

# Олимпиада «Физтех» по физике, (

## Вариант 10-01

Класс 10

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

1. Камень бросают с вышки со скоростью  $V_0 = 8$  м/с под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту. В полете камень все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью  $2,5V_0$ .

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.
- 2) Найти время полета камня.
- 3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.

Ускорение свободного падения принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха не учитывать.

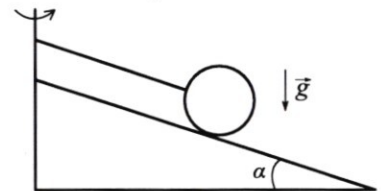
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние  $S$  к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно  $m$  и  $M = 5m$ . Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом  $\mu$ .



- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу  $F$  ( $F > F_0$ ) к канату?

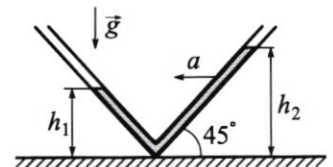
3. Однородный шар массой  $m$  и радиусом  $R$  находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной  $L$ , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью  $\omega$  вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол  $\alpha = 45^\circ$ . При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленах трубки устанавливаются на высотах  $h_1 = 8$  см и  $h_2 = 12$  см.

- 1) Найдите ускорение  $a$  трубки.
- 2) С какой максимальной скоростью  $V$  будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?



Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Действие сил трения пренебрежимо мало.

5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре  $95^\circ\text{C}$  и давлении  $P = 8,5 \cdot 10^4$  Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.
- 2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в  $\gamma = 4,7$  раза.

Плотность и молярная масса воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>,  $\mu = 18$  г/моль.

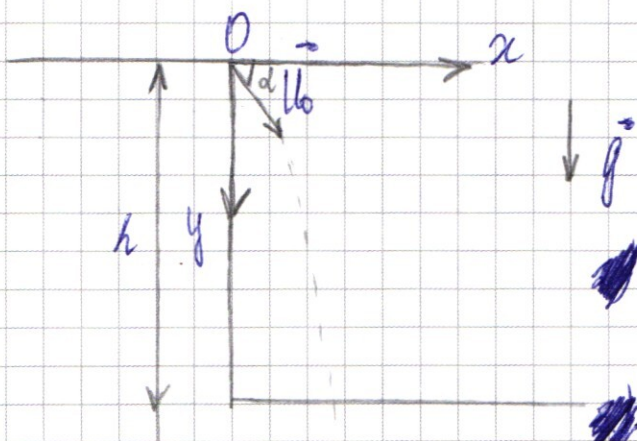


## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1

$v_0 = 8 \frac{м}{с}$ ,  $\alpha = 60^\circ$ ,  $V = 2,5v_0$

гор. поверхности Земли даёт нам возможность най-  
ти ориентацию вектора скорости. Пусть  
высота точки равна  $h$



1.) Введём ось  $Ox$  и  $Oy$  так,  
как показано на рисунке

$Ox: v_x = v_0 \cos \alpha$

$Oy: v_y = v_0 \sin \alpha + gt$

Как мы видим,  $v_x = v_0 \cos \alpha =$   
 $= v_0 \cos 60^\circ = 0,5v_0 = \text{const}$

Тогда как полная скорость

камень при падении  $v = 2,5v_0$ , то из формулы Пифагора

$v_y = \sqrt{(2,5v_0)^2 - (0,5v_0)^2} = v_0 \sqrt{6,25 - 0,25} = v_0 \sqrt{6} = 8\sqrt{6} \frac{м}{с} = 19,2 \frac{м}{с}$

Ответ:  $v = 8\sqrt{6} \frac{м}{с}$

2.) Причём камня -? Камень находится в свободном па-  
дении. Запишем 3СЗ.

$\frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{m(2,5v_0)^2}{2}$

выскажет минимальное  $v_0^2 + 2gh = 6,25v_0^2$

$2gh = 5,25v_0^2$

$h = \frac{1}{2g} 5,25v_0^2$

Как было показано ранее  $v_y = v_0 \sin \alpha + gt$ , Зная, что

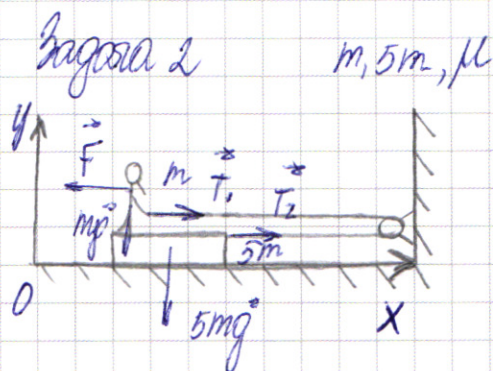
полная скорость  $v_y = 10 \text{ м/с}$ , найдем время полета

$$t = \frac{v_y - v_0}{g} = \frac{10 - 0}{10} = 1 \text{ с}$$

$$= \frac{4}{5} \cdot \sqrt{2} \left( \sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) = \left[ \begin{array}{l} \sqrt{2} \approx 1,41 \\ \sqrt{3} \approx 1,7 \end{array} \right] = 0,8 \cdot 1,7 (1,4 - 0,5) =$$

$$= 0,8 \cdot 1,7 \cdot 0,9 = 1,224 = \boxed{1,2 \text{ с}} \quad \text{Ответ:}$$

2.) Горизонтальная скорость:  $v_x = v_0 \cos \alpha = \text{const}$   $x = v_x t$   
 $x = v_0 \cos \alpha \cdot t = 10 \cos 60^\circ \cdot t = 4t = \boxed{4,8 \text{ м}} \quad \text{Ответ:}$



$T_1 = T_2$  т.к.  
 шнур нерастяжимый

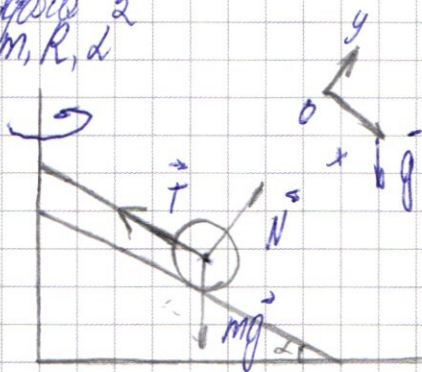
1.) Введем ось  $Ox$  и  $Oy$  так, как показано на рисунке.  
 Движение вдоль оси  $Oy$  отсутствует.  
 Запишем 2-й закон Ньютона.  
 $N + mg + 5mg = 0$   
 Ответ:  $N = 6mg$

2.) Шнур будет минимальной длины, когда будет отсутствовать сцепление шнуром с 2-м телом.  
 Запишем 2-й закон Ньютона для шнурка.  
 равновесие:  $F = T$   
 сцепление:  $T = F_{mp}$   
 $F_{mp} = \mu N$  и равно сцеплению шнурка с 2-м телом.  
 $= 6\mu mg$   
 Ответ:  $F = 6\mu mg$  Ответ:

3. По теореме об увеличении минимальной энергии:  
 $Fs = 6\mu mg s = \frac{6\mu m g s}{2}$  (т.к. шнур нерастяжимый и шнур не имеет относительного удлинения)  
 Ответ:  $s = \sqrt{\frac{1}{2} s \left( \frac{F}{m} - \mu g \right)}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3  
 $m, R, \alpha$



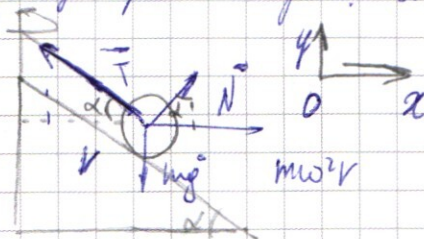
1) Изобразим силы, действующие на шарик, после он покатится в سمت بالا

II 3. Ньютона:  $\vec{T} + \vec{N} + m\vec{g} = 0$

Проецируем на ось Ox

$$T = mg \sin \alpha \quad \text{Ответ:}$$

2) Если ось координат вращается с шаром и линией шесту от центра. В ней на шар действует центробежная сила  $F_{цб} = m\omega^2 r$ , где  $r$  - расстояние от оси вращения до центра шара. После изобразим все силы:



$$r = (l + 0.5R) \cos \alpha$$

$$\text{Ox: } T \cos \alpha = m\omega^2 r + N \sin \alpha \quad (1)$$

$$\text{Oy: } T \sin \alpha + N \cos \alpha = mg \quad (2)$$

$$\text{Из (2)} \quad N = \frac{mg - T \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

Подставим (1)

$$T \cos \alpha = m\omega^2 r + \frac{mg - T \sin \alpha}{\cos \alpha} \sin \alpha$$

$$T \cos \alpha + \frac{T \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} = m\omega^2 r + mg \tan \alpha$$

$$\frac{T}{\cos \alpha} = m\omega^2 r + mg \tan \alpha$$

$$T = (m\omega^2 (l + 0.5R) \cos \alpha + mg \tan \alpha) \cos \alpha = m\omega^2 (l + 0.5R) \cos^2 \alpha + mg \sin \alpha$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$u = \sqrt{0,5 \frac{(h_1 - h_2)^2}{\rho}} = \sqrt{0,5 \frac{(20 \cdot 10^{-4} - 2)^2}{20 \cdot 10^{-2} \cdot 10}} = \sqrt{4 \cdot 10^{-2}} = 0,2 \frac{м}{с}$$

Задача 5

$$p = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$T = 95^\circ \text{C}$$

$$T = \text{const}$$

Давление насыщенного пара не зависит от объема и температуры  $T = \text{const}$

$$p_{\text{пар}} = \frac{p_{\text{пл}}}{RT}$$

$$p_{\text{пар}} = \frac{p_{\text{пл}}}{RT}$$

$$p_{\text{пар}} = \frac{p_{\text{пл}}}{RT}$$

$$p_{\text{пар}} = \frac{p_{\text{пл}}}{RT}$$

$$p_{\text{пар}} = \frac{p_{\text{пл}}}{RT}$$

$$p_{\text{пар}} = \frac{p_{\text{пл}}}{RT}$$

$$p_{\text{пар}} = \frac{p_{\text{пл}}}{RT}$$

$$p_{\text{пар}} = \frac{p_{\text{пл}}}{RT}$$

$$p_{\text{пар}} = \frac{p_{\text{пл}}}{RT}$$

$$p_{\text{пар}} = \frac{p_{\text{пл}}}{RT}$$

$$p_{\text{пар}} = \frac{p_{\text{пл}}}{RT}$$

1.) К пару насыщенного / насыщенного  
уровня составов

$$pV = \nu RT$$

$$p = \frac{m}{\mu V} RT$$

$$p = \frac{\rho}{\mu} RT$$

$$p = \frac{\rho}{\mu} RT$$

$$p = \frac{\rho}{\mu} RT$$

$$p = \frac{\rho}{\mu} RT$$

$$p = \frac{\rho}{\mu} RT$$

$$p = \frac{\rho}{\mu} RT$$

$$p = \frac{\rho}{\mu} RT$$

$$p = \frac{\rho}{\mu} RT$$

$$p = \frac{\rho}{\mu} RT$$

$$p = \frac{\rho}{\mu} RT$$

$$p = \frac{\rho}{\mu} RT$$

$$2.) \rho = 4,7$$

$$\frac{V_{\text{пар}}}{V_{\text{вс}}} = \frac{V_0 (1 - \delta)}{V_0 (1 - \delta)} = \frac{V_0 (1 - \delta)}{V_0 (1 - \delta)}$$

Объем пар  $V_0$  и объем пар  $V_0$

Уравнение состояния пара:  $p_{\text{пл}} V_0 = \rho_{\text{пл}} V_0$

$$V_0 = \frac{\rho_{\text{пл}} V_0}{p_{\text{пл}}}$$

$$V_0$$

Задача 5

2)

$$\frac{V_{\text{исх. пара}}}{V_{\text{всех пара}}} = f$$

$$V_{\text{всех пара}} = \frac{1}{f} V_0$$

$$V_{\text{исх. пара}} = V_0 \left(1 - \frac{1}{f}\right)$$

исх. пара =  $S_{\text{пара}} \cdot V_{\text{исх. пара}}$   
всех пара =  $S_{\text{пара}} \cdot V_{\text{всех пара}}$

Поток:  $\frac{V_{\text{пара}}}{V_{\text{вода}}} = \frac{V_{\text{всех пара}} \cdot S_{\text{вода}}}{S_{\text{пара}} \cdot V_{\text{исх. пара}}} = \frac{S_{\text{вода}}}{S_{\text{пара}}} \cdot \frac{\frac{1}{f} V_0}{V_0 \left(1 - \frac{1}{f}\right)} = \frac{S_{\text{вода}}}{S_{\text{пара}}} \cdot \frac{1}{f-1} =$

$$= \frac{1}{5} \cdot 10^4 \cdot \frac{1}{3,7} = \frac{1}{18,5} \cdot 10^4 = \frac{10}{185} \cdot 10^4,$$

$$= \frac{1000}{185} \cdot 10^2 = \boxed{54 \cdot 10^2} \quad \text{Ответ:}$$

1) И пару применимо уравнение состояния  
 $PV = DRT \Rightarrow S = \frac{DRT}{P}$

Ответ:

$$\frac{S_{\text{н}}}{S_{\text{в}}} = \frac{DRT_{\text{н}}}{DRT_{\text{в}}} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368 \cdot 10^3} = 0,05 \cdot 10^{-2} = \boxed{5 \cdot 10^{-4}}$$

Поток или давление нас пара не зависит от ~~температуры~~ <sup>объема</sup>  
и  $T$  - конт, то все постоянно по всей процессе,  
значит, плотность тоже постоянна

Задача 4 (продолжение)

Ответ:

$$u = \sqrt{0,5 \frac{(h_1 - h_2)^2}{h_1 + h_2} g} = 0,5 \sqrt{\frac{16 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 20 \cdot 10^{-2} \cdot 10}} = \boxed{0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$

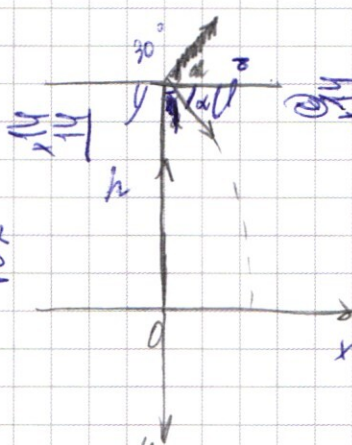
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1

$$v_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$l = 2,5 \text{ м}$$



$$Ox: v_x = v_0 \cos \alpha$$

$$Oy: v_y = v_0 \sin \alpha - gt$$

$$v_x = v_0 \cos \alpha = \text{const} = 8 \cdot \cos 60^\circ = 8 \cdot \frac{1}{2} = 4 \text{ м/с}$$

По теореме Пифагора

$$v_y = \sqrt{(2,5 \text{ м/с})^2 - 4 \text{ м/с}^2}$$

$$v_y = 2,5 \sqrt{6,25 - 0,25} = \sqrt{6} \text{ м/с} \cdot 8 \sqrt{6} \text{ м/с}$$

$$2.) \quad t = \frac{v_{y0} - v_y}{2g} = \frac{v_0 \sin 30^\circ - v_0 \sqrt{6}}{2 \cdot 10} = \frac{8 \cdot \frac{1}{2} - 8 \sqrt{6}}{2 \cdot 10}$$

$$= \frac{8(1/2 - \sqrt{6})}{20}$$

$$3.) \quad v_0 \sin \alpha$$

$$\begin{array}{r} 8 \\ \times 1,8 \\ \hline 144 \\ 144 \\ \hline 144 \\ \hline 144 \\ \hline 144 \\ \hline 144 \end{array}$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha - gt$$

$$8\sqrt{6} = 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - gt$$

$$t = \frac{8(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2})}{g}$$

$$\sqrt{2} \approx 1,4$$

$$\sqrt{3} \approx 1,7$$

$$\begin{array}{r} +273 \\ 95 \\ \hline 368 \end{array}$$

293

$$273 + 95$$

$$5 \cdot 1,4 = 7$$

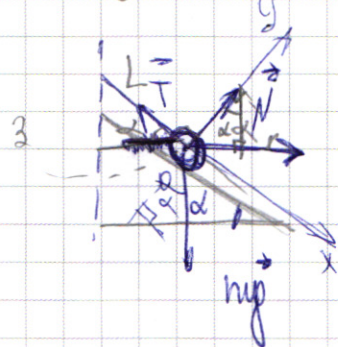
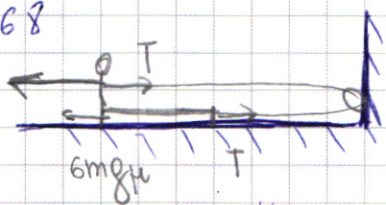
$$\frac{4/1}{20} = \frac{1,7}{1,7}$$

$$S, m, 5m, \mu$$

$$\frac{1,7}{0,8}$$



$$\begin{array}{r} 14 \\ +14 \\ \hline 56 \\ 14 \\ \hline 196 \\ 24 \\ +24 \\ \hline 96 \\ 48 \\ \hline 576 \end{array}$$



$$1) 6mg$$

$$2) F - 6mg\mu \text{ curve}$$

$$3) F > 6$$

$$FS = 6mg\mu S + \frac{6mV^2}{2}$$

$$\begin{array}{r} 2,4 \\ 8 \\ \hline 19,2 \end{array}$$

$$m, R, \alpha, L, \text{ nob. wagnal}$$

$$\vec{T} + \vec{N} + \vec{mg} = \vec{0}$$

$$OX: mg \sin \alpha = T$$

$$OY: mg \cos \alpha = N$$

$$2) R = L \cos \alpha$$

$$F_{\text{centrif}} = m\omega^2 \left( L \cos \alpha + \frac{R}{2} \right) = m\omega^2 \left( L + \frac{R}{2} \right) \cos \alpha$$

$$T \sin \alpha = N$$

$$T \cos \alpha = N \sin \alpha + m\omega^2 R$$

$$T \sin \alpha + N \cos \alpha = mg$$

$$T \cos \alpha = \left( \frac{mg - T \sin \alpha}{\cos \alpha} \right) \sin \alpha + m\omega^2 R$$

$$\begin{array}{r} 0,78 \\ 1,17 \\ \hline 504 \\ 22 \\ \hline 1,224 \\ 9 \times 8 \end{array}$$

$$0,78$$

$$T \cos \alpha = \frac{mg \sin \alpha}{\cos \alpha} - \frac{T \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} + m\omega^2 R$$

$$T \left( \frac{\cos \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right) = mg \tan \alpha + m\omega^2 R$$

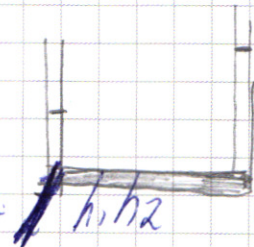
$$T = mg \tan \alpha + m\omega^2 \left( L + \frac{R}{2} \right) \cos \alpha$$

$$W = 2RT$$

$$p = \frac{W}{V} = \frac{2RT}{V}$$

$$m_{\text{вода}} = \frac{\rho_{\text{вода}} (1 + V)}{\rho_{\text{вода}}}$$

и амплитуда p.b



$$\rho g (h_2 - h_1) S = \rho g h_1 S \sin 45^\circ \cdot 2a \cdot S =$$

$$\frac{1}{2} h_1^2 \cdot \frac{1}{2} h_2^2 = h_1 h_2$$

$$2) \text{ глг: } m_1 g h_1 + m_2 g h_2 =$$

$$= \frac{2mg}{m_1 + m_2} (m_1 + m_2) g \cdot \frac{h_1 - h_2}{2} + \frac{m_1 + m_2}{2} V^2$$

Расс. наре не зависит от объема, а только от T

$$5) t = 95^\circ \text{C}$$

$$p = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$T = \text{const}$$

$$\frac{\rho_{\text{наре}}}{\rho_{\text{вода}}} = \frac{\frac{pV}{RT}}{\rho_{\text{вода}}}$$

$$2) \frac{\text{Объем наре}}{\text{Объем воды}}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 185 \\ + 185 \\ \hline 370 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 185 \\ \times 4 \\ \hline 740 \end{array}$$

Объем нагр. увеличивается в  $\delta = 4,7$

$$\frac{V_{\text{нагр.}}}{V_{\text{ост.}}} = 4,7$$

$$V_{\text{ост.}} = \frac{V_{\text{нагр.}}}{4,7}$$

$$\frac{V_0}{\delta} =$$

$$\begin{array}{r} 1000 \\ - 185 \\ \hline 815 \end{array}$$

$$\frac{V_{\text{нагр.}}}{V_{\text{ост.}}} = \frac{1}{\delta}$$

$\delta V_0$  масса

$$V_{\text{нагр.}} = (V_0 - \delta V_0)$$

$$\frac{1}{\delta - 1}$$

$$\frac{368}{18} = 20,44$$

$$\begin{array}{r} 185 \\ + 185 \\ \hline 370 \end{array}$$

$$\frac{\rho_{\text{нагр.}}}{\rho_{\text{ост.}}} = \frac{A_{\text{II}}}{RT \cdot 10^3} \cdot \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 10^{-3}}{RT \cdot 10^2} = \frac{8,5}{3,3} \cdot \frac{18}{20} \cdot 10^{-2} =$$

$$\frac{368}{18} = 20,44$$

$$0,05 \cdot 10^{-2} = 0,5 \cdot 10^{-3}$$

$$\begin{array}{r} 185 \\ + 185 \\ \hline 370 \end{array}$$

$$153$$

$$\begin{array}{r} 8,5 \times 18 \\ 153 \\ \hline 368 \\ + 368 \\ \hline 736 \\ + 736 \\ \hline 1472 \\ + 1472 \\ \hline 2944 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8,5 \\ \times 18 \\ \hline 153 \\ + 736 \\ \hline 1530 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ + 85 \\ \hline 90 \\ 144 \\ \hline 153,0 \end{array}$$

153

$$\begin{array}{r} 831 \\ + 268 \\ \hline 00 \\ 5628 \\ 4986 \\ 2493 \\ \hline 305808 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3058 \overline{) 153} \\ \underline{153} \\ 0 \\ \hline 153 \\ \underline{20} \\ 3060 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 153 \\ 3058 \end{array} 10^4$$

$$\begin{array}{r} 4481 \\ \underline{511} \\ 4890 \\ \underline{211} \\ 4679 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 945 \\ \underline{5} \\ 581 \\ \hline 945 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1000 \overline{) 185} \\ \underline{185} \\ 0 \\ \hline 185 \\ \underline{185} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10 \overline{) 185} \\ \underline{185} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 185 \\ \underline{5} \\ 37 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 30544 \\ \underline{1164} \\ 1890 \\ \underline{1890} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1504 \\ \underline{153} \\ 1351 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10 \\ \hline 1000 \end{array} = 47$$

$$\begin{array}{r} 1 - 47 \\ \hline 47 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3058 \overline{) 153} \\ \underline{153} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1000 \\ \underline{185} \\ 815 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3060 \\ \underline{153} \\ 2907 \end{array}$$