

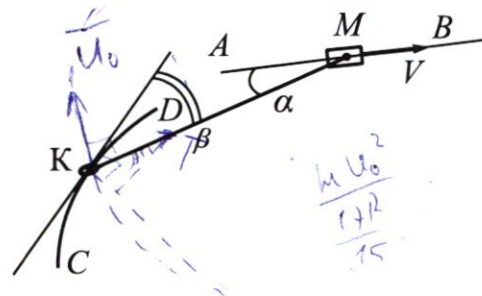
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без влс

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



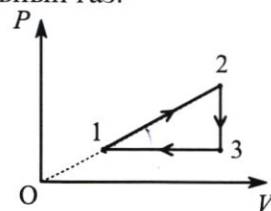
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.

2) Найти для процесса 1-2 отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.

2) Найдите напряжение U на конденсаторе.

3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

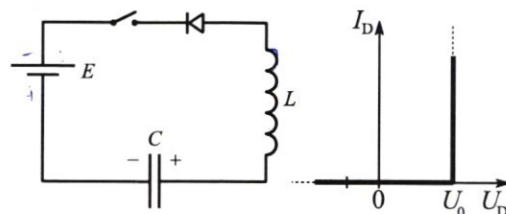
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.

1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.

2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.

3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.



5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/3$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии F от линзы.

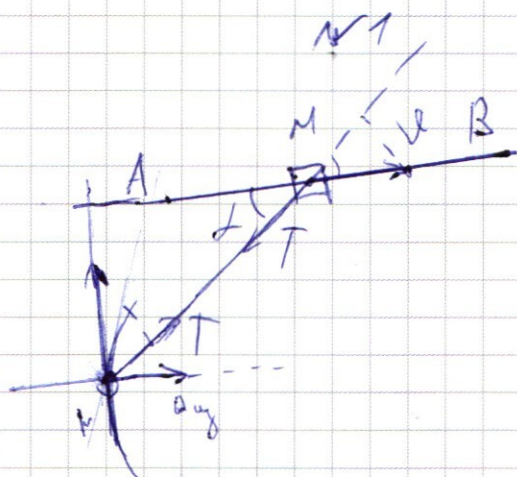
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$V \cos \alpha = U \cos \beta$$

$$y = \frac{V_{\text{rest}}}{\cos \beta} = \frac{60 \cdot \frac{3}{4} \cdot 17}{8} =$$

$$= 3.17 = 51$$

$$\frac{0.2}{2} = 0.1 + \frac{0.02}{3}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{2}{5} \cdot \frac{8}{12} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{12} =$$

$$= \frac{24 - 60}{5.17} =$$

$$189 - 64 = 125$$

$$\frac{1+t-2t}{1+t} = 1 - \frac{2t}{1+t}$$

$$m a_y = T \sin \beta$$

$$m \frac{d^2 u}{dt^2} = T \sin \beta$$

$$\frac{1.05}{2.105} =$$

$$50 + 7 \cdot 5 = 85$$

$$\frac{4-t}{7+t} = \frac{1}{2}$$

$$85 = 5 \cdot (17)$$

$$1 - 2t = 1 + t$$

$$3.8 \quad f = 0.4$$

$$51 \cdot \frac{1}{2}$$

$$A_2 = \frac{P_2 - P_1}{2} \frac{(V_2 - V_1)}{2}$$

$$\frac{R \parallel (R + j\omega L)}{R} = T$$

$$\frac{P_2 - P_1}{P_2 + P_1} \leftarrow \frac{A}{Q}$$

539.11 Δ_2

539.11
100

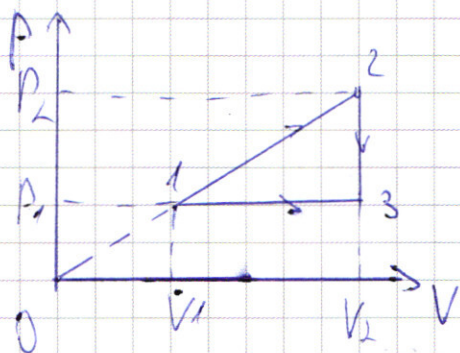
$$\frac{1-t}{1+t}$$

$$\frac{(P_2 - P_1)^2}{P_2 + P_1}$$

$$P_1 = \frac{V_1}{V_2} P_2$$

$$P_2 \left(1 - \frac{V_1}{V_2} \right) = \frac{P_1 V_1}{V_2}$$

$$\frac{t}{t+1} = \frac{1}{1+t} = \frac{1}{1+t} \cdot \frac{1+t}{1+t} = \frac{1+t}{(1+t)^2}$$



$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \quad P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_1 V_1 = \frac{V_1^2 P_2}{V_2}$$

Есму $P = \text{const}$

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{P_1}{T_3} \quad \frac{V_3}{T_3} = \frac{V_1}{T_1}$$

$$P V_1 = \nu R T_1$$

$$\frac{V}{T} = \frac{\nu R}{P}$$

$$Q = A + \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$\times \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$\frac{P_1 V_1}{V_1^2} = \frac{P_2 V_2}{V_2^2}$$

$$P V_2 = \nu R T_2$$

$$C \nu (T_2 - T_1) = Q$$

$$A = \frac{(V_2 - V_1)(P_1 + P_2)}{2}$$

$$\frac{\nu R T_1}{V_1^2} = \frac{T_2}{V_2^2}$$

$$Q = \frac{1}{2} \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$C \nu (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$C = \frac{3}{2} R$$

$$U = E$$

Есму $P = \text{const}$

0,2d

$$\frac{E}{\nu}$$

$$C \nu (T_2 - T_1) = P \Delta V + \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$F = g E$$

$$C = \nu R \Delta T + \frac{3}{2} R = \frac{5}{2} R$$

$$F = \frac{m a}{g} E = g \frac{E}{g}$$

$$P_1 V_1$$

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2}$$

$$A = V_2 P_1 + V_2 P_2 - V_1 P_1 - V_1 P_2$$

$$= \nu R T_3 + \nu R T_2$$

$$- \nu R T_1 - \frac{E}{g}$$

$$P_2 (V_2 - V_1) \left(\frac{V_1}{V_2} + 1 \right)$$

$$A = \frac{P_2 (V_2^2 - V_1^2)}{2}$$

$$Q = A + \frac{3}{2} \nu R \left(\frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) \right) =$$

$$= \frac{3}{2} P_2 (V_2 - \frac{V_1^2}{V_2}) =$$

$$= \frac{3}{2} \frac{P_2}{V_2} (V_2^2 - V_1^2)$$

$$Q = (+) =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten physics solution on grid paper. The solution includes three diagrams of a rod of length l pivoted at the right end. The first diagram shows forces F and $2F$ at distance $l/3$ from the pivot. The second diagram shows the rod at an angle with forces and velocity vectors. The third diagram shows the rod at an angle with forces and velocity vectors. Below the diagrams are several equations:

$$E = U_1 + U_0$$

$$U_1 = E - U_0$$

$$U_2 = E - U_0$$

$$\frac{CU_1^2}{2} = \frac{CU_2^2}{2} + \frac{lI^2}{2}$$

$$\frac{CU_1^2}{2} = \frac{CU_2^2}{2} + \frac{lI^2}{2}$$

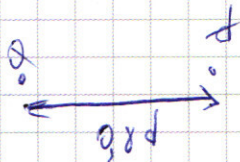
$$\frac{CU_1^2}{2} = \frac{CU_2^2}{2} + \frac{lI^2}{2}$$

$$ma = qE$$

$$ma = \frac{q}{m} E = \gamma E$$

$$0 = v_1 - aT$$

$$T = \frac{v_1}{a}$$



$$qEd = v_1 T - \frac{aT^2}{2}$$

$$q = A = qEd$$

$$A = qE(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$Ed = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$qEg$$

$$v = \frac{A}{g}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано: $V = 40 \text{ см/с}$

$m = 1 \text{ кг}$

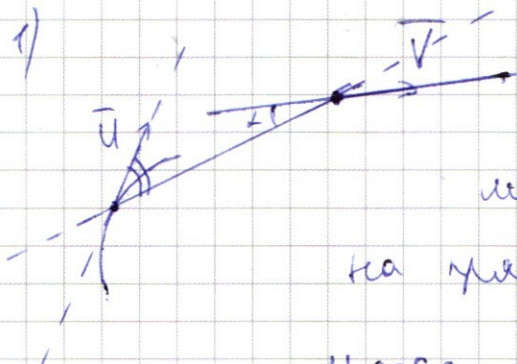
$R = 1,7 \text{ м}$

$L = 17R/15$

$\cos \alpha = \frac{3}{5}$

$\cos \beta = \frac{8}{17}$

Решение:



Проекция
скорости

измерен и касательная
на траекторию преса равна:

$$U \cos \beta = V \cos \alpha$$

$$U = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = 40 \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{17}{8} =$$

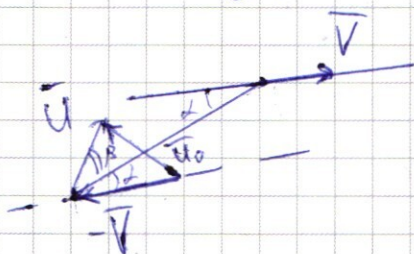
$$= 51 \text{ см/с}$$

1) $U - ?$

2) $U_0 - ?$

3) $T - ?$

2) Будем в систему отсчета, скорость касательная
окружности равна вектору $\vec{U} - \vec{V}$



$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} =$$

$$= \frac{24 - 60}{5 \cdot 17} = -\frac{36}{85}$$

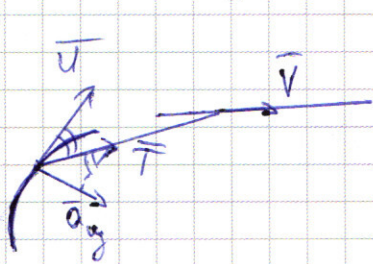
По теореме косинусов: $U_0^2 = 51^2 + 40^2 + 2 \cdot \frac{36}{85} \cdot 51 \cdot 40 =$

$$= 51^2 + 40^2 + 72 \cdot 3 \cdot 8 = 5929$$

$$U_0 = \sqrt{5929} = 77 \text{ см/с}$$

3) Будем рассматривать движение касательная как движение

мемлю на окръжността радиуса R .

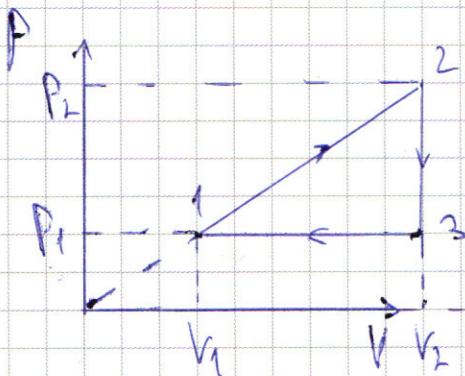


$$a_y a_y = \frac{u^2}{R}$$

$$m a_y = T \sin \beta$$

$$T = \frac{\cancel{m u^2}}{R \sin \beta} = \frac{m u^2}{R \sin \beta} = \frac{1 \cdot (0.4)^2}{1.7 \cdot \frac{15}{17}} = \frac{0.16}{\frac{3}{2}} = \frac{0.32}{3} \approx 0.1 \text{ Н}$$

Отговор: 1) 51 см/с ; 2) 7.7 см/с ; 3) 0.1 Н
✓2



За да се

1) Температурите на краищата на участъка 2-3 и 3-1. Обозначим с m масата на газа.

За участъка 2-3 ($V = \text{const}$):

$$\begin{cases} C_{23} \Delta T = Q \\ Q = A + \frac{3}{2} V R \Delta T \end{cases} \Rightarrow C_{23} = \frac{3}{2} R$$

За участъка 3-1 ($P = \text{const}$):

$$\begin{cases} C_{31} \Delta T = Q \\ Q = A + \frac{3}{2} V R \Delta T = V R \Delta T + \frac{3}{2} V R \Delta T = \frac{5}{2} V R \Delta T \end{cases}$$

$$C_{31} = \frac{5}{2} R \Rightarrow \frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$$

2) За участъка 1-2 възниква условие:
 $\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Теплота, полученная газом: $Q = A + \frac{3}{2} V R \Delta T$
 $A = \frac{(P_1 + P_2)(V_2 - V_1)}{2}$ (площадь этой трапеции под графиком)

$$P_1 = \frac{V_1}{V_2} P_2 \Rightarrow A = \frac{P_2 \left(\frac{V_1}{V_2} + 1 \right) (V_2 - V_1)}{2} = \frac{P_2 (V_2^2 - V_1^2)}{2V_2}$$

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \Rightarrow \frac{P_1 V_1}{V_1^2} = \frac{P_2 V_1}{V_2^2} \Rightarrow \frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2}$$

$$\Delta V = \frac{3}{2} V R \Delta T = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = \frac{3}{2} \left(P_2 V_2 - \frac{V_1^2}{V_2} P_2 \right) = \frac{3 P_2 (V_2^2 - V_1^2)}{2V_2}$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{\frac{P_2 (V_2^2 - V_1^2)}{2V_2} + \frac{3 P_2 (V_2^2 - V_1^2)}{2V_2}}{\frac{P_2 (V_2^2 - V_1^2)}{2V_2}} = \frac{1 + 3}{1} = 4$$

$$\eta = \frac{(P_2 - P_1)(V_2 - V_1) \cdot \frac{1}{2}}{(P_1 + P_2)(V_2 - V_1) \cdot \frac{1}{2}} = \frac{P_2 - P_1}{P_2 + P_1} = \frac{1 - \frac{P_1}{P_2}}{1 + \frac{P_1}{P_2}}$$

Обозначим $\frac{P_1}{P_2} = t, \quad 0 < t < 1$

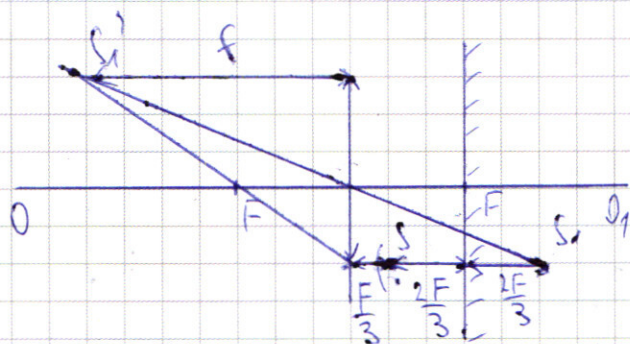
$$\left(\frac{1-t}{1+t} \right)' = - \frac{(1+t) - (1-t)}{(1+t)^2} = - \frac{1-t-1+t}{(1+t)^2} = - \frac{0}{(1+t)^2} = 0$$

Ответ: 1) $\frac{3}{5}$; 2) 4

Дано: $F, \frac{F}{3}, \frac{8F}{15}$
 V

Ищем:

1)



Изображение S' , предмета S в зеркале является
вспомогательным для линзы.

S' находится на расстоянии $d = F + \frac{2F}{3} = \frac{5F}{3}$ от линзы.

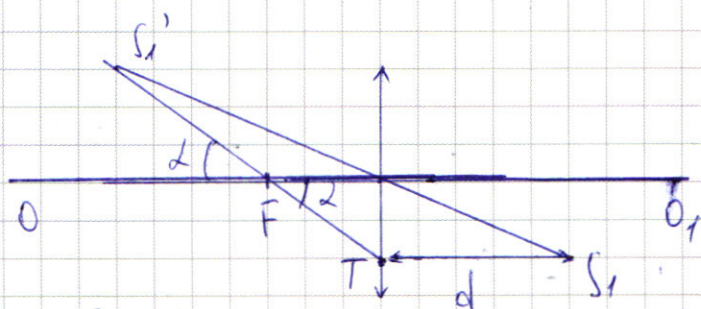
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$$

линзы.

$$\frac{1}{F} = \frac{d - F}{Fd} \Rightarrow f = \frac{\frac{1}{3}F}{\frac{5}{3} - \frac{1}{3}} = \frac{\frac{1}{3}F^2}{\frac{4}{3}} =$$

$$= 2,5F$$

2)



Изображение S' находится по прямой FT на рисунке, поэтому угол 2α - искомый.

$$\tan \alpha = \frac{8F}{15} / F = \frac{8}{15} \Rightarrow \alpha = \arctan \frac{8}{15}$$

3) S движется со скоростью $2V$, н.к. удаляется от S в два раза быстрее чем зеркало.

$$2V \begin{cases} U = F \cdot 2V \\ F = \frac{F}{d} \end{cases} \quad U = \frac{F}{d} 2V = \frac{35F}{5F} \cdot 2V = 3V$$

Ответ: 1) $\frac{5}{2}F$; 2) $\arctan \frac{8}{15}$; 3) $3V$

✓

см. на след. странице

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

Дано: $E = 3 \text{ В}$

$C = 20 \text{ мкФ}$

$U_1 = 6 \text{ В}$

$L = 0,2 \text{ Гн}$

$U_0 = 1 \text{ В}$

1) $I'(0) = ?$

2) $I_m = ?$

3) $U_2 = ?$

Решение:

1) Сразу после замыкания ключа:

$$\begin{cases} E = U_0 + U_2 \quad (U_2 - \text{напряжение на конденсаторе}) \\ \frac{CU_1^2}{2} = \frac{CU_2^2}{2} + \frac{LI^2}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} U_2 = E - U_0 \\ \frac{q U_1}{2} = \frac{q U_2}{2} + \frac{L q^2}{2 (\Delta t)^2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} U_2 = E - U_0 \\ \frac{U_1}{2} = \frac{U_2}{2} + \frac{L q}{2 (\Delta t)^2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} U_2 = E - U_0 \\ \frac{U_1 - E + U_0}{2} = \frac{LI}{2 \Delta t} \end{cases} \Rightarrow \frac{I}{\Delta t} = \frac{U_1 + U_0 - E}{L} =$$

$$= \frac{7 - 3}{0,2} = 20 \frac{\text{А}}{\text{с}} - \text{иско-}$$

мая величина

$$2) \frac{CU_1^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}$$

$$I_m = U_1 \sqrt{\frac{C}{L}} = 6 \cdot \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-1}}} = 6 \cdot 10^{-2} = 0,06 \text{ А}$$

Ответ: ~~206 А~~ 1) $20 \frac{\text{А}}{\text{с}}$
2) $0,06 \text{ А}$

№ 3

Дано: ϕ, V_1 | Решение:

$$\gamma = \frac{q}{m}$$

1) Пусть E - напряженность поля. Тогда

1) T - ?

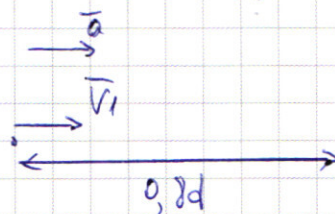
2) U - ?

3) V_0 - ?

$$ma = qE$$

$$a = \gamma E - \text{ускорение частицы}$$

$$\begin{cases} 0 = V_1 - aT \\ 0,8d = V_1 T - \frac{aT^2}{2} \end{cases}$$



$$\begin{cases} V_1 = aT \\ 0,8d = \frac{aT^2}{2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow 0,8d = \frac{V_1 T}{2}$$

$$T = \frac{2 \cdot 0,8d}{V_1}$$

$$1) a = \frac{V_1}{T} = \frac{V_1^2}{1,6d} = \gamma E \Rightarrow E = \frac{V_1^2}{1,6d\gamma}$$

$$\neq U = Ed = \frac{V_1^2}{1,6\gamma}$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{1,6d}{V_1}; \quad 2) \frac{V_1^2}{1,6\gamma}$$