Всероссийская олимпиада школьников по физике
Региональный этап
23 - 25 января 2020 г.

Ю73

Фамилия Черников

Имя Кирилл

Отчество Андреевич

Класс 10

Территория г. Пермь

Образовательная организация МАОУ „СОШ №146"

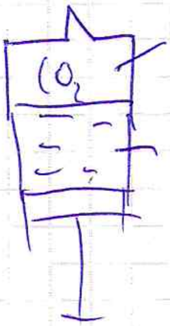
1	2	3
8	~~13~~ 12	21

1073

№10.1

1) Откроем бутылку и быстро, но аккуратно впихнём туда шприц, ~~в котором растворён CO_2~~ и наберём CO_2 с водой, в которой растворён CO_2. И быстро заткнём шприц затычкой.

1и



$p,\ \nu_1,\ V_1$ а) $pV_1 = \nu_1 RT$

$\nu_2,\ V_2$ б) $\nu_2 = \alpha V_2 p$

$\Rightarrow$ в) $\nu = \nu_1 + \nu_2 = \frac{pV_1}{RT} + \alpha V_2 p$

1и	2и	3и	4и	5и	6и	7и	8и	9и	10и	11и	12и
3б	1б	0б	1б	0б	0б	1,5б	1,5б	0б	0б	0б	0б

2) Теперь очень-очень хорошо стряхнём шприц, тогда:

$p_0,\ \nu_3,\ V_3$ а) $p_0 V_3 = \nu_3 RT$

$\nu_4,\ V_4$ б) $\nu_4 = \alpha V_4 p_0$

$\Rightarrow$ в) $\nu = \nu_3 + \nu_4 = \frac{p_0 V_3}{RT} + \alpha V_4 p_0$

3) тогда из 3в и 2в:

$$p\left(\frac{V_1}{RT} + \alpha V_2\right) = p_0\left(\frac{V_3}{RT} + \alpha V_4\right)$$

$$\frac{p}{p_0} = \frac{\frac{V_3}{RT} + \alpha V_4}{\frac{V_1}{RT} + \alpha V_2} = \frac{\frac{V_3}{RT} + \alpha V_2}{\frac{V_1}{RT} + \alpha V_2}$$

($V_4 \approx V_2$, так как объём воды не меняется)

4) провожу эксперимент и получаю:

V_1, см³	V_2, см³	V_3, см³
3	7	11

2и

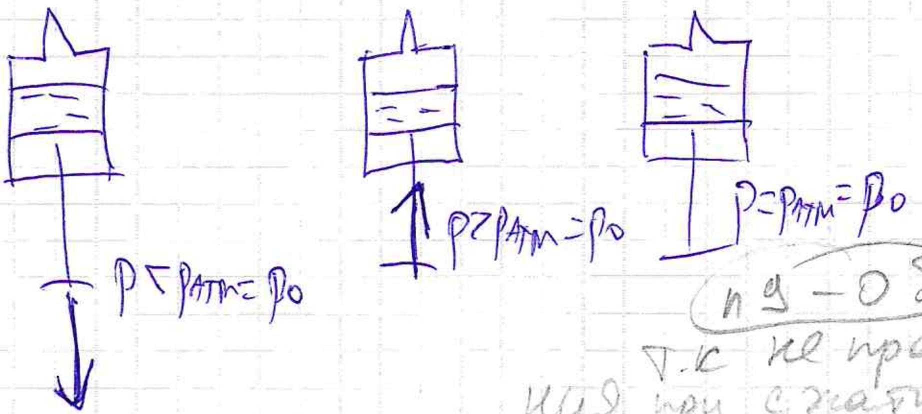
$$\frac{p}{p_0} = \frac{\frac{V_3}{RT} + \alpha V_2}{\frac{V_1}{RT} + \alpha V_2} = \frac{\frac{11\cdot 10^{-6}}{8{,}31\cdot 300} + 3{,}5\cdot 10^{-4}\cdot 7\cdot 10^{-6}}{\frac{3\cdot 10^{-6}}{8{,}31\cdot 300} + 3{,}5\cdot 10^{-4}\cdot 7\cdot 10^{-6}} \approx 2{,}1 \Rightarrow p \approx 2{,}1 p_0 = 2{,}1\ атм \approx 2{,}1\cdot 10^5\ Па$$ — что и требуется.

4и

Мало экспериментов, погрешность не оценена

5) Для того, чтобы ~~про~~ найти α при разных давлениях можно просто удерживать поршень, дополнительно давить на него, тогда давление больше атмосферного, или наоборот ~~оттягивать~~ удерживать поршень отодвинув его, тогда давление будет ниже атмосферного.

(н. 7, 8)



п 9 – 0 б
т.к не проведены измерения при сжатии и разрежении.

6)

$$\nu = \nu_1 + \nu_2 = \frac{pV_1}{RT} + \alpha V_2 p = const \Rightarrow \boxed{\alpha = \frac{\nu - \frac{pV_1}{RT}}{V_2 p}}$$

ν можно найти, если взять $p = p_0$!

$$\nu = p_0\left(\frac{V_1}{RT} + \alpha V_2\right)$$

7) Если в случае равенство $p = p_0$ всё очевидно, то в случае $p > p_0$ можно довести поршень вплотную к воде, тогда формула $\nu = \alpha V_2 p$, что немного упрощает жизнь.

8) Для расчёта ν из пункта 6 воспользуемся теми же шприцом, ~~...~~ и объёмами, что и в пункте 4.

$$\nu = 10^5\left(\frac{11\cdot 10^{-6}}{8{,}31\cdot 300} + 3{,}5\cdot 10^{-4}\cdot 7\cdot 10^{-6}\right) \approx 6{,}9\cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

или (считая методом границ получаем $\nu = (6{,}9 \pm 0{,}4)\cdot 10^{-4}$ моль

(ν в итоге это нам не пригодилось)

1) Весь CO_2 з воды не может уйти

9) Можно отлить отдельно воду в стакан и дождаться момента, когда весь CO_2 уйдёт, для этого сильно трясём, чтобы скорее ушёл CO_2, так CO_2 в воде можно пренебречь.

Теперь у нас есть вода без газа! Теперь из бутылки набираем CO_2 без воды. Молярную массу CO_2 легко можно найти:

$$p_0 V_{CO_2} = \nu_{CO_2} RT \Rightarrow \nu_{CO_2} = \frac{p_0 V_{CO_2}}{RT} = \frac{10^5 \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{8,31 \cdot 300} \approx 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

$V_{CO_2} = 10$ см^3

~~Погрешность мала V_{CO_2} на срез~~ ~~погрешность V_{CO_2} мала на срез~~

Их считая методом границ: $\nu_{CO_2} = (4,0 \pm 0,3) \cdot 10^{-4}$ моль

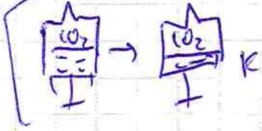
2) Если вода без CO_2, почему используете α?

10) Теперь набираем воды без CO_2 и взбалтываем.

Теперь при $p = p_0$ можно найти α:

$$\alpha = \frac{\nu - \frac{pV_1}{RT}}{V_2 p} = \frac{4,0 \cdot 10^{-4} - \frac{10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{8,31 \cdot 300}}{6 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5} \approx 3,3 \cdot 10^{-4} \ \frac{\text{моль}}{\text{Па} \cdot \text{м}^3}$$

V_1, см^3	V_2, см^3
5	6



11) Теперь снова выливаем воду и для того же CO_2 изменим объём сжав или растянув его рукой. ~~по формуле~~ по формуле $pV = const$ при $T = const$ и $\nu = const$ находим новое давление:

$$\alpha(p < p_0) = \frac{4,0 \cdot 10^{-4} - 0,5 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{6 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5} \approx 3,0 \cdot 10^{-4} \ \frac{\text{моль}}{\text{Па} \cdot \text{м}^3}$$

?

$$\alpha(p > p_0) = \frac{4,0 \cdot 10^{-4} - 2 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 10^{-4}}{6 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5} \approx 3,7 \cdot 10^{-4} \ \frac{\text{моль}}{\text{Па} \cdot \text{м}^3}$$

	ν, моль	p_1, Па	p_2, Па
	$(4,0 \pm 0,3) \cdot 10^{-4}$	$0,5 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$
V_1		3	10
V_2		6	6

Вывод: в пределах погрешности $\alpha \approx const$, значит можно считать, что закон Генри справедлив.

α найдено количественно верно, но не физично!

6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	Σ
2	0	1	1	3	2	2	0	1	12

$\boxed{№10.2}$

1) Можно заметить, что в прозрачной коробке ~~[illegible]~~ шарики находятся вплотную друг другу, но из-за того, что ~~[illegible]~~ шарики в форме шара, то остаются некие полости. Можно найти отношение объёма, занимаемого шариками к общему объёму объёму:

Тогда каждый шарик можно вписать в куб, тогда ~~у каждого шарика~~ суммарный объём будет равен Na^3, где N - число шариков, a - сторона куба, а объём занимаемый шариками $N \cdot \frac{1}{6}\pi a^3$, так как сторона куба по сути является диаметром шара.

Примечание: кубическая укладка ~~решётка~~ будет одна из наиболее точных поэтому воспользуемся данной моделью.

$$\Downarrow$$

$$\alpha = \frac{N \cdot \frac{1}{6}\pi a^3}{N a^3} = \frac{\pi}{6} \approx 0,52$$

2) Диаметр шарика можно найти методом рядов, что значительно повышает нашу точность:

$$d = \frac{L}{N} = \frac{11,1}{52} \approx 0,21 \text{ см}$$

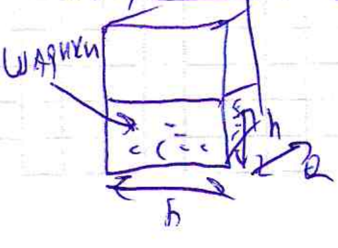
$L = 11,1$ см

$N = 52$

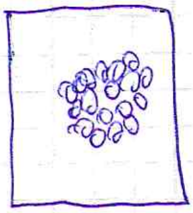
Лучше зажать двумя линейками, чтобы шарики более вплотную встали друг к другу.

3) Если мы найдём высоту ~~[illegible]~~ кучи шаров в коробке, то просто домножив объём шариков вместе с полостями на поправочный коэффициент α и разделив на объём одного шарика, то мы найдём общее число шариков в коробке:

$$\boxed{N = \frac{abh\alpha}{\frac{1}{6}\pi d^3}}$$



4) Также можно насыпать шарики на миллиметровку вплотную друг к другу, тогда $S = \frac{N\pi d^2}{4}$. И по клеточкам посчитать

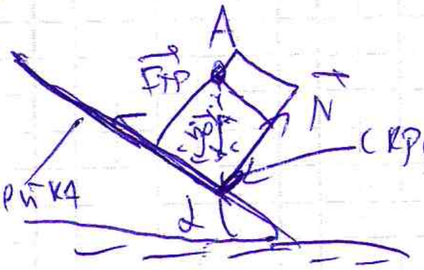


площадь поверхности, ~~а затем~~ и лучше выстроить в виде квадрата фигуру, так точнее будет:

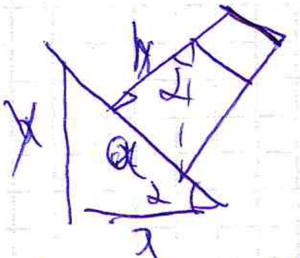
$S = 33{,}0$ см^2
$N = 200$ шт $\Rightarrow$ $d = \sqrt{\frac{4S}{N\pi}} = \sqrt{\frac{4\cdot 33}{200\pi}} \approx 2{,}1$ см

Ответ в целом не изменился с точностью до десятых.

5) Если поставить такую систему:



В момент „крайний" коробка начнёт переворачиваться, тогда
$\vec{F}_{тр} + \vec{N} + m\vec{g} = \vec{0}$
Значит $\vec{N} + \vec{F}_{тр}$ будут смотреть вертикально вверх, а так как если тоже самое провести для прозрачной коробки, то „верх" шариков будет параллелен линейке, то $\vec{F}_{тр} + \vec{N}$ будет проходить не только через центр тяжести коробки, но и продолжение $\vec{F}_{тр} + \vec{N}$ попадёт в точку A. Значит расстояние от точки A до линейки равно h.



$tg\,\alpha = \frac{h}{a} \Rightarrow h = a\cdot tg\,\alpha$. Значит остаётся измерить $tg\,\alpha$ как отношение противолежащего катета к прилежащему и готово!

$tg\,\alpha = \frac{y}{x}$

№	y, см	x, см	$tg\,\alpha = \frac{y}{x}$	$tg\,\alpha_{ср}$	$\Delta tg\,\alpha$
1	19,7	10,3	~~2,06~~ 1,91	1,92	0,04
2	17,6	9,8	1,90		
3	14,3	7,5	1,91		
4	12,3	6,8	1,81		
5	11,1	5,3	2,09		

6)

a, см	b, см	h = a·tg α, см
4,7	3,7	9,0

7) $N = \dfrac{abh\alpha}{\frac{1}{6}\pi d^3} = \dfrac{4{,}7\cdot 3{,}7\cdot 9{,}0\cdot 0{,}52}{\frac{1}{6}\pi\cdot 0{,}27^3} = 1700$ шт.

Или считая методом границ $N_{ВГ} = 1789$ шт

$N_{НГ} = 1603$ шт

$\Downarrow$

$N_{ср} = 1696$ шт $= \dfrac{N_{ВГ}+N_{НГ}}{2}$

$\Delta N_{ср} = 100 = \dfrac{N_{ВГ}-N_{НГ}}{2}$

$N = (1700 \pm 100)$ шт.

8) Если кому-то не лень, то можно достать все шарики из прозрачной коробки, посчитать их число и линейкой померив стороны „паралл. шаров" можно найти $B = \dfrac{V}{N}$, тогда отношение объёмов шариков есть отношение числа шариков, что будет точнее ~~но~~ возможно.

6) Также произведение $a\times b$ можно найти точнее поставив сверху лист миллиметровки, подсчитав клеточки, ~~но~~ ~~от~~ но значение всё равно получается близким к 17,6 см²

Всероссийская олимпиада школьников по физике
Региональный этап
23 - 25 января 2020 г.

Ф10-3

Фамилия Черников

Имя Кирилл

Отчество Андреевич

Класс 10

Территория г. Пермь

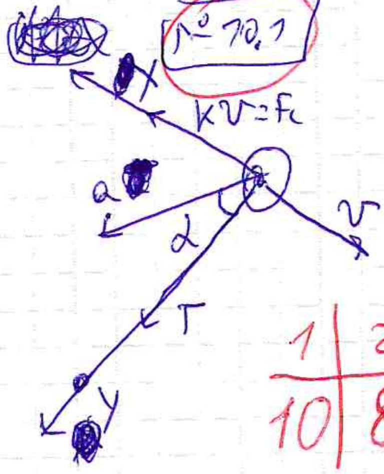
Образовательная организация МАОУ „СОШ №146"

№ 10.1

Ф10-3

Дано:
$F_c \sim v$
α

$\ell = ?$



1	2	3	4	5	Σ
10	8	8	10	0	36

1) $\vec{F_c} = -k\vec{v}$

2) $\vec{F_c} + \vec{T} = m\vec{a}$

$-k\vec{v} + \vec{T} = m\vec{a}$

X: $-k(-v) + 0 = m a_\tau$

$kv = m a_\tau$ (1), $a_\tau = a \cdot \sin\alpha$ (2)

Y: $T = m a_y$ (3), $a_y = \frac{v^2}{R}$ (4), $a_y = a\cos\alpha$ (5)

3) из (1) и (2) $\Rightarrow$ $kv = m a \sin\alpha$ (6)

4) из (4) и (5) $\Rightarrow$ $a\cos\alpha = \frac{v^2}{R}$ $\Rightarrow$ $a = \frac{v^2}{R\cos\alpha}$ (7)

5) из (6) и (7) $\Rightarrow$ $kv = m\frac{v^2}{R\cos\alpha}\cdot\sin\alpha$

$k = m\,tg\alpha\cdot\frac{v}{R}$, $\frac{v}{R} = \omega$

$\Downarrow$

$k = m\,tg\alpha\,\omega$

$\Downarrow$

$\boxed{\omega_0 = \frac{k}{m\,tg\alpha}}$ (8) — угловая скорость в начальный момент времени

6) (1): $kv = m a_\tau$ $|:R$

$\frac{kv}{R} = m\frac{a_\tau}{R}$

$k\omega = m\varepsilon$ — это соотношение справедливо для любого угла α, если в данный момент угловое ускорение равно ε.

- $\omega = \frac{\Delta\ell}{\Delta t}$ — в данный момент времени, где $\Delta\ell$ и Δt — малы
- $\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$ — в данный момент времени, где $\Delta\omega$ и Δt — малы.

$$k\frac{\Delta \ell}{\Delta t} = m\frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

$$k\Delta \ell = m\Delta \omega \quad (9)$$

если ~~на~~ просуммировать все изменения угла, изменения угловой скорости, то есть найти $\sum_{i=1}^{N} k\Delta \ell_i$ и $\sum_{i=1}^{N} k\Delta \omega_i$, то получим одинаковые значения,

~~А~~ так как $k\Delta \ell_i = m\Delta \omega_i$, то

$$\sum_{i=1}^{N} k\Delta \ell_i = \sum_{i=1}^{N} m\Delta \omega_i$$

$$k\sum_{i=1}^{N} \Delta \ell_i = m\cdot\sum_{i=1}^{N} \Delta \omega_i$$

$$\boxed{k\ell = m\omega_н} \quad (10)$$

Или просто проинтегрируем (9) и получим, что

$$k\ell = m\omega_н$$

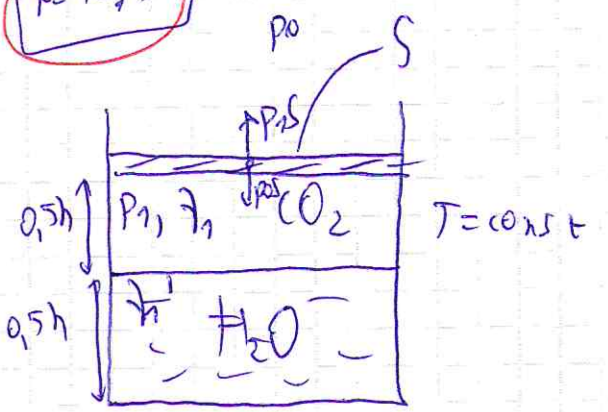
7) из (8) и (10) $\Rightarrow$ $k\ell = m\frac{k}{mtg\alpha}$

$$\boxed{\ell = 1tg\alpha}$$

№10,3

Дано:
$h=20\,см=0{,}2\,м$
$S=10\,см^2=10^{-3}\,м^2$
$\Delta h_1=3{,}12\,см=3{,}12\cdot10^{-2}\,м$
$\Delta h_2=2{,}22\,см=2{,}22\cdot10^{-2}\,м$
$p_0=10^5\,Па$
$T=const$
$m_{г\,раств}\sim p_{газа}$

1) $m_0=?$
2) $m_2=?$



1) Пусть ν_1 – кол-во вещества CO_2 над водой
ν_1' – кол-во CO_2, растворённое в воде.

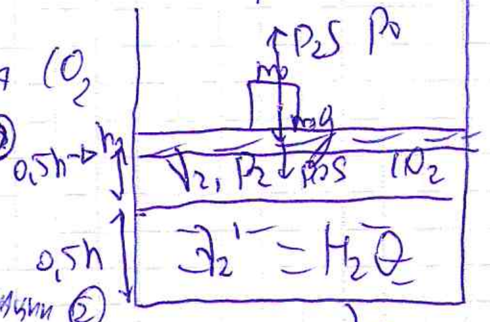
а) условие равновесия невесомого поршня: $p_0S=p_1S \Rightarrow p_0=p_1$

б) $p_1\cdot0{,}5hS=\nu_1RT$ (закон Менделеева-Клайперона)

в) $\nu_1'=\alpha\cdot p_1=\alpha p_0$, где α – размерный коэффициент в законе Генри (если $m\sim p$, то и $\frac{m}{M}=\nu\sim p$)

г) Количество вещества CO_2 в сосуде в сумме:
$$\nu=\nu_1+\nu_1'=\frac{p_1\cdot0{,}5hS}{RT}+\alpha p_0= \text{(из 1а, 1б, 1в)}$$
$$=\frac{p_0\cdot0{,}5hS}{RT}+\alpha p_0$$

2) Когда на поршень положили груз m_0



Пусть ν_2 – кол-во вещества CO_2 над водой в ситуации 2
ν_2' – кол-во вещества CO_2, растворённого в H_2O в ситуации 2

а) Условие равновесия поршня: $p_0S+m_0g=p_2S$
$$p_2=p_0+\frac{m_0g}{S}$$

б) $p_2(0{,}5h-\Delta h_1)S=\nu_2RT$ (закон Менделеева-Клайперона)
$$\nu_2=\frac{p_2(0{,}5h-\Delta h_1)S}{RT}$$

в) $\nu_2' = \alpha p_2$

г) $\nu = \nu_2 + \nu_2' = \frac{p_2(0{,}5h - \Delta h_1)S}{RT} + \alpha p_2 = \frac{p_0 hS}{2RT} + \alpha p_0 \Rightarrow$

– общее количество вещества CO_2 в сосуде $\Rightarrow$ $\boxed{\frac{Sp_2\Delta h_1}{RT} = \alpha(p_2 - p_0)}$

③ Когда положили 2-ую гирю (очевидно, что $\Delta h_1 + \Delta h_2 < 0{,}5h$, поэтому угл. газ не полностью растворён в воде, то есть поршень не опустился до поверхности воды), все уравнения будут аналогичны пункту ②, только вместо m_0 будет масса грузов $2m_0$, а вместо Δh_1 будет $(\Delta h_1 + \Delta h_2)$:

а) $p_3 = p_0 + \frac{2m_0 g}{S}$

б) $\nu_3 RT = p_3(0{,}5h - (\Delta h_1 + \Delta h_2)) \Rightarrow \nu_3 = \frac{p_3(0{,}5h - (\Delta h_1 + \Delta h_2))}{RT}$

в) $\nu_3' = \alpha p_3$

г) $\nu = \nu_3 + \nu_3' = \frac{p_3(0{,}5h - (\Delta h_1 + \Delta h_2))}{RT} + \alpha p_3 = \frac{p_0 hS}{2RT} + \alpha p_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{\frac{Sp_3(\Delta h_1 + \Delta h_2)}{RT} = \alpha(p_3 - p_0)}$

Примечание: общее количество CO_2 в сосуде не меняется

④ Поделим (2г) на (3г)

$$\frac{Sp_2\Delta h_1}{RT} : \frac{Sp_3(\Delta h_1 + \Delta h_2)}{RT} = \frac{\alpha(p_2 - p_0)}{\alpha(p_3 - p_0)}$$

$$\frac{p_2\Delta h_1}{p_3(\Delta h_1 + \Delta h_2)} = \frac{p_2 - p_0}{p_3 - p_0}$$

$$p_2\Delta h_1(p_3 - p_0) = p_3(\Delta h_1 + \Delta h_2)(p_2 - p_0)$$

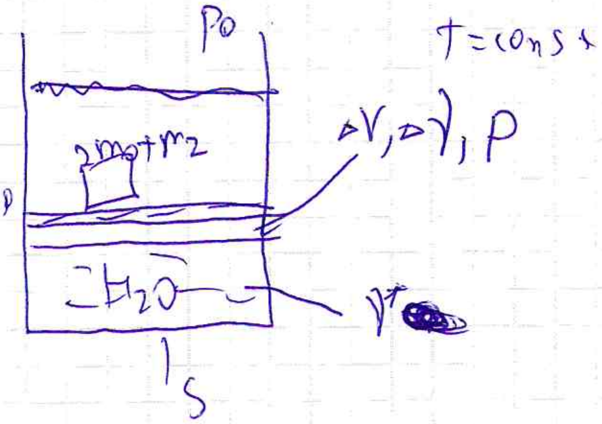
$$\left(p_0 + \frac{m_0 g}{S}\right)\Delta h_1\left(p_0 + \frac{2m_0 g}{S} - p_0\right) = \left(p_0 + \frac{2m_0 g}{S}\right)(\Delta h_1 + \Delta h_2)\left(p_0 + \frac{m_0 g}{S} - p_0\right)$$

$$\left(p_0 + \frac{m_0 g}{S}\right)\Delta h_1 \cdot 2 \cdot \frac{m_0 g}{S} = \left(p_0 + \frac{2m_0 g}{S}\right)(\Delta h_1 + h_2) \cdot \frac{m_0 g}{S}$$

$$\left(p_0 + \frac{m_0 g}{S}\right) \cdot 2\Delta h_1 = \left(p_0 + \frac{2m_0 g}{S}\right)(\Delta h_1 + \Delta h_2)$$

$$m_0 = \frac{p_0(\Delta h_1 - \Delta h_2)S}{2\Delta h_2 g} = \frac{10^5(3{,}72\cdot10^{-2} - 2{,}22\cdot10^{-2})\cdot10^{-3}}{2\cdot2{,}22\cdot10^{-2}\cdot10} \approx 2\text{ кг}$$

(5) Будем считать, что если поршень опустился полностью, то объём между поршнем и водой всё же есть, но этот объём очень мал, $\Delta V \to 0$.



Но тогда мы снова запишем те же уравнения, что и в пункте (3) и (2), так как ситуация в целом не изменилась.

а) $p = p_0 + \frac{Mg}{S}$, где $M = 2m_0 + m_2$

б) $\Delta \nu R T = \Delta V \cdot p$

в) $\nu^* = \alpha p$

г) $\nu = \Delta \nu + \nu^* = \frac{\Delta V p}{RT} + \alpha p$, понятно, что $\Delta V \to 0$, а значит $\nu \approx \alpha p$

д) $\nu \approx \alpha p = \frac{p_0 \cdot 0{,}5 h S}{RT} + \alpha p_0$

$$\boxed{\alpha(p - p_0) = \frac{0{,}5 p_0 h S}{RT}}$$

если поделить (г) на (д):

$$\frac{S p_2 \Delta h_1}{RT} : \frac{0{,}5 p_0 h S}{RT} = \frac{\alpha(p_2 - p_0)}{\alpha(p - p_0)}$$

$$\cancel{\frac{\left(p_0 + \frac{m_0 g}{S}\right)\Delta h_1}{0{,}5 p_0 h} = \frac{p - p_0}{\left(p_0 + \frac{m_0 g}{S}\right) - p_0}}$$

$$= \frac{p_2 \Delta h_1}{p_0 \cdot 0{,}5 h} = \frac{p_2 - p_0}{p - p_0}$$

$$p-p_0=\frac{(p_2-p_0)\cdot p_0\cdot 0{,}5h}{\Delta h_1 p_2}=\frac{\left(p_0+\frac{m_0g}{S}-p_0\right)\cdot p_0\cdot 0{,}5h}{\Delta h_1\left(p_0+\frac{m_0g}{S}\right)}=$$

$$=\frac{m_0g\cdot p_0\cdot 0{,}5h}{S\Delta h_1\left(p_0+\frac{m_0g}{S}\right)}=\frac{2\cdot 10\cdot 10^5\cdot 0{,}5\cdot 0{,}2}{10^{-3}\cdot 3{,}72\cdot 10^{-2}\left(10^5+\frac{2\cdot 10}{10^{-3}}\right)}\approx 53\cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\Downarrow$$

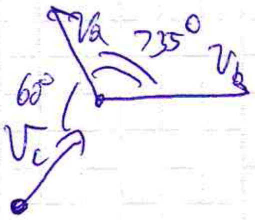
$$\frac{m_0g}{S}=p-p_0$$

$$\frac{(2m_0+m_2)g}{S}=p-p_0 \Rightarrow m_2=\frac{(p-p_0)S}{g}-2m_0=\frac{53\cdot 10^3\cdot 10^{-3}}{10}-2\cdot 2\approx 1{,}3 \text{ кг}$$

$$\cancel{m_2=\frac{(p-p_0)S}{g}-2m_0=\frac{53\cdot 10^3\cdot 10^{-3}}{10}}$$

№ 10.2

(1) Пусть С – налетающая шайба, тогда:

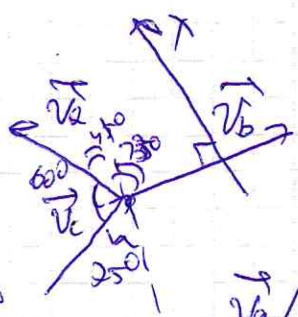


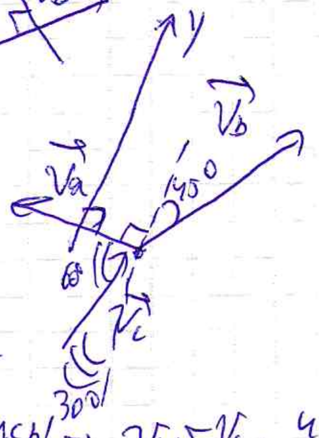
Так как время удара очень мало, то изменение импульса силой трения пренебрежимо мало, значит справедлив закон сохранения импульса:

$$m\vec{V_c}=m\vec{V_a}+m\vec{V_b}$$

$$\vec{V_c}=\vec{V_a}+\vec{V_b}$$

Нарисуем их:





(X): $V_c\cdot\cos 75^\circ=V_a\cdot\cos 45^\circ$

(Y): $V_c\cos 30^\circ=V_b\cos 45^\circ$

$$\Downarrow$$

$$V_b>V_c \quad (V_b\approx 1{,}2V_c)$$

НО! Удар был частично неупругим, значит кинетическая энергия системы не увеличилась! $\Rightarrow V_b\le V_c$, что не так.

значит случай налетающей шайбы с невозможен.

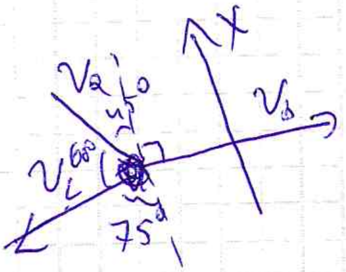
② Пусть a-налетающая шайба.

$\vec{V_a} = \vec{V_b} + \vec{V_c}$ Аналогично закон сохранения импульса

(X!) $-V_a \cos 45^\circ = -V_c \cdot \cos 75^\circ$

$V_a \cdot \cos 45^\circ = V_c \cdot \cos 75^\circ$

$V_c \approx 2,7 V_a$



$\Downarrow$

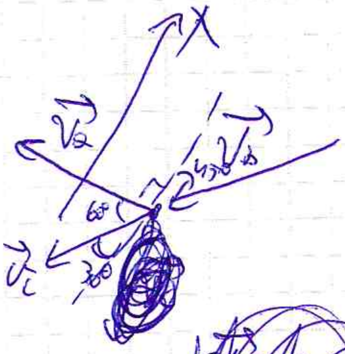
$V_c > V_a$, НО! Опять же суммарная кинетическая энергия системы после частично неупругого удара не увеличилась, значит случай a-налетающая шайба — невозможен!

③ Остаётся только последний вариант, что b-налетающая шайба!

$\vec{V_b} = \vec{V_a} + \vec{V_c}$

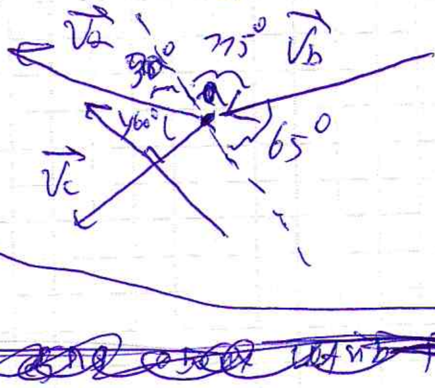
(X!) $-V_b \cos 45^\circ = -V_c \cos 30^\circ$

$V_c = V_b \cdot \frac{\cos 45^\circ}{\cos 30^\circ} \approx 0,82 V_b$



(Y!) $V_a \cdot \cos 30^\circ = V_b \cdot \cos 65^\circ$

$V_a = V_b \cdot \frac{\cos 65^\circ}{\cos 30^\circ} \approx 0,49 V_b$



④ Пусть после удара шайба приняла скорость V и прошла расстояние S, тогда кинетическая энергия шайбы полностью пошла на преодоление работы силы трения, а силы трения для обоих шайб равны, так как шайбы одинаковые. $\boxed{\frac{mV^2}{2} = F_{тр}S}$

тогда $\frac{mV_a^2}{2} = F_{тр}S_a$ и $\frac{mV_c^2}{2} = F_{тр}S_c$ $\Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{F_{тр}S_a}{F_{тр}S_c} = \frac{mV_a^2}{mV_c^2} \Rightarrow \frac{S_a}{S_c} = \frac{V_a^2}{V_c^2} = \frac{V_b^2 \cdot \left(\frac{\cos 45^\circ}{\cos 30^\circ}\right)^2}{V_b^2 \cdot \left(\frac{\cos 65^\circ}{\cos 30^\circ}\right)^2} = \left(\frac{\cos 45^\circ}{\cos 65^\circ}\right)^2 =$

$= 2,8$ – отношение расстояний.

(5) Запишем теорему об изменение кинетической энергии для момента до удара и после:

$$Q = \frac{mV_b^2}{2} - \frac{mV_a^2}{2} - \frac{mV_c^2}{2} = \frac{m}{2}(V_b^2 - V_a^2 - V_c^2), \text{ тогда}$$

$$\frac{Q}{E_{бн}} = \frac{Q}{\frac{mV_b^2}{2}} = \frac{\frac{m}{2}(V_b^2 - V_a^2 - V_c^2)}{\frac{m}{2}V_b^2} = \frac{V_b^2 - V_a^2 - V_c^2}{V_b^2} =$$

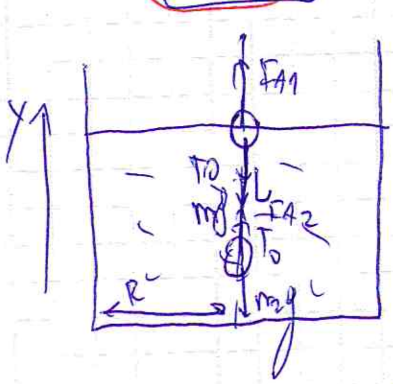
$$= 1 - \left(\frac{V_a}{V_b}\right)^2 - \left(\frac{V_c}{V_b}\right)^2 = 1 - \left(\frac{\cos 65^\circ}{\cos 30^\circ}\right)^2 - \left(\frac{\cos 45^\circ}{\cos 30^\circ}\right) \approx 0,095 \approx 0,1$$

№ 10,4

Дано:
L, R, T_0
$m_2, m_1 \ (m_2 > m_1)$

$T = ?$
$\omega = ?$

1)



Предположим, что шарик массой m_1 сверху.

Условие равновесия первого шара:

$\boxed{F_{A1} = T_0 + m_1g}$ (в проекции на ось y)

$F_{A2} + T_0 = m_2g$

$\boxed{F_{A2} = m_2g - T_0}$

так как $F_{A2} > F_{A1}$, то

$m_2g - T_0 > T_0 + m_1g$

$\Downarrow$

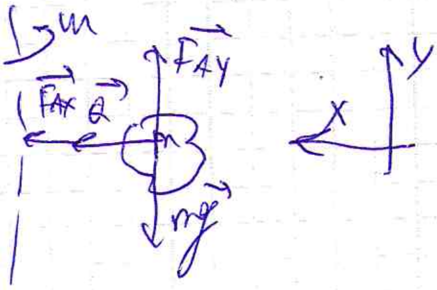
$(m_2 - m_1)g > 2T_0$

$\Downarrow$

$m_2 > m_1$

наше предположение оказалось верным! но если всё же $F_{A2} < F_{A1}$, то ничего страшного, на ответы это никак не повлияет, если вообще

2) Заметим, что когда шарики находятся во вращающемся сосуде, то возникает горизонтальная составляющая силы Архимеда. Действительно, если мысленный кусок воды выделить, то его „вес" равен $m\vec{g} - m\vec{a}$. То есть из-за так называемой силы инерции равной $-m\vec{a}$ возникает горизонтальная составляющая силы Архимеда, направленная вдоль ускорения $\vec{a}$



$$\vec{F_{Ax}} + \vec{F_{Ay}} + m\vec{g} = \vec{0}$$

(x): $ma = F_{Ax}$

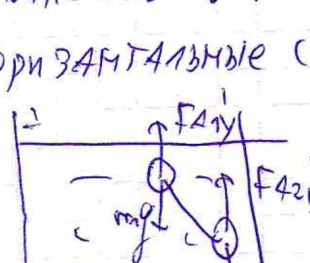
(y): $mg = F_{Ay}$

$$\Downarrow$$

$$\frac{F_{Ay}}{F_{Ax}} = \frac{g}{a}$$

Или же просто скажем, что это известный факт, но доказательство всё же привёл

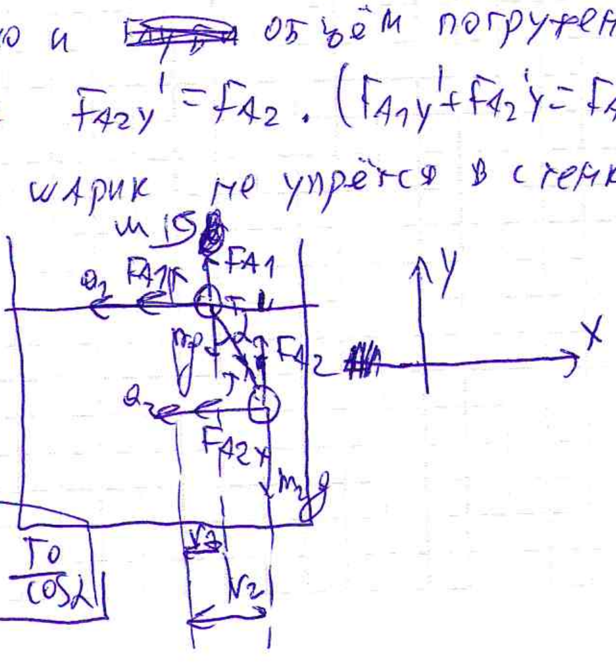
3) Предположим, что оба шарика, после того как начал вращаться сосуд, погрузились в воду полностью. Тогда на систему „$m_1 + m_2$" действуют горизонтальные силы F_{A1}', F_{A2}', $m_1 g$, $m_2 g$



$m_1 g + m_2 g = F_{A1y}' + F_{A2y}'$, но

$m_1 g + m_2 g = F_{A1} + F_{A2}$ – сумме начальных сил Архимеда, значит верхний шарик не только не полностью погрузится, но и объём погружения останется тем же, так как $F_{A2y}' = F_{A2}$. $(F_{A1y}' + F_{A2y}' = F_{A1} + F_{A2})$

4) Предположим, что нижний шарик не упрётся в стенку сосуда:



а) II закон Ньютона для m_1:

$$\vec{F_{A1x}} + \vec{F_{A1}} + m_1\vec{g} = m_1\vec{a_1}$$

(y): $F_{A1} - m_1 g - T\cos\alpha = 0$

$$\boxed{T = \frac{F_{A1} - m_1 g}{\cos\alpha} = \frac{T_0 + m_1 g - m_1 g}{\cos\alpha} = \frac{T_0}{\cos\alpha}}$$

X: $-F_{A1x} + T\sin\alpha = -m_1 a_1$

так как $\frac{F_{A1x}}{F_{A1}} = \frac{a_1}{g}$, то $F_{A1x} = \frac{a_1}{g} F_{A1}$ $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ $F_{A1} \cdot \frac{a_1}{g} - T\sin\alpha = m_1 a_1$

$$a_1\left(\frac{F_{A1}}{g} - m_1\right) = T\sin\alpha$$

$$a_1 \cdot \left(\frac{T_0 + m_1 g}{g} - m_1\right) = T\sin\alpha$$

$$a_1 = g \cdot \frac{T\sin\alpha}{T_0} = g \cdot \frac{T_0 \sin\alpha}{\cos\alpha \; T_0} = \operatorname{tg}\alpha \cdot g$$

д) II закон Ньютона для m_2:

X: $m_2 a_2 = T\sin\alpha + F_{A2x}$, $F_{A2x} = \frac{a_2}{g} F_{A2}$ (аналогично предыдущему)

$\cancel{a_2 = \frac{T\sin\alpha}{m_2} + F_{A2x} = \frac{T_0 \sin\alpha}{\cos\alpha \cdot m_2} + (m_2 g - T_0)\frac{a_2}{g}}$

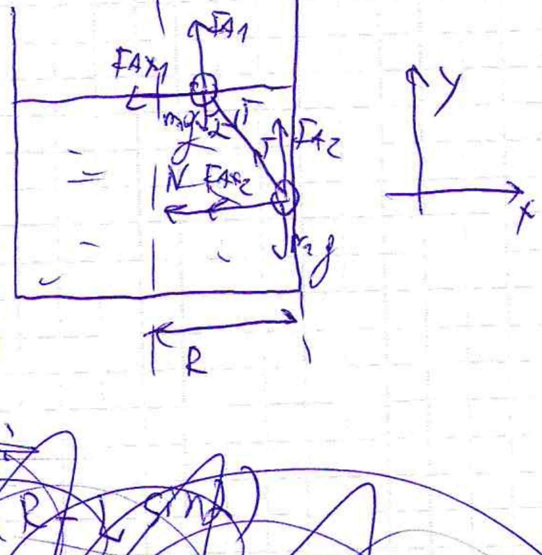
$$m_2 a_2 = T\sin\alpha + \frac{a_2}{g} F_{A2}$$

$$a_2 = \frac{T\sin\alpha}{m_2 - \frac{F_{A2}}{g}} = \frac{T_0 \sin\alpha}{\cos\alpha\left(m_2 - \frac{m_2 g - T_0}{g}\right)} = g\operatorname{tg}\alpha$$

Но! $a_1 \neq a_2$, так как $\alpha \neq 0$ $\Rightarrow$ нижний шарик упрётся в стенку!

5) II закон Ньютона для m_1 будет таким же:

~~$F_{A1x} - T\cos\alpha = m_1 a_1$~~



Y: $F_{A1} = m_1 g + T\cos\alpha \Rightarrow$

$$\Rightarrow \boxed{T = \frac{F_{A1} - m_1 g}{\cos\alpha} = \frac{T_0}{\cos\alpha}}$$

~~II закон Ньютона для m_1:~~

~~X: $F_{A1x} - T\cos\alpha = m_1 \omega^2 (R - L\sin\alpha)$~~

~~$\frac{\omega^2 (R - L\sin\alpha)}{g} \ldots \frac{T_0 \cos\alpha}{\cos\alpha} = m_1 \omega^2 (R - L\sin\alpha)$~~

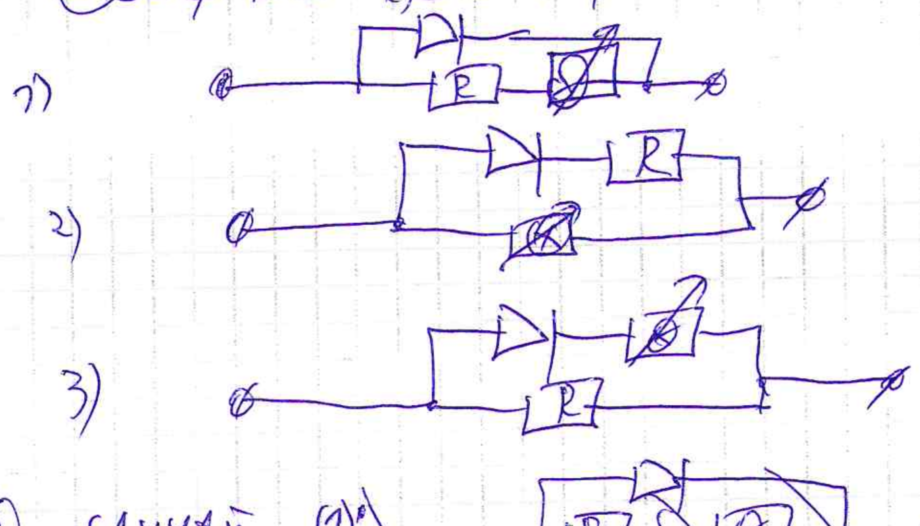
X: $a_1 = \omega^2 (R - L\sin\alpha)$

$$\omega = \sqrt{\frac{\operatorname{tg}\alpha \cdot g}{R - L\sin\alpha}}$$

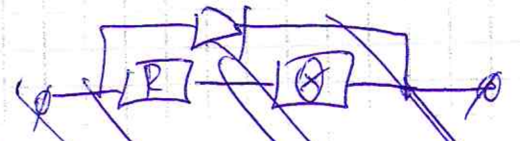
№ 10.5

~~R = 1 Ом~~
~~R = 2 Ом~~

(1) Так как уже при малом токе есть напряжение, которое растет линейно, то диод параллельно к чему-то подключен. ~~...~~ ~~...~~ Возможно 3 варианта:



(2) случай (1):



При неком токе и выше напряжение оставалось бы постоянным, но из ВАХ при $U \geq 5В$ $I = const$, ~~значит~~ (так как диод так подключен) значит такая схема невозможна!

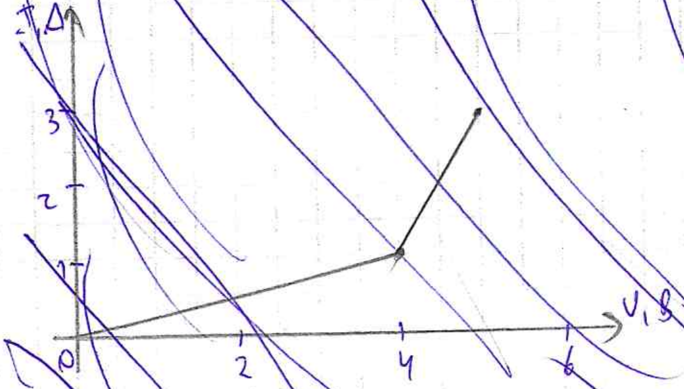
(3)

а) Очевидно, что диод не открывается при $U \leq 5В$, ведь тогда при $U = 5В$ ток через ⊗ равен 3А, а по условию этот ток не может уменьшиться.

б) Других ограничений на открытие диода нет =)
$\Rightarrow U_D \in (0; 5)В \Rightarrow U_{отк} \geq 5В$

После открытия диода ~~зависимость~~ ВАХ станет расти, значит такая схема работает при $U_D \to +\infty$, что, возможно, недопустимо.

в) Тогда при $U_0 \le 5$В ВАХ такая:



~~начальный~~ этап как в графике ~~данном, так как~~ диод закрыт

13):

Очевидно, что ~~...~~ $U_0 \ge 4$В, так как до открытия диода зависимость линейная, но тогда зависимость вида $V = IR = 3{,}5I$, что судя по графику не так, значит ~~остаётся только 1 подходящая схема~~ эта схема не так, что подходит

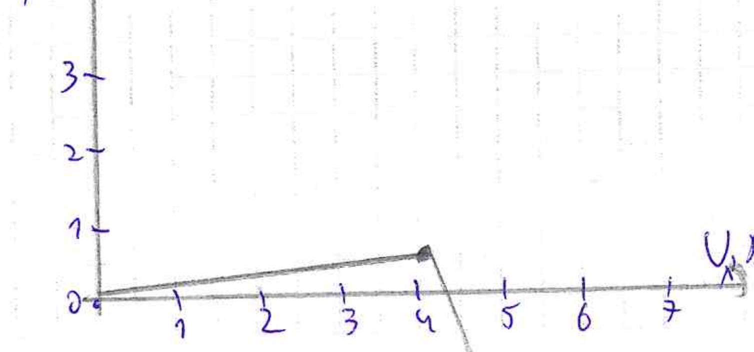
(7):

$U_0 \ge 7$В, так как при иной ~~такой~~ подключение при неком токе $V = const$, что не так

а) при $V \in [0; 4]$В $U_x(I) = V(I) - 3{,}5I$ ($R = 3{,}5$ Ом)

б) при $V \in [4; 5]$В $U_x(I) = V(I) - 3{,}5I$ ($R = 3{,}5$ Ом)

в) при $V \ge 5$В $U_x(I) = V(I) - 3{,}5I$ ($R = 1{,}5$ Ом)

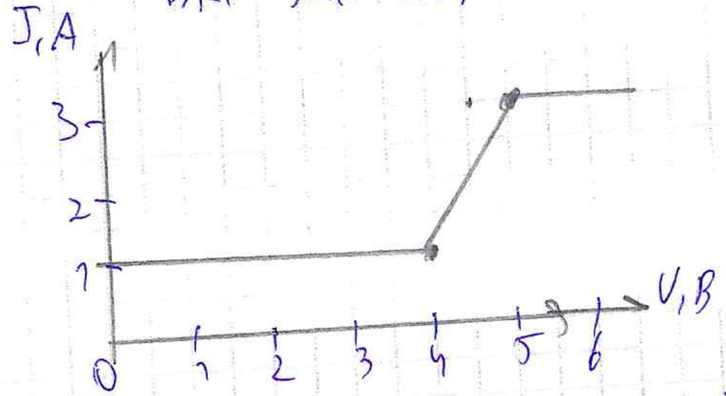


ВАХ $I_x(U_x)$ монотонно возрастает, поэтому такая схема тоже не ~~подходит~~ факт, что подходит

(2):

Судя по всему, $U_0 \geq 7$ В, так как иначе напряжение через диод-резистор бы не росло (не стал бы выше 3А), а по графику при $I = 3A$ $U \in [5; 7]$ В

ВАХ элемента такой же, как представленный.



Вывод: судя по всему, подходит ~~такая~~ эта схема.