0 612324 140005

61-23-24-14
(47.1)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант №1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Ломоносов"
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Анохина Серафима Дмитриевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«5» марта 2023 года

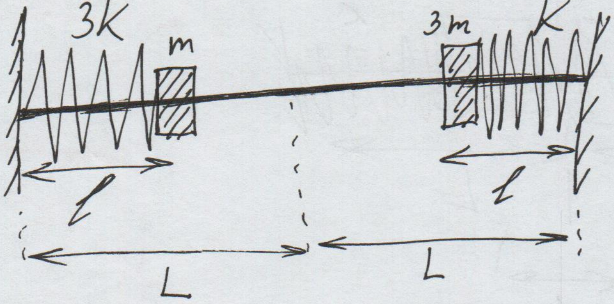
Подпись участника

61-23-24-14
(47.1)

Задача 1.2.1.

Дано:
$L = 20$ см
$\ell = 10$ см

$A - ?$



Потенциальная энергия первой пружины:

$$E_1 = \frac{3k\cdot(L-\ell)^2}{2}. \quad \text{Второй:} \quad E_2 = \frac{k\cdot(L-\ell)^2}{2}.$$

~~Поскольку жёсткость первой пружины в три раза больше, чем у второй, а масса первого груза в три раза меньше массы второго, ускорение первого груза будет в 9 раз больше.~~

Периоды колебаний пружин будут отличаться в три раза. Интегрировать движение я не умею, поэтому буду считать, что столкновение произойдёт в $\frac{3}{4}$ и $\frac{1}{4}$ расстояния между грузами соответственно.

Тогда ЗСЭ для первого груза:

$$\frac{m v_1^2}{2} + \frac{3k\left(\frac{L-\ell}{2}\right)^2}{2} = \frac{3k\cdot(L-\ell)^2}{2}$$

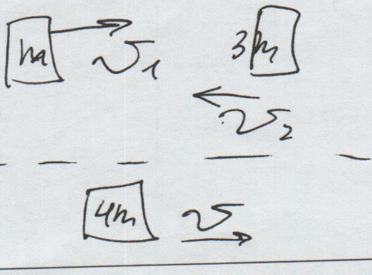
Для второго:

$$\frac{3m v_2^2}{2} + \frac{k\left(\frac{L-\ell}{2}\right)^2}{2} = \frac{k(L-\ell)^2}{2}$$

$\Downarrow$

$$\frac{v_1^2}{3} = 3v_2^2 \Rightarrow v_1 = 3v_2,$$ и движутся они навстречу друг другу.

Закон сохранения импульса:



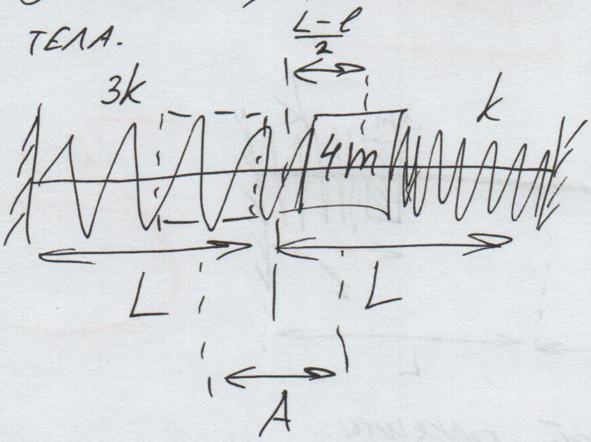
$$m v_1 = 3m v_2 \Rightarrow v = 0$$

Образовавшееся в результате слияния тело будет покоиться.

1	2	3	4	5	Σ
7	20	15	6	16	64

64 (шестьдесят четыре)

Определим, где будет вторая точка остановки тела.



$$\frac{k\left(\frac{L-l}{2}\right)^2}{2}+\frac{3k\left(\frac{L-l}{2}\right)^2}{2}=\frac{k\left(A-\frac{L-l}{2}\right)^2}{2}+\frac{3k\left(A-\frac{L-l}{2}\right)^2}{2}$$

$$(L-l)^2=4\left(A-\frac{L-l}{2}\right)^2 \Rightarrow A-\frac{L-l}{2}=\sqrt{\frac{(L-l)^2}{4}}=$$

$$=\frac{L-l}{2} \Rightarrow A=\frac{L-l}{2}+\frac{L-l}{2}=L-l.$$

$A = 10$ см.

61-23-24-14
(47.1)

Задача 2.9.1.

Дано:

$S = 100\ см^2$

$M = 100\ кг$

$m = 9\ г$

$\mu = 18 \cdot 10^{-3}\ \frac{кг}{моль}$

$t_0 = 0°C$

$t = 127°C$

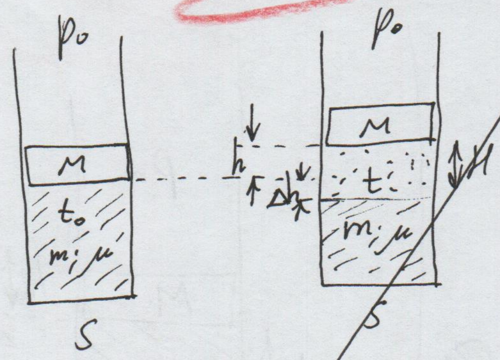
$p_н = 2{,}5 \cdot 10^5\ Па$

$p_0 = 10^5\ Па$

$R = 8{,}3\ \frac{Дж}{моль \cdot K}$

$g = 10\ \frac{м}{с^2}$

$h - ?$



Пусть [redacted] в пар перейдёт ν воды. Тогда:

$p_0 + \frac{Mg}{S} = p$, где p – давление пара.

~~Оно равно давлению насыщенного пара, т.к. пар находится в равновесии с водой~~

Уравнение Менделеева-Клапейрона:

$pV = \nu RT$, где V – объём, занимаемый паром.

Пусть от поверхности воды до поршня H.

$pHS = \nu RT \Rightarrow H = \frac{\nu RT}{pS}$

В пар перейдёт объём воды V_0, равный

$V_0 = \nu \cdot \mu \cdot \rho \Rightarrow \Delta h = \frac{V_0}{S} = \frac{\nu \mu \rho}{S}$

$h = H - \Delta h = \frac{\nu RT}{pS} - \frac{\nu \mu \rho}{S}$

Задача 2.9.1.

Дано:

$S = 100\ см^2$

$M = 100\ кг$

$m = 9\ г$

$t_0 = 0°C$

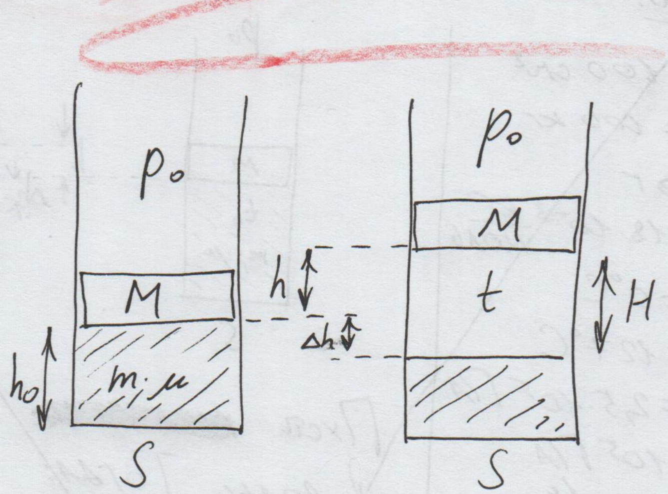
$t = 127°C$

$p_н = 2{,}5 \cdot 10^5\ Па$

$p_0 = 10^5\ Па$

$\mu = 18 \cdot 10^{-3}\ \frac{кг}{моль}$

$h - ?$



Суммарное давление под поршнем будет $p_0 + \frac{Mg}{S} = 2 \cdot 10^5\ Па$, что меньше $p_н$. Следовательно, вся вода испарится. Её количество $\nu = \frac{m}{\mu}$. Ур-е Менд.-Кл.:

$$pV = \nu RT$$

$$\left(p_0 + \frac{Mg}{S}\right) HS = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow H = \frac{mRT}{\mu S \left(p_0 + \frac{Mg}{S}\right)}$$

Уровень воды уменьшится на Δh:

$$V_0 = \frac{m}{\rho};\ V_0 = \Delta h S \Rightarrow \Delta h = \frac{m}{\rho S}$$

$$h = H - \Delta h = \boxed{\frac{mRT}{\mu(Sp_0 + Mg)} - \frac{m}{\rho S}}$$

$$h = \frac{9 \cdot 10^{-3}\ кг \cdot 8{,}3\ \frac{Дж}{моль \cdot К} \cdot 400\ К}{18 \cdot 10^{-3}\ \frac{кг}{моль} \cdot \left(10^{-2}\ м^2 \cdot 10^5\ Па + 100\ кг \cdot 10\ \frac{м}{с^2}\right)} - \frac{9 \cdot 10^{-3}\ кг}{10^3\ \frac{кг}{м^3} \cdot 10^{-2}\ м^2} =$$

$$= \frac{3320}{2 \cdot 2 \cdot 10^3}\ м - 9 \cdot 10^{-4}\ м = 0{,}83\ м - 0{,}0009\ м \simeq 83\ см.$$

Решение и ответ верны

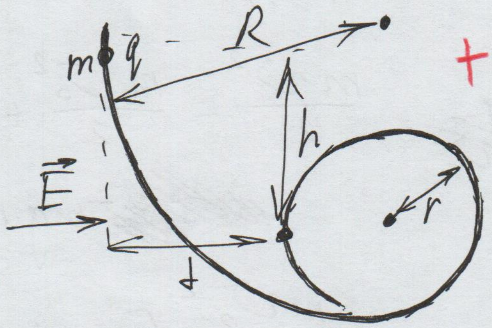
2 0 Кветин

61-23-24-14
(47.1)

Задача 3.8.1.

Дано:
$R = 1$ м
$r = 0{,}25$ м
$m = 1$ г
$q = 10^{-6}$ Кл
$E = 10^3\ \frac{В}{м}$

v_{max} – ?



+

Z

Найдём суммарную силу, действующую на бусинку:

$\vec{F} = q\vec{E} + m\vec{g}$. Поскольку эти силы перпендикулярны, $F = \sqrt{(qE)^2 + (mg)^2}$. +

Из закона сохранения энергии следует, что минимальной сумме потенциальной энергии электрического поля и потенциальной энергии гравитационного поля соответствует максимальная кинетическая энергия и, следовательно, максимальная скорость. Эти потенциальные энергии равны, соответственно,

$W_E = -Eqd$, где d – расстояние по горизонтали, и
$W_g = -mgh$, где h – расстояние по вертикали до начальной точки.

Поскольку сила упругости спицы всегда перпендикулярна вектору скорости, вклад в работу по перемещению тела она не вносит.

Очевидно, минимум потенциальной энергии при движении по дуге будет в самом её конце, там максимальны оба расстояния.

Рассмотрим движение по кольцу. В начале скорость v_0 такова, что $\frac{mv_0^2}{2} = Eq\underline{R} + mg\underline{R}$ (из ЗСЭ). ±

неверно неверно

$$v_0 = \sqrt{\frac{2(EqR + mgR)}{m}}.$$

Пусть бусинка прошла по кольцу угол φ. Запишем ЗСЭ.

$$\frac{m\upsilon^2}{2} = \frac{m\upsilon_0^2}{2} + Eqr\sin\varphi - mgr(1-\cos\varphi) =$$

±

$$= \frac{m\upsilon_0^2}{2} + Eqr\sin\varphi + mgr\cos\varphi - mgr$$

Чтобы найти максимум этой функции найдем производную:

$$\left(\frac{m\upsilon^2}{2}\right)' = Eqr\cos\varphi - mgr\sin\varphi.$$

Приравниваем к нулю:

$$Eqr\cos\varphi - mgr\sin\varphi = 0 \Rightarrow Eq\cos\varphi = mg\sin\varphi =$$

$$= mg\sqrt{1-\cos^2\varphi} \Rightarrow (Eq)^2\cos^2\varphi = (mg)^2 - (mg)^2\cos^2\varphi \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cos^2\varphi\,(E^2q^2+m^2g^2) = m^2g^2 \Rightarrow \cos\varphi = \sqrt{\frac{m^2g^2}{E^2q^2+m^2g^2}} =$$ +

$$= \frac{mg}{\sqrt{E^2q^2+m^2g^2}} = \frac{10^{-2}\,H}{\sqrt{10^{-6}H^2+10^{-4}H^2}} \approx 1$$

φ можно считать примерно равным 0°. Тогда:

$$\cancel{\frac{m\upsilon_{max}^2}{2} = \frac{m\upsilon_0^2}{2} + Eqr - mgr = EqR + mgR + Eqr - mgr =}$$

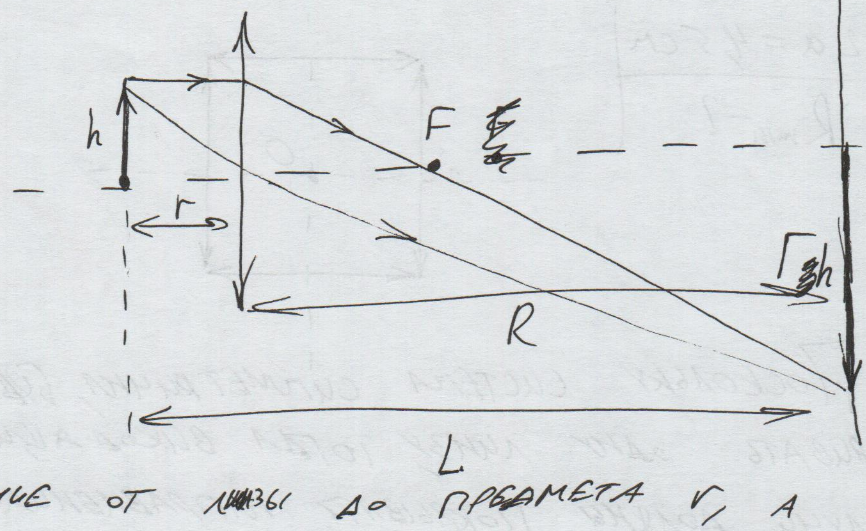
$$\cancel{= Eq(R+r) + mg(R-r) \Rightarrow \upsilon_{max} = \sqrt{\frac{2(Eq(R+r)+mg(R-r))}{m}}} =$$

$$\upsilon_{max} = \upsilon_0 = \sqrt{\frac{2R(Eq+mg)}{m}} = \sqrt{\frac{2\cdot 1м\cdot(10^{-3}H+10^{-2}H)}{10^{-3}кг}} \approx$$

$$\approx \sqrt{2}\,\frac{м}{с} \approx 1{,}4\,\frac{м}{с}$$ −

Задача 4.5.1.

Дано:
$\Gamma = 3$
$L = 80$ см
D — ?



Пусть расстояние от линзы до предмета r, а до изображения — R. Тогда:

$\frac{1}{r} = \frac{1}{R} + \frac{1}{F}$, где F — фокусное расстояние.
(формула тонкой линзы).

Из подобия треугольников „предмет — центр линзы" и „изображение — центр линзы":

$\frac{h}{r} = \frac{\Gamma h}{R} \Rightarrow \frac{R}{r} = \Gamma$ + Известно также, что

$R + r = L$. Тогда $r(\Gamma + 1) = L \Rightarrow r = \frac{L}{\Gamma + 1}$;

$R = r\Gamma = \frac{\Gamma L}{\Gamma + 1}$.

$$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{r} - \frac{1}{R} = \frac{\Gamma + 1}{L} - \frac{\Gamma + 1}{\Gamma L} = \boxed{\frac{\Gamma^2 - 1}{\Gamma L}}$$ −

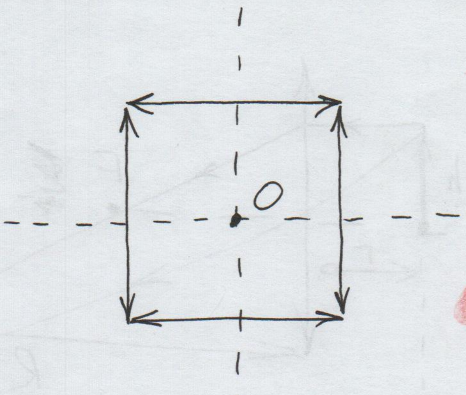
−

$$D = \frac{9 - 1}{3 \cdot 0{,}8 м} = \frac{10}{3} м^{-1} = 3\frac{1}{3} м^{-1} \simeq 3{,}3 м^{-1}$$ (дптр)

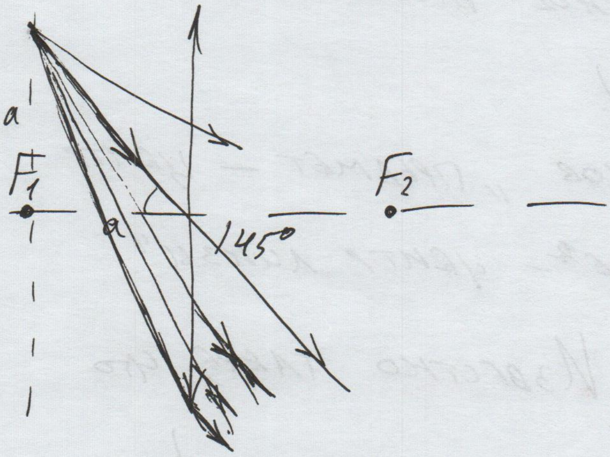
ЗАДАЧА 5.3.1.

$2a = 4{,}5$ см

R_{min} – ?



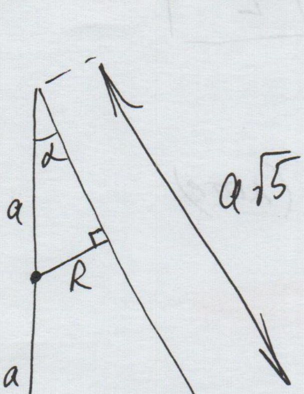
Поскольку система симметрична, будем рассматривать одну линзу, тогда выходящие через неё лучи должны покрывать направления от 45° в одну сторону от оси до 45° в другую сторону.



Рассмотрим луч уходящий под углом 45°. Он придёт в ту же точку фокальной плоскости, что и параллельный ему, проходящий через центр линзы.

Очевидно, что минимальное расстояние будет от фокуса до того луча из изображённого семейства который проходит через край линзы. Найдём расстояние до него, это и будет искомый радиус.

$$\sin\alpha = \frac{a}{a\sqrt{5}} = \frac{1}{\sqrt{5}}$$

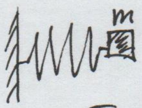


$$R = a\sin\alpha = \frac{a}{\sqrt{5}}$$

$$R_{min} = \frac{4{,}5\text{ см}}{2\cdot\sqrt{5}} = 1\text{ см}$$

Лучи, уходящие под углами менее 45°, пересекут фокальную плоскость ближе к фокусу, поэтому расстояние от фокуса до них будет меньше. Таким образом, такого R будет достаточно для освещения требуемой зоны.

ЧЕРНОВИК



$$a=\frac{F}{m}=\frac{k\Delta l}{m}$$

$$x(t)=x_0+v_0t+\frac{at^2}{2}$$

$$L(t)=\int_0^t\frac{at^2}{2}dt\ \int_0^t\frac{k\Delta l\,t^2}{2m}dt\ \cancel{\int_0^t k(\Delta l_0-\ldots)t}$$

$$\frac{k,\ m}{T-?}$$

$$[k]=\frac{Н}{м}=\frac{кг\cdot м}{с^2\cdot м}=\frac{кг}{с^2}$$

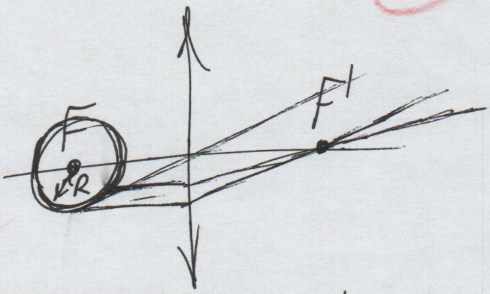
$$T=\sqrt{\frac{m}{k}}$$

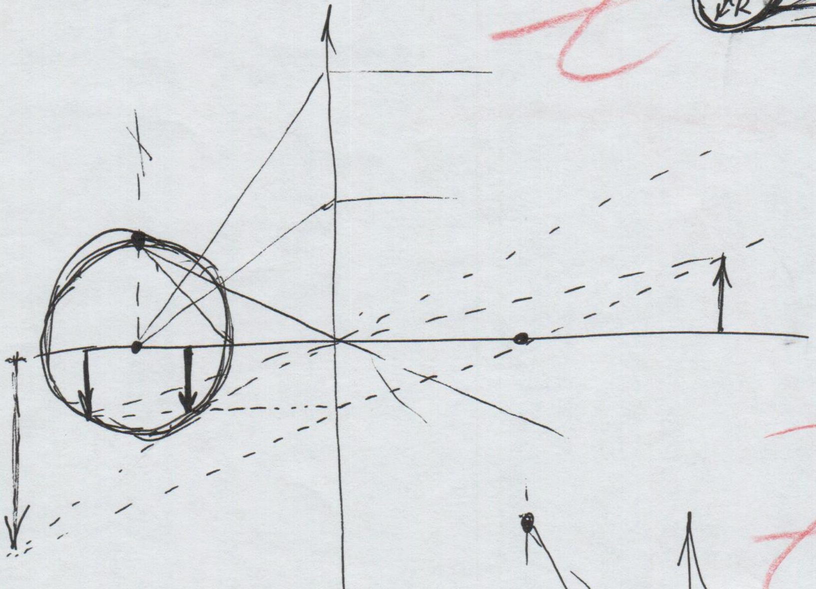
$$a=\frac{k\Delta l}{m}=\frac{k(L-x)}{m}$$

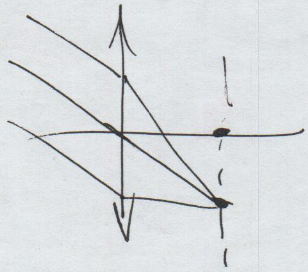
$$\frac{T^2}{a^3}=\frac{4\pi^2}{GM}$$

$$W=\frac{kq_1q_2}{r}\qquad E=\frac{F}{q_2}=\frac{kq_1}{r^2}$$

$$W=Eqr$$

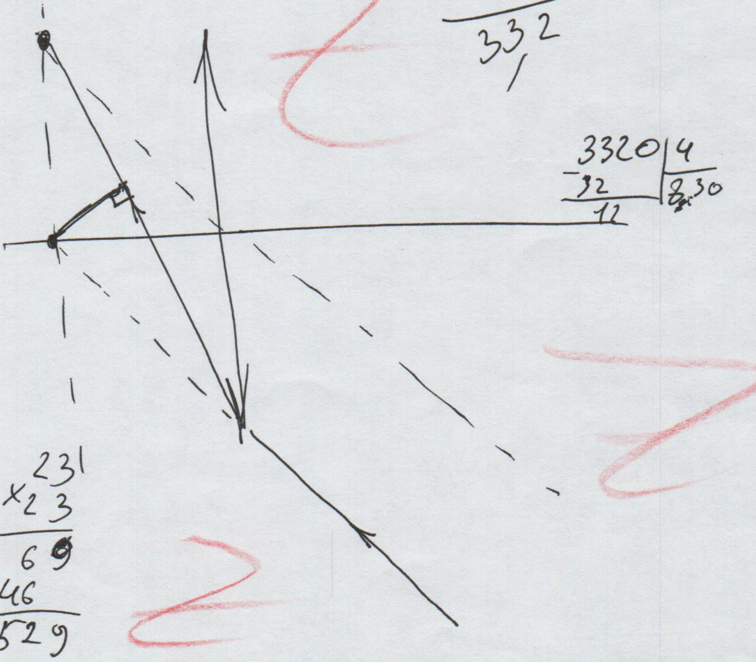


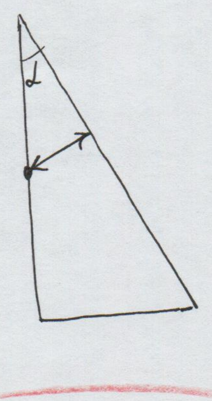




$$\begin{array}{r} 8{,}3 \\ \times\ 4 \\ \hline 33{,}2 \end{array}$$

$$3320 : 4 = 830$$
$$\begin{array}{r} 3320 \\ -32 \\ \hline 12 \end{array}$$





$$\begin{array}{r} 22 \\ \times\ 22 \\ \hline 44 \\ +44\ \ \\ \hline 484 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 23 \\ \times\ 23 \\ \hline 69 \\ +46\ \ \\ \hline 529 \end{array}$$