

**Совет ректоров вузов Томской области**  
**Открытая региональная межвузовская олимпиада вузов Томской области**  
**(ОРМО) 2014-2015 гг.**

**Физика (заключительный этап) 8 класс (решения)**

**Вариант 1**

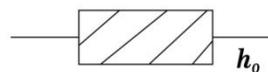
1. Доска толщиной 5 см плавает в воде, погружившись на 70%. Поверх воды разливается слой нефти толщиной 1 см. На сколько будет выступать доска над поверхностью нефти? Плотность воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ , плотность нефти  $800 \text{ кг/м}^3$ .

Оценка задания 10 баллов

Решение:

- а) доска в воде. Она погружена на 70% толщины =>  
 5 см – 100%

$$\Rightarrow h_0 = \frac{5 \cdot 70}{100} = 3,5 \text{ см}$$



$h_0 - 70\%$

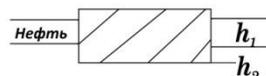
Давление на этой глубине

$$P_0 = \rho g h_0 = 1000 \cdot 10 \cdot 0,035 \text{ (Па)}$$

Именно это давление удерживает доску

- б) Давление на нижнюю поверхность доски, когда на нефть толщиной  $h_1$ , определяется так:

$$P_1 = \rho_{\text{н}} g h_1 + \rho_{\text{в}} g h_2 = 800 \cdot 10 \cdot 0,01 + 1000 \cdot 10 \cdot h_2 \\ = 80 + 10000 h_2$$



воду налита

Т.к. доска одна и та же, то

$$P_1 = P_0 \Rightarrow 80 + 10000 h_2 = 350; \\ 10000 h_2 = 270 \Rightarrow h_2 = 0,027 \text{ (м)} = 2,7 \text{ см}$$

- в) Т.о. над уровнем жидкости находится

$$H = h_1 + h_2 = 1 + 2,7 = 3,7 \text{ см доски.}$$

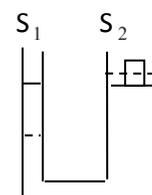
Наружу будет выступать

$$5 - 3,7 = 1,3 \text{ см}$$

Ответ: 1,3 см

2. В заводских условиях на гидравлическом прессе с площадью большого поршня в 20 раз больше малого поднимают груз массой 1,5 тонны на 40 см. Какую работу совершают при этом?

Оценка задания 10 баллов



Решение:

$$m = 1500 \text{ кг}$$

$$l = 40 \text{ см}$$

$$\frac{S_2}{S_1} = 20$$

Найти:

A – ?

Для гидравлического пресса выигрыш в силе составляет:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}, \text{ где } F_2 = mg$$

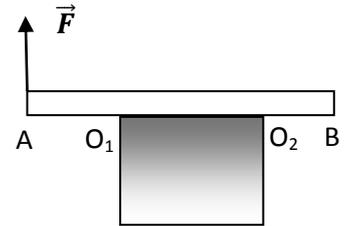
Отсюда:  $F_1 = \frac{S_1}{S_2} \cdot mg$

Тогда искомая работа:  $A = F_1 \cdot l = \frac{S_1}{S_2} \cdot mgl$

Ответ:  $A = \frac{S_1}{S_2} \cdot mgl = 300 \text{ Дж}$

3. Для проведения лабораторной работы студенту ТГУ Ягнышеву Павлу была выдана электрическая плитка. При этом преподаватель сообщил, что коэффициент полезного действия этой плитки 40 %. На ее корпусе он обнаружил, что мощность равна 500 Вт. Сколько времени продолжить нагревание 0,8 литров воды, чтобы ее 10% обратить в пар при кипении, если начальная температура воды 15°? Удельная теплоемкость воды  $c = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ , удельная теплота парообразования воды  $r = 2,26 \cdot 10^6 \text{ Дж}/\text{кг}$ .

Оценка задания 10 баллов



Решение:

$$P = 500 \text{ Вт}$$

$$\text{КПД} = 0,4$$

$$V_{\text{воды}} = 0,8 \text{ л}$$

$$V_{\text{исп.воды}} = 0,1 \cdot V_{\text{воды}}$$

$$T_0 = 15^\circ\text{C} = 288 \text{ К}$$

$$T_{\text{к}} = 373 \text{ К}$$

$$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$\rho_{\text{в}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 1 \frac{\text{кг}}{\text{л}}$$

$$r = 2,26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Найти:

$\tau$ —?

Сначала необходимо нагреть воду до температуры кипения  $T_{\text{к}}$ :

$$Q_{\text{н}} = (T_{\text{к}} - T_0) \cdot c \cdot \rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{воды}}$$

Затем начнется процесс парообразования воды, чтобы испарить объем равный  $V_{\text{исп.воды}}$  потребуется следующее количество тепла:

$$Q_{\text{исп}} = r \cdot \rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{исп.воды}} = 0,1 \cdot r \cdot \rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{воды}}$$

Теперь выясним, какое количество тепла передаст электрическая плитка воде за время работы  $\tau$ :

$$\text{КПД} \cdot P\tau = Q$$

В итоге получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \text{КПД} \cdot P\tau = Q \\ Q = Q_{\text{н}} + Q_{\text{исп}} \end{cases}$$

Выразим и найдем искомое время:

$$\tau = \frac{Q_{\text{н}} + Q_{\text{исп}}}{P \cdot \text{КПД}} = \frac{(T_{\text{к}} - T_0) \cdot c \cdot \rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{воды}} + 0,1 \cdot r \cdot \rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{воды}}}{P \cdot \text{КПД}} = \frac{\rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{воды}} ((T_{\text{к}} - T_0) \cdot c + 0,1 \cdot r)}{P \cdot \text{КПД}}$$

$$\text{Ответ: } \tau = \frac{\rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{воды}} ((T_{\text{к}} - T_0) \cdot c + 0,1 \cdot r)}{P \cdot \text{КПД}}$$

Примерно 39 минут (2332 секунды)

4. При переключивании стальной детали длиной 2,4 м и массой 48 кг рабочие положили ее на верстак, но так, что она свешивалась, выступая за края с левой стороны на 0,8 м, а с правой стороны – на 0,6 м. Какую силу нужно приложить в точке А, чтобы приподнять деталь?

Оценка задания 10 баллов

Решение:

$$l_{\text{общая}} = 2,4 \text{ м}$$

$$m = 48 \text{ кг}$$

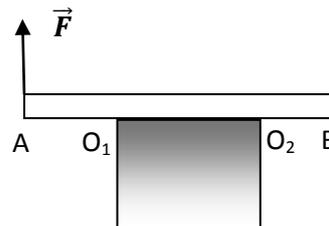
$$l_{\text{левого}} = 0,8 \text{ м}$$

$$l_{\text{правого}} = 0,6 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Найти:

$F$  – ?



Чтобы приподнять деталь необходимо, чтобы момент приложенной силы был больше либо равен моменту силы тяжести:

$$M_{mg} \leq M_F$$

Очевидно, что ось вращения пройдет через точку  $O_2$ . Рассмотрим моменты сил, о которых мы говорили ранее. Сила тяжести будет приложена к центру масс, а ввиду однородности детали, таковым будет являться середина стержня, тогда:

$$\begin{cases} M_{mg} = mg \left( \frac{l_{\text{общая}}}{2} - l_{\text{правого}} \right) \\ M_F = F(l_{\text{общая}} - l_{\text{правого}}) \\ M_{mg} = M_F \end{cases}$$

Решая систему получим:

$$F = mg \frac{\left( \frac{l_{\text{общая}}}{2} - l_{\text{правого}} \right)}{(l_{\text{общая}} - l_{\text{правого}})} = 160 \text{ Н}$$

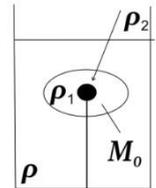
**Совет ректоров вузов Томской области**  
**Открытая региональная межвузовская олимпиада вузов Томской области**  
**(ОРМО) 2014-2015 гг.**

**Физика (заключительный этап) 9 класс (решения)**

**Вариант 1**

1. Доска толщиной 5 см плавает в воде, погрузившись на 70%. Поверх воды разливается слой нефти толщиной 1 см. На сколько будет выступать доска над поверхностью нефти? Плотность воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ , плотность нефти  $800 \text{ кг/м}^3$ .

Оценка задания 10 баллов



2. Небольшой алюминиевый шарик с привязанной к нему лёгкой ниткой заморожен в ледышку массой  $M_0 = 100 \text{ г}$ . Свободный конец нитки прикреплен к дну теплоизолированного цилиндрического сосуда, в который налита вода массой  $m_0 = 0,5 \text{ кг}$ , имеющая температуру  $t_0 = 20^\circ \text{C}$ . Температура льда и шарика  $0^\circ \text{C}$ , начальная сила натяжения нитки  $T = 0,08 \text{ Н}$ . Какова будет температура воды в тот момент, когда сила натяжения будет равна 0?

Оценка задания 10 баллов

$$C_{\text{воды}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{м} \cdot ^\circ \text{C}}, \quad \rho_{\text{воды}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$$

$$\rho_{\text{льда}} = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \quad \rho_{\text{алюмин}} = 2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$$

$$\lambda_{\text{льда}} = 330 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Считать, что тепловое равновесие в воде устанавливается мгновенно.

- 1) На ледышку с шариком действуют следующие силы (см.рис):

$\vec{F}_A$  – сила Архимеда

$M_0 \vec{g}$  – сила тяжести, действ. на лёд

$M_1 \vec{g}$  – сила тяжести, действ. на алюминий

$\vec{T}$  – сила натяжения нитки

В начальный момент

$$F_A = g(M_0 + M_1) + T$$

В свою очередь  $F_A = \rho(V_0 + V_1)g$

$$V_0 = \frac{M_0}{\rho_1}, \quad V_1 = \frac{M_1}{\rho_2}.$$

Подстановка даёт уравнение для определения массы алюминиевого шарика  $M_1$

$$\rho \left( \frac{M_0}{\rho_1} + \frac{M_1}{\rho_2} \right) g = g(M_0 + M_1) + T \quad (1)$$

$$1000 \left( \frac{0,1}{900} + \frac{M_1}{2700} \right) \cdot 10 = 10(0,1 + M_1) + 0,08;$$

$$\frac{10}{9} + \frac{100M_1}{27} = 1 + 10M_1 + 0,08$$

$$\frac{10}{9} - 1 - 0,08 = 10M_1 - \frac{100M_1}{27};$$

$$\frac{10 - 9 - 0,72}{9} = \frac{270 - 100}{27} M_1;$$

$$\frac{0,28}{9} = \frac{170}{27} M_1 \quad M_1 = \frac{0,28 \cdot 27}{9 \cdot 170} = \frac{0,84}{170} \text{ (кг)}$$

- 2) Когда часть льда растаяла, его объём уменьшился, сила Архимеда – тоже, и  $T=0$ , то уравнение (1) примет вид:

$$\rho \left( \frac{M_0}{\rho_1} + \frac{M_1}{\rho_2} \right) g = g(M_0 + M_1)$$

$M_0$  – масса льда после частичного таяния.

После подстановки получается

$$1000 \left( \frac{M_0}{900} + \frac{0,84/170}{2700} \right) = M_0 + \frac{0,84}{170}$$

$$\frac{M_0 \cdot 10}{9} + \frac{8,4}{170 \cdot 27} = M_0 + \frac{0,84}{170}$$

$$M_0 \cdot \frac{1}{9} = \frac{0,84}{170} - \frac{8,4}{170 \cdot 27};$$

$$M_0 = \frac{0,84 \cdot 9}{170} - \frac{8,4}{170 \cdot 3} = \frac{0,84 \cdot 9 - 2,8}{170} = 0,028 \text{ кг}$$

3) Растаяло  $0,1 - 0,028 = 0,072$  кг льда =  $m_1$

Уравнение теплового баланса

$$\lambda m_1 + cm_1(t - 0) = cm_0(t_0 - t)$$

$$330000 \cdot 0,072 + 4200 \cdot 0,072 \cdot t = 4200 \cdot 0,5 \cdot (20t)$$

$$23760 + 302,4t = 42000 - 2100t$$

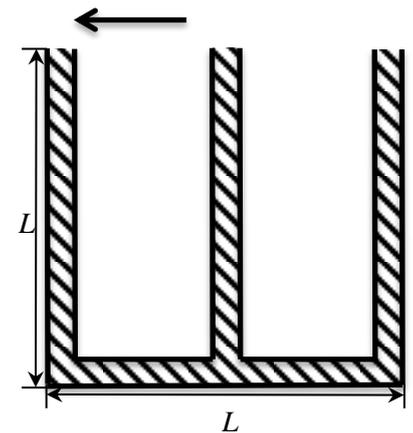
$$2402,4t = 18240$$

Ответ:  $t = 7,6^\circ\text{C}$

3. Для проведения лабораторной работы студенту Ягнышеву Павлу была выдана электрическая плитка. При этом преподаватель сообщил, что коэффициент полезного действия этой плитки 40 %. На ее корпусе он обнаружил, что мощность равна 500 Вт. Сколько времени продолжить нагревание 0,8 литров воды, чтобы ее 10% обратить в пар при кипении, если начальная температура воды  $15^\circ$ ? Удельная теплоемкость воды  $c = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ , удельная теплота парообразования воды  $r = 2,26 \cdot 10^6 \text{ Дж}/\text{кг}$ .

Оценка задания 10 баллов

4. Длинную трубку постоянного калибра разрезали на четыре одинаковые части длиной  $L$  и соединили в виде сообщающихся сосудов с тремя вертикальными трубками. Конструкцию полностью заполнили водой (см. рис.) и привели в движение в горизонтальном направлении в плоскости чертежа с постоянным ускорением. Определите величину ускорения, если в процессе движения из данной конструкции вылилось  $11/36$  всей массы от первоначально заполненной воды.



Оценка задания 10 баллов

### Решение

Очевидно, что при движении влево данной конструкции с ускорением  $a$  вода будет выливаться из правой трубки. Уровни воды, оставшейся в средней и левой трубках, обозначим через  $X$  и  $Y$ . Из условия задачи следует, что

$$(L - X) + (L - Y) = \frac{11}{36} \cdot 4L.$$

Следовательно,

$$X + Y = \frac{5}{8} \cdot L. \quad (1)$$

Давление жидкости у дна правой трубки равно  $P_1 = P_0 + \rho gL$ , где  $P_0$  – атмосферное давление. Давление у дна средней трубки равно  $P_2 = P_0 + \rho gX$ , а у дна левой трубки  $P_3 = P_0 + \rho gY$ .

Запишем уравнение движения горизонтальной части жидкости, заключенной между левой и правой трубками:

$$\rho gLS - \rho gYS = \rho LSa. \quad (2)$$

Для горизонтальной части жидкости, заключенной между средней и левой трубками, уравнение движения имеет вид:

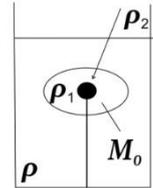
$$\rho gXS - \rho gYS = \rho S \frac{L}{2} \cdot a. \quad (3)$$

Совместное решение уравнений (1), (2), (3) дает искомое ускорение:  $a = \frac{11}{12} g$ .

**Совет ректоров вузов Томской области**  
**Открытая региональная межвузовская олимпиада вузов Томской области**  
**(ОРМО) 2014-2015 гг.**

**Физика (заключительный этап) 10 класс (решения)**  
**Вариант 1**

1. Небольшой алюминиевый шарик с привязанной к нему лёгкой ниткой заморожен в ледышку массой  $M_0 = 100$  г. Свободный конец нитки прикреплен к дну теплоизолированного цилиндрического сосуда, в который налита вода массой  $m_0 = 0,5$  кг, имеющая температуру  $t_0 = 20^\circ\text{C}$ . Температура льда и шарика  $0^\circ\text{C}$ , начальная сила натяжения нитки  $T=0,08$  Н. Какова будет температура воды в тот момент, когда сила натяжения будет равна нулю?



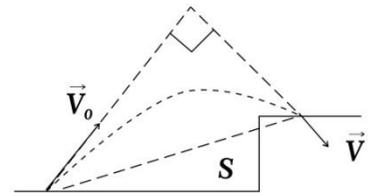
Оценка задания 10 баллов

$$C_{\text{воды}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}, \rho_{\text{воды}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \rho_{\text{льда}} = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \rho_{\text{алюмин}} = 2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$$

$$\lambda_{\text{льда}} = 330 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Считать, что тепловое равновесие в воде устанавливается мгновенно.

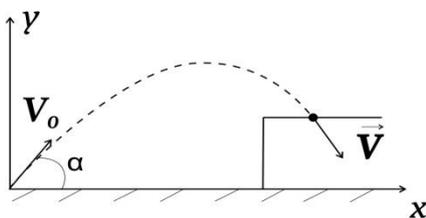
2. Мальчик бросил камень под углом к горизонту. Камень описал дугу и через 2 с приземлился на крышу сарая, причем вектор начальной скорости  $\vec{V}_0$  и вектор скорости при приземлении  $\vec{V}$  оказались перпендикулярны друг другу. Определить расстояние (по прямой) между точкой бросания и точкой падения камня.



Оценка задания 10 баллов

Решение

Введём систему координат и угол бросания  $\alpha$  (см. рис)



Тогда координаты вектора  $\vec{V}$  определяются так:

$$V_x = V_0 \cos \alpha \quad V_y = V_0 \sin \alpha - gt$$

Координаты вектора  $\vec{V}_0$

$$V_{0x} = V_0 \cos \alpha \quad V_{0y} = V_0 \sin \alpha$$

$$\text{По условию задачи } \vec{V}_0 \perp \vec{V} \Rightarrow \vec{V}_0 \cdot \vec{V} = 0$$

Используя выражение для скалярного произведения векторов через координаты, получаем

$$V_{0x} \cdot V_x + V_{0y} \cdot V_y = 0 \Rightarrow V_0 \cos \alpha \cdot V_0 \cos \alpha + V_0 \sin \alpha \cdot (V_0 \sin \alpha - gt) = 0$$

Раскрывая скобки и проводя преобразования, получим:

$$V_0^2 \cos^2 \alpha + V_0^2 \sin^2 \alpha - V_0 \sin \alpha \cdot gt = 0$$

$$V_0^2 - V_0 \sin \alpha \cdot gt = 0 \Rightarrow V_0 - \sin \alpha \cdot gt = 0$$

Отсюда  $\sin \alpha = \frac{V_0}{gt} = \frac{V_0}{20}$

На основании основного тригонометрического тождества

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{\sqrt{400 - V_0^2}}{20}$$

Уравнения движения камня, брошенного под углом к горизонту

$$x = V_0 \cos \alpha \cdot t = V_0 \frac{\sqrt{400 - V_0^2}}{20} \cdot 2 = \frac{V_0 \sqrt{400 - V_0^2}}{10}$$

$$y = V_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = V_0 \frac{V_0}{20} \cdot 2 - \frac{10 \cdot 2^2}{2} = \frac{V_0^2}{10} - 20$$

Искомое расстояние  $S$  определяется по теореме Пифагора:

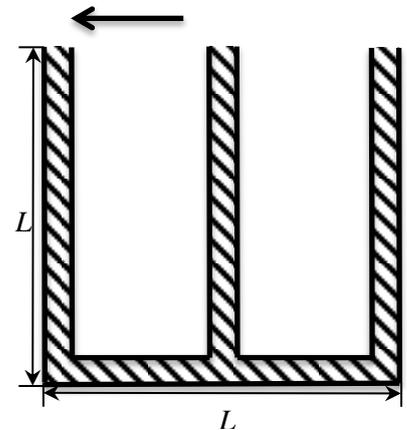
$$S^2 = x^2 + y^2 = \frac{V_0^2}{100} (400 - V_0^2) + \left( \frac{V_0^2}{10} - 20 \right)^2 = 4V_0^4 - \frac{V_0^4}{100} + \frac{V_0^4}{100} - 4V_0^2 + 400 = 400$$

Отсюда  $S=20$  (м)

Ответ: 20 м

3. Длинную трубку постоянного калибра разрезали на четыре одинаковые части длиной  $L$  и соединили в виде сообщающихся сосудов с тремя вертикальными трубками. Конструкцию полностью заполнили водой (см. рис.) и привели в движение в горизонтальном направлении в плоскости чертежа с постоянным ускорением. Определите величину ускорения, если в процессе движения из данной конструкции вылилось  $11/36$  всей массы от первоначально заполненной воды.

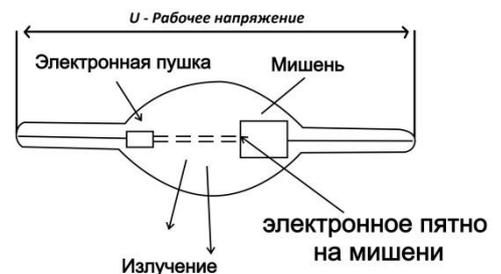
Оценка задания 10 баллов



4. Рентгеновская трубка работает при напряжении 40 кВ, её мощность 5 кВт. Диаметр пятна на мишени, образованного электронным потоком, 0,3 мм. Найти среднее давление электронов на мишень.

Заряд электрона равен  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл, масса электрона равна  $9,1 \cdot 10^{-31}$  кг. Для эффективной работы трубки поверхность мишени наклонена под небольшим углом.

Оценка задания 10 баллов



Примечание: Устройство рентгеновской трубки

Решение:

Т.К. угол наклона мал, то его можно не учитывать и считать, что мишень перпендикулярна потоку электронов.

По определению, давление

$$P = \frac{F}{S}$$

Согласно II закону Ньютона, записанному для импульса,  $Ft = p_1 - p_0$ , где  $t$  - время,  $p_1 - p_0$  - изменение импульса электронов, достигших мишени за время  $t$ .

Т.к. электроны поглощаются мишенью, то их импульс становится равным 0, поэтому  $Ft = NmV$ , где  $N$  – количество электронов, долетевших до анода за время  $t$ ,  $m$  – масса электрона,  $V$  - скорость при подлёте к мишени. Отсюда

$$F = \frac{N}{t}mV$$

Первый сомножитель легко преобразовать:

$$\frac{N}{t} = \frac{Ne}{t} \cdot \frac{1}{e} = \frac{Q}{t} \cdot \frac{1}{e} \quad Q - \text{полный заряд, прошедший за время } t$$

Согласно определению

$$\frac{Q}{t} = I - \text{сила тока. Поэтому } \frac{N}{t} = \frac{I}{e}$$

Т.к. электроны разгоняются рабочим напряжением с нулевой начальной скорости, то согласно теореме о кинетической энергии

$$\frac{mU^2}{2} = eU \Rightarrow U = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$$

Выражение для силы

$$F = \frac{I}{e}m \sqrt{\frac{2eU}{m}} = I \sqrt{\frac{2mU}{e}}$$

Сила тока  $I$  определяется на основании формулы для мощности трубки

$$Pi = UI \Rightarrow I = \frac{Pi}{U}$$

Площадь  $S$ :

$$S = \frac{\pi d^2}{4}$$

Окончательная формула для давления принимает вид

$$P = \frac{4}{\pi d^2} \cdot \frac{Pi}{U} \sqrt{\frac{2mU}{e}} = \frac{4Pi}{\pi d^2} \cdot \sqrt{\frac{2m}{Ue}}$$

Подстановка даёт ответ

$$P = \frac{4 \cdot 5 \cdot 10^3}{3,14 \cdot (0,3 \cdot 10^{-3})^2} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}{40 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}} = \frac{20 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 0,09 \cdot 10^{-6}} \cdot \sqrt{2,844 \cdot 10^{-16}} = 1193 \text{ (Па)}$$

Ответ: 1193 (Па)

Примечание: Устройство рентгеновской трубки

