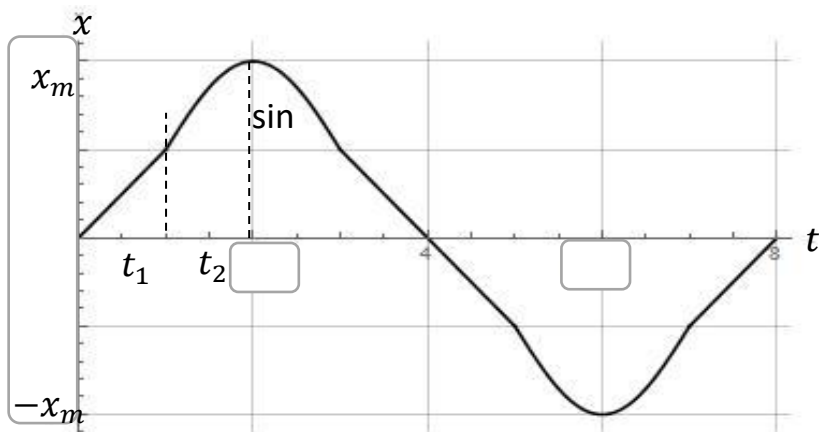
$$t_2 = \frac{T_2}{4} = \frac{\frac{2\pi}{\omega}}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{\alpha q}} \quad (7)$$

Есептің симметриясына байланысты, бөлшектің тербеліс периоды

$$T = 4(t_1 + t_2) = \frac{4L}{v_0} + 2\pi \sqrt{\frac{m}{\alpha q}} \quad (8)$$



1-ші график



2-ші график

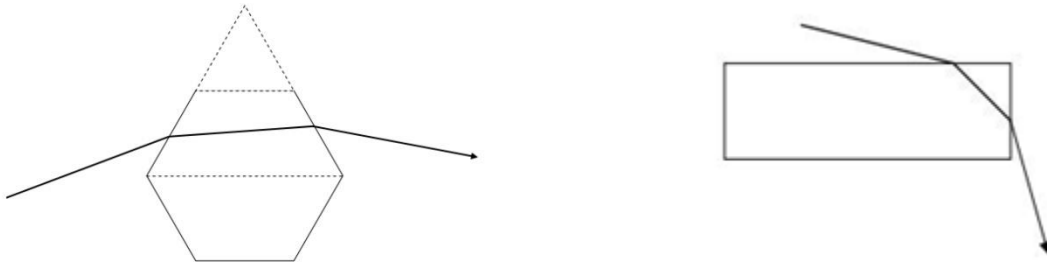
$L = 0$  кезінде:

1. Жылдамдықтың уақытқа тәуелділік графигі — косинус.
2. Координаттың уақытқа тәуелділік графигі — синус.
3. Тербеліс периоды  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\alpha q}}$ .

Мазмұны	Ұпайлар
Формула (1) $t_1 = L/v_0$	0,5
Формула (2) $ma = -\alpha qx$	0,5
Формула (3) $\ddot{x} + \omega^2 x = 0$ , бұл жерде $\omega^2 = \frac{\alpha q}{m}$	0,5
Формула (4) $x = L + x_m \sin(\omega t)$	0,5
Формула (5) $v = v_0 \cos(\omega t)$	0,5
Формула (6) $v_0 = x_m \omega \rightarrow x_m = v_0 \sqrt{\frac{m}{\alpha q}}$	0,5
Формула (7) $t_2 = \frac{T_2}{4} = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{\alpha q}}$	0,5
1-ші график	1
2-ші график	1
Формула (8) $T = 4(t_1 + t_2) = \frac{4L}{v_0} + 2\pi \sqrt{\frac{m}{\alpha q}}$	1
$L = 0$ болғанда. Жылдамдықтың уақытқа тәуелді графигі — косинус. (сурет)	0,5
$L = 0$ болғанда. Координаттың уақытқа тәуелділік графигі — синус. (сурет)	0,5
$L = 0$ болғанда. Период $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\alpha q}}$ .	0,5
<b>Барлығы</b>	<b>8,0</b>

#### Есеп\_4 [7 ұпай].

1. Бірінші рет сынған кезде сәуле  $\alpha_1 - \beta_1$  бұрышына ауытқиды. Екінші рет сынған кезде сәуле қосымша  $\alpha_2 - \beta_2$  бұрышқа ауытқиды. Онда толық ауытқу бұрышы  $\delta = \alpha_1 - \beta_1 + \alpha_2 - \beta_2$ .
2. Жарық сәулелерінің қайтымдылығының нәтижесінде, сәуле призмаға  $\alpha_1$  бұрышпен түссе де, сондай-ақ  $\alpha_2$  бұрышпен түссе де  $\delta$  ауытқу бұрышы бірдей болады. Ауытқу бұрышының минимальды мәні тек бір ғана  $\alpha_{\min} = \alpha_1 = \alpha_2$  мәнінде орын алады, яғни жарық симметриялы түрде қозғалады. Онда  $\beta_1 = \beta_2 = \omega/2$ , жарықтың сыну заңын қолдана отырып,  $\sin(\alpha_{\min}) = n \sin(\omega/2)$  және  $\delta_{\min} = 2\arcsin(n \sin(\omega/2)) - \omega$  мәндерін анықтаймыз.
3. Гало сақиналары, айырық бұрыштары  $60^\circ$  және  $90^\circ$  бұрыш болатын призмалар үшін минимальды ауытқу бұрыштарына сәйкес келеді. Онда біз гало үшін бұрыштық радиустардың  $21,8^\circ$  және  $45,7^\circ$  екенін анықтаймыз.
4. Галоньң сыртқы бөлігі күлгін түсті, демек күлгін сәулелер, қызыл сәулелерге қарағанда күштірек сынады. Сондықтан да қызыл сәулелер үшін сыну көрсеткіші, күлгін сәулелердің сыну көрсеткішінен аз болады.



Мазмұны	Ұпайлар
$\delta = \alpha_1 - \beta_1 + \alpha_2 - \beta_2$	1
Сәуленің минимальды ауытқу бұрышының мәніндегі симметрия идеясы үшін	1
Снелл заңы үшін.	0,5
$\sin(\alpha_{\min}) = n \sin(\omega/2)$	1
$\delta_{\min} = 2\arcsin(n \sin(\omega/2)) - \omega$	1
Бұрыштық радиустың $21,8^\circ$ мәні үшін	1
Бұрыштық радиустың $45,7^\circ$ мәні үшін	1
Қызыл сәулелер үшін сыну көрсеткіші, күлгін сәулелердің сыну көрсеткішінен аз болады.	0,5
<b>Барлығы</b>	<b>7,0</b>

**Решение задач областного этапа РО по физике (2022-2023 учебный год)**  
**10 класс**

**Задача 1 [8 баллов].**

Запишем уравнение поступательного движения

$$(m + M)a = (m + M)g - 2T$$

Запишем уравнение вращательного движения

$$(MR^2/2 + mr^2/2)d\omega/dt = 2rT.$$

Запишем связь углового и поступательного ускорений

$$d\omega/dt = a/r$$

Находим ускорение

$$a = 2(m + M)r^2g/[2(m + M)r^2 + mr^2 + MR^2].$$

Учтем, что  $m \ll M$

$$a = 2r^2g/(R^2 + 2r^2).$$

Содержание	Баллы
$(m + M)a = (m + M)g - 2T$	1
$(MR^2/2 + mr^2/2)d\omega/dt = 2rT.$	3
$d\omega/dt = a/r$	1
$a = 2(m + M)r^2g/[2(m + M)r^2 + mr^2 + MR^2].$	2
$a = 2r^2g/(R^2 + 2r^2).$	1
<b>Всего</b>	<b>8,0</b>

## Задача 2 [7 баллов].

Применим к рассматриваемому процессу первый закон термодинамики

$$Q = \Delta U + A, \quad (1)$$

где  $Q$  – количество теплоты, которое необходимо сообщить газу, чтобы поршень поднялся на высоту  $2h$ ;  $\Delta U$  – приращение внутренней энергии газа в этом процессе;  $A$  – его работа. Так как газ – одноатомный, то

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T \quad (2)$$

Уравнение Менделеева-Клайперона

$$PV = \nu RT \quad (3)$$

Перезапишем уравнение (2) используя (3):

$$\Delta U = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) \quad (4)$$

где  $p_2 V_2$  и  $p_1 V_1$  – конечные и начальные давления газа и его объемы. По условию задачи  $V_1 = Sh$ ,  $V_2 = 3Sh$  ( $S$  – площадь сечения сосуда). Начальное давление определим из условий равновесия поршня

$$p_1 = p_0 + \frac{mg}{S} \quad (5)$$

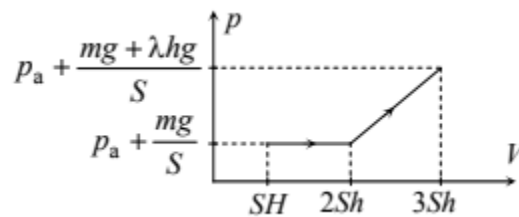
В конце процесса давление газа примет вид

$$p_2 = p_0 + \frac{mg + \mu hg}{S} \quad (6)$$

Тогда изменение внутренней энергий

$$\Delta U = \frac{3}{2} (2mgh + 3\mu h^2 g + 2p_0) \quad (7)$$

Работу газа найдем по графику зависимости давления газа от его объема в рассматриваемом процессе, как площадь под графиком.



$$A = 2 \left( p_0 + \frac{mg}{S} \right) Sh + \frac{\mu h^2 g S}{2} \quad (8)$$



В результате из формул (1), (7) и (8) получаем количество теплоты, которое надо подвести к газу в рассматриваемом процессе

$$Q = 5h(mg + p_0S + \mu gh) \quad (9)$$

Содержание	Баллы
$Q = \Delta U + A$	0,5
$PV = \nu RT$	0,5
$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$	0,5
$\Delta U = \frac{3}{2}(p_1V_1 - p_0V_0)$	0,5
$p = p_0 + \frac{mg}{S}$	1
$p = p_0 + \frac{mg + \mu hg}{S}$	1
$\Delta U = \frac{3}{2}(2mgh + 3\mu h^2g + 2p_0Sh)$	1
$A = 2\left(p_0 + \frac{mg}{S}\right)Sh + \frac{\mu h^2gS}{2}$	1
$Q = 5h(mg + p_0S + \mu gh)$	1
<b>Всего</b>	<b>7,0</b>

**Задача 3 [8 баллов].**

Разделим пространство на три региона: первый регион  $x \leq -L$ , второй регион  $-L < x < L$ , третий регион  $x > L$ .

Во втором регионе частица движется с постоянной скоростью  $v_0$ , поэтому время движения частицы от начала координат до точки  $L$  равно

$$t_1 = L/v_0 \quad (1)$$

В первом и третьем регионах частица совершает половину гармонического колебания, так как на частицу действует квази-упругая сила электрического поля. Уравнение движения для третьего региона

$$ma = -\alpha qx \quad (2)$$

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0, \quad \text{где } \omega^2 = \frac{\alpha q}{m} \quad (3)$$

$$x = L + x_m \sin(\omega t) \quad (4)$$

$$v = v_0 \cos(\omega t) \quad (5)$$

$$v_0 = x_m \omega \rightarrow x_m = v_0 \sqrt{\frac{m}{\alpha q}} \quad (6)$$

То есть, время движения частицы от точки  $L$  до остановки в точке  $x_m$

$$t_2 = \frac{T_2}{4} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{\alpha q}} \quad (7)$$

Из симметрии задачи, период колебания частицы равен

$$T = 4(t_1 + t_2) = \frac{4L}{v_0} + 2\pi \sqrt{\frac{m}{\alpha q}} \quad (8)$$

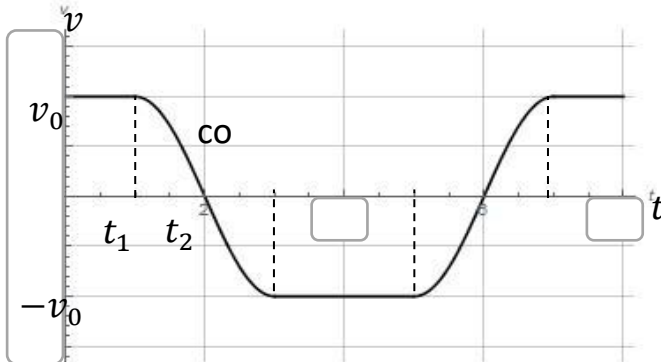


График 1.

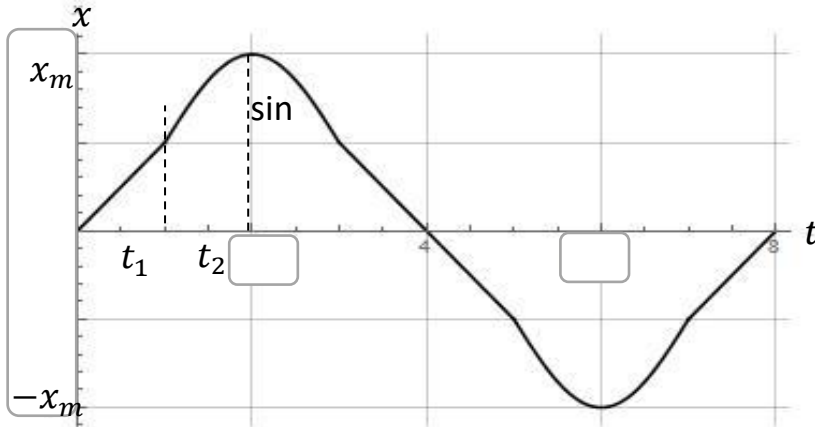


График 2.

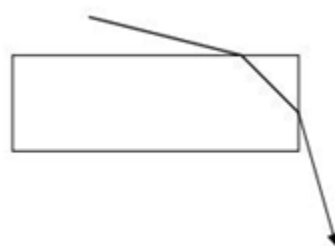
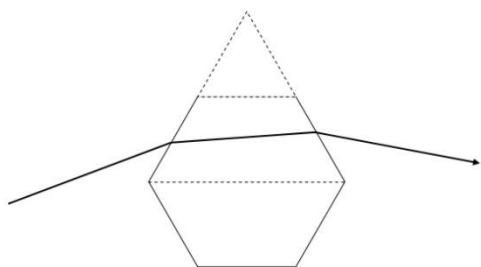
При  $L = 0$ .

1. График скорости от времени — косинус.
2. График координаты от времени — синус.
3. Период равен  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\alpha q}}$ .

Содержание	Баллы
Формула (1) $t_1 = L/v_0$	0,5
Формула (2) $ma = -\alpha qx$	0,5
Формула (3) $\ddot{x} + \omega^2 x = 0$ , где $\omega^2 = \frac{\alpha q}{m}$	0,5
Формула (4) $x = L + x_m \sin(\omega t)$	0,5
Формула (5) $v = v_0 \cos(\omega t)$	0,5
Формула (6) $v_0 = x_m \omega \rightarrow x_m = v_0 \sqrt{\frac{m}{\alpha q}}$	0,5
Формула (7) $t_2 = \frac{T_2}{4} = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{\alpha q}}$	0,5
График 1	1
График 2	1
Формула (8) $T = 4(t_1 + t_2) = \frac{4L}{v_0} + 2\pi \sqrt{\frac{m}{\alpha q}}$	1
При $L = 0$ . График скорости от времени — косинус. (рисунок)	0,5
При $L = 0$ . График координаты от времени — синус. (рисунок)	0,5
При $L = 0$ . Период равен $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\alpha q}}$ .	0,5
<b>Всего</b>	<b>8,0</b>

**Задача 4 [7 баллов].**

1. После первого преломления луч отклонён на  $\alpha_1 - \beta_1$ . После второго преломления луч отклонился дополнительно на  $\alpha_2 - \beta_2$ . Тогда полный угол отклонения  $\delta$  равен  $\alpha_1 - \beta_1 + \alpha_2 - \beta_2$ .
2. Благодаря обратимости световых лучей, одинаковый угол отклонения  $\delta$  может быть достигнут при падении луча на призму как под углом  $\alpha_1$  так и под углом  $\alpha_2$ . Так как минимальный угол отклонения может быть достигнут только при одном значении  $\alpha_{\min} = \alpha_1 = \alpha_2$ , то есть свет движется симметрично. Тогда  $\beta_1 = \beta_2 = \omega/2$ , следовательно из закона преломления света  $\sin(\alpha_{\min}) = n \sin(\omega/2)$  и  $\delta_{\min} = 2\arcsin(n \sin(\omega/2)) - \omega$ .
3. Кольца гало соответствуют минимальным углам отклонения для призм с углом раствора  $60^\circ$  и  $90^\circ$ . Тогда мы получаем угловые радиусы для гало равные  $21,8^\circ$  и  $45,7^\circ$ .
4. Так как внешняя часть кольца гало фиолетового цвета, значит фиолетовые лучи были преломлены сильнее, чем красные. Следовательно показатель преломления для красных лучей меньше показателя преломления фиолетовых лучей.



Содержание	Баллы
$\delta = \alpha_1 - \beta_1 + \alpha_2 - \beta_2$	1
За идею о симметрии при минимальном отклонении луча	1
За закон Снелла	0,5
$\sin(\alpha_{\min}) = n \sin(\omega/2)$	1
$\delta_{\min} = 2\arcsin(n \sin(\omega/2)) - \omega$	1
За значение углового радиуса $21,8^\circ$	1
За значение углового радиуса $45,7^\circ$	1
Показатель преломления для красных лучей меньше показателя преломления фиолетовых лучей	0,5
<b>Всего</b>	<b>7,0</b>