

Московская предпрофессиональная олимпиада

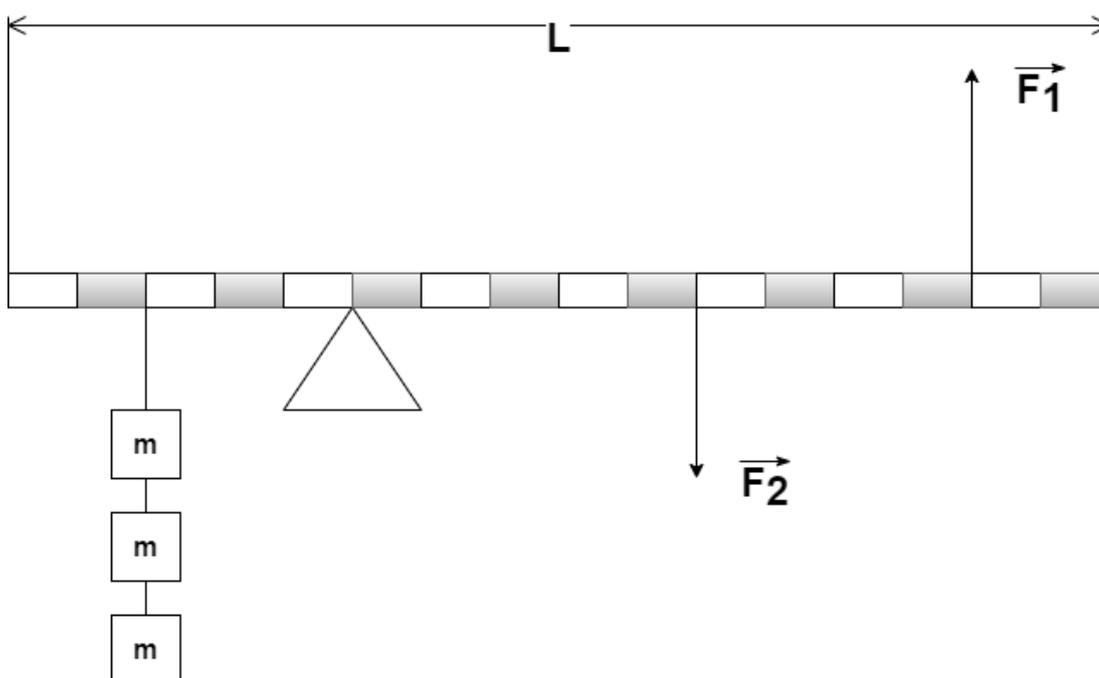
Отборочный тур по физике

8 класс

Вариант 1

Задача 1.

На основе представленного рисунка определите формулу, описывающую условие равновесия рычага



1.  $\frac{9}{6}mg \cdot L = \frac{5}{6}F_2 \cdot L - \frac{9}{6}F_1 \cdot L$
2.  $\frac{9}{16}mg \cdot L = \frac{5}{16}F_2 \cdot L + \frac{9}{16}F_1 \cdot L$
3.  $-\frac{9}{16}mg \cdot L = \frac{5}{16}F_2 \cdot L - \frac{9}{16}F_1 \cdot L$
4.  $\frac{9}{16}mg \cdot L = \frac{5}{16}F_2 \cdot L - \frac{9}{16}F_1 \cdot L$
5.  $\frac{3}{16}mg \cdot L = \frac{5}{16}F_2 \cdot L - \frac{9}{16}F_1 \cdot L$

Решение

При рассмотрении стержня можно заметить, что черные и белые участки делят его на 16 частей. Масса грузов на левой стороне равна  $3m$ , плечо силы –  $3/16$  от всей длины  $L$ . Таким образом, проверяем условия равновесия тела и получаем ответ.

Ответ 4

## Задача 2

Два автомобиля выдвинулись в одинаковое время из пунктов А и Б. Каждый из автомобилей двигался равномерно со скоростями  $v_1$  и  $v_2$  соответственно. На графиках движения приведены зависимости координаты от времени движения автомобилей. Соотнесите между собой уравнения движения данных автомобилей и представленный график

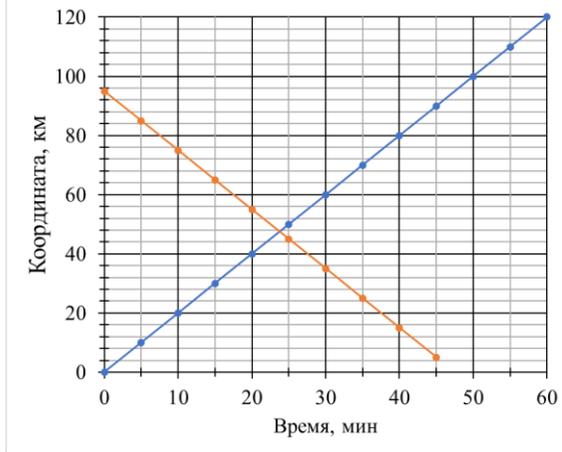
1.  $x_{\text{син}}(t) = 0,75t; x_{\text{оранж}}(t) = 54 - 1,37t$

2.  $x_{\text{син}}(t) = 0,53t; x_{\text{оранж}}(t) = 54 - 1,37t$

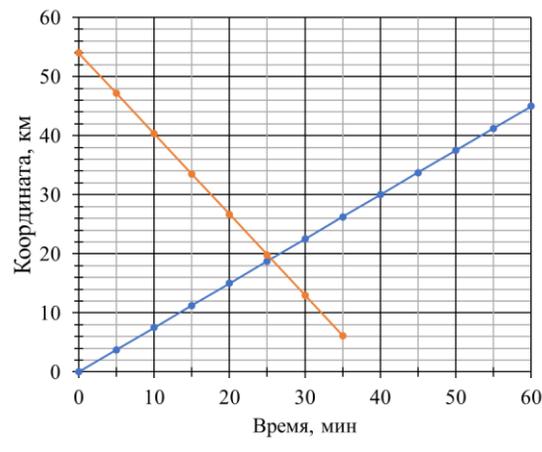
3.  $x_{\text{син}}(t) = 0,75t; x_{\text{оранж}}(t) = 45 - 0,75t$

4.  $x_{\text{син}}(t) = 1,55t; x_{\text{оранж}}(t) = 72 - 0,75t$

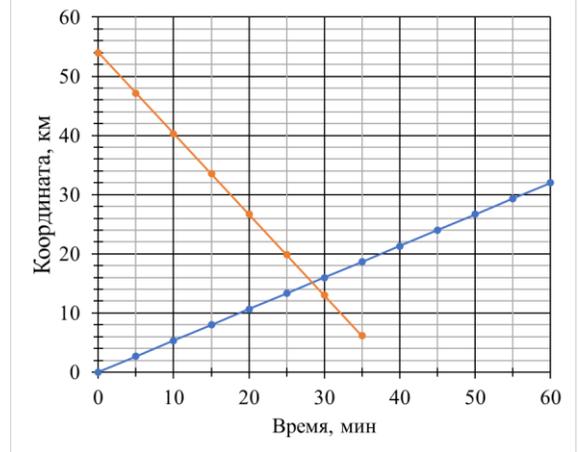
5.  $x_{\text{син}}(t) = 2t; x_{\text{оранж}}(t) = 95 - 2t$



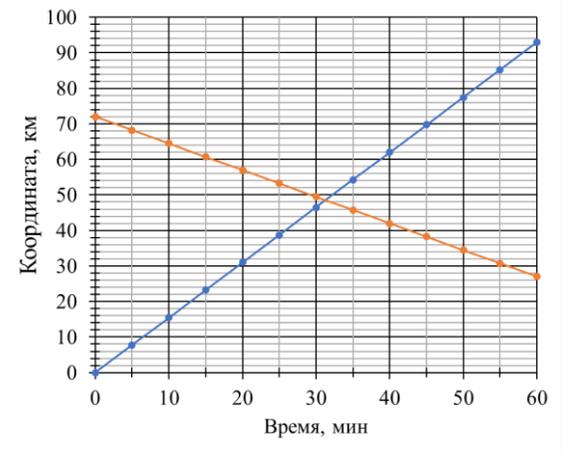
А



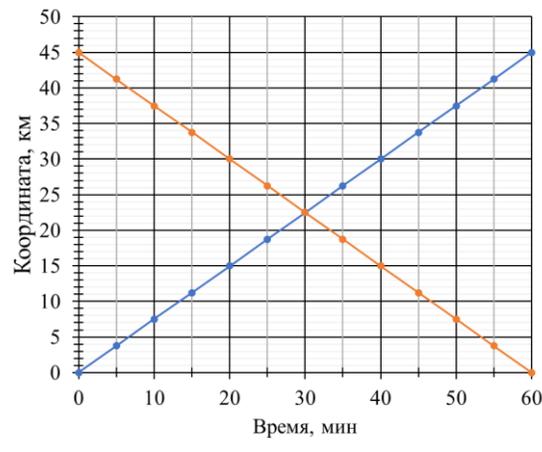
Б



В



Г

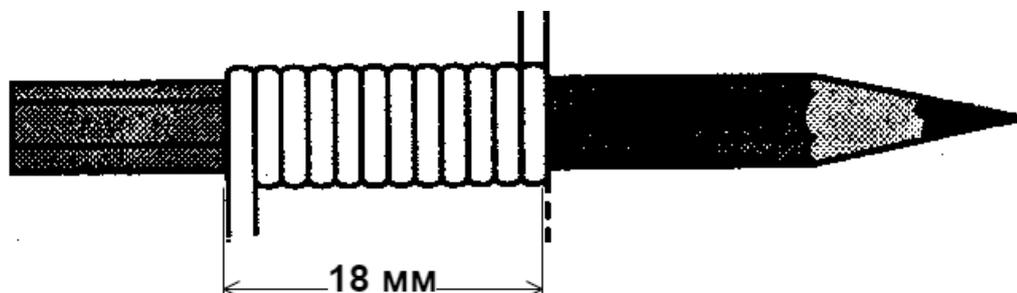


Д

Ответ: 1 – Б, 2 – В, 3 – Д, 4 – Г, 5 – А

### Задача 3

Школьник Васечкин при выполнении кейса Московской предпрофессиональной олимпиады решил использовать медную проволоку с круглым сечением для одного из своих экспериментов. Однако, к сожалению, не знал её площадь поперечного сечения. Для её определения он плотно намотал проволоку на карандаш диаметром 7 мм и массой 6 г и таким образом выполнил все необходимые измерения. На картинке представлен карандаш с проволокой. Угадайте, как Васечкин определил площадь поперечного сечения проволоки и вычислите её по известным данным. Ответ представьте в  $\text{мм}^2$  и округлите до десятых. Определите плотность карандаша, если при погружении всей конструкции в мензурку объем воды изменился на 6 мл. Ответ представьте в  $\text{г}/\text{см}^3$  и округлите до десятых.



Площадь поперечного сечения проволоки:

1.  $4,2 \text{ мм}^2$
2.  $4,0 \text{ мм}^2$
3.  $3,8 \text{ мм}^2$
4.  $1,8 \text{ мм}^2$
5.  $8,2 \text{ мм}^2$

Плотность карандаша:

1.  $1,3 \text{ г}/\text{см}^3$
2.  $1,1 \text{ г}/\text{см}^3$
3.  $1,4 \text{ г}/\text{см}^3$
4.  $1,2 \text{ г}/\text{см}^3$
5.  $1,4 \text{ г}/\text{см}^3$

### Решение

1) Васечкин в качестве метода измерения воспользовался классическим методом рядов. Обозначим количество витков, намотанных на карандаш за  $N$ . В таком случае толщина

одного витка вычисляется как  $\frac{L}{N}$ , где  $L$  – полная длина намотки. Так как указано, что намотка плотная, то диаметр проволоки равен толщине одного витка. Площадь поперечного сечения проволоки считается по формуле для площади круга:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \left(\frac{L}{N}\right)^2}{4}$$

Измерения дадут 12 витков, что при общей длине в 18 мм дает  $d = 1.5$  мм. В таком случае площадь:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (1,5)^2}{4} = 1,8 \text{ мм}^2$$

2) Для определения плотности карандаша необходимо определить его объем. Для этого воспользуемся известным изменением объема при погружении всей конструкции в воду. В этом случае

$$\delta V = V_k + V_{\pi}$$

Объем проволоки можно посчитать через количество витков, длину одного витка и площадь поперечного сечения:

$$V_{\pi} = N \pi d S$$

Тогда плотность карандаша получится:

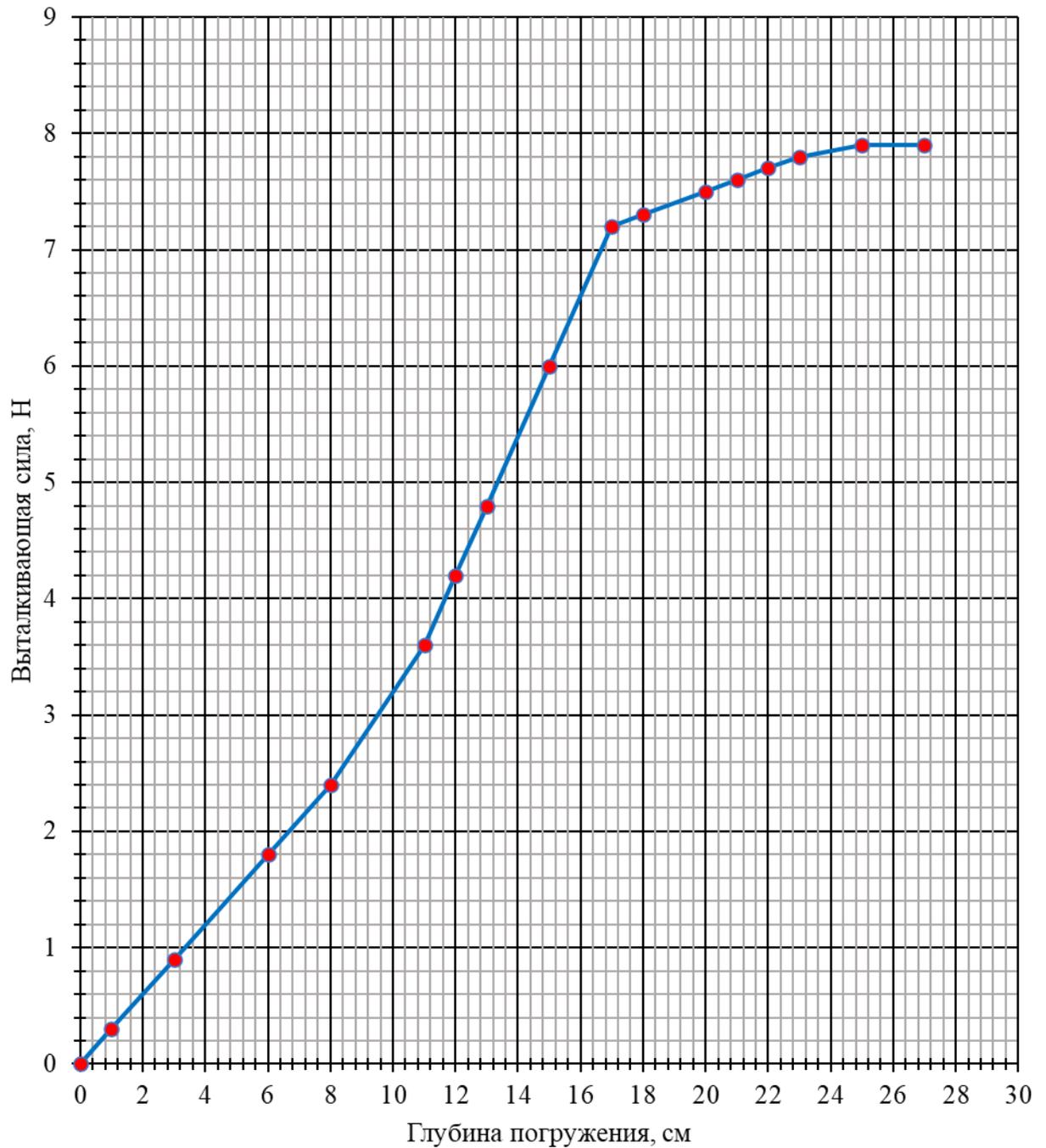
$$\rho = \frac{m}{\delta V - N \pi d S} = 1,1 \text{ г/см}^3$$

**Ответ:** 1,8 мм<sup>2</sup>, 1,1 г/см<sup>3</sup>

#### Задача 4

Некоторое тело, состоящее из трех цилиндрических частей, соединенных своими основаниями так, что их оси совпадают, вертикально (по оси) погрузили в сосуд с водой. При погружении тела экспериментатор Петров при помощи динамометра зафиксировал значение выталкивающей силы в зависимости от глубины погружения тела. Времени на подготовку эксперимента было мало и Петров успел зафиксировать значение площади основания лишь одного цилиндра, которое оказалось равным 10 см<sup>2</sup>. Полученный в эксперименте график представлен на рисунке. Определите значение площади поперечного сечения второго цилиндра.

### Зависимость выталкивающей силы от глубины погружения тела



#### Решение

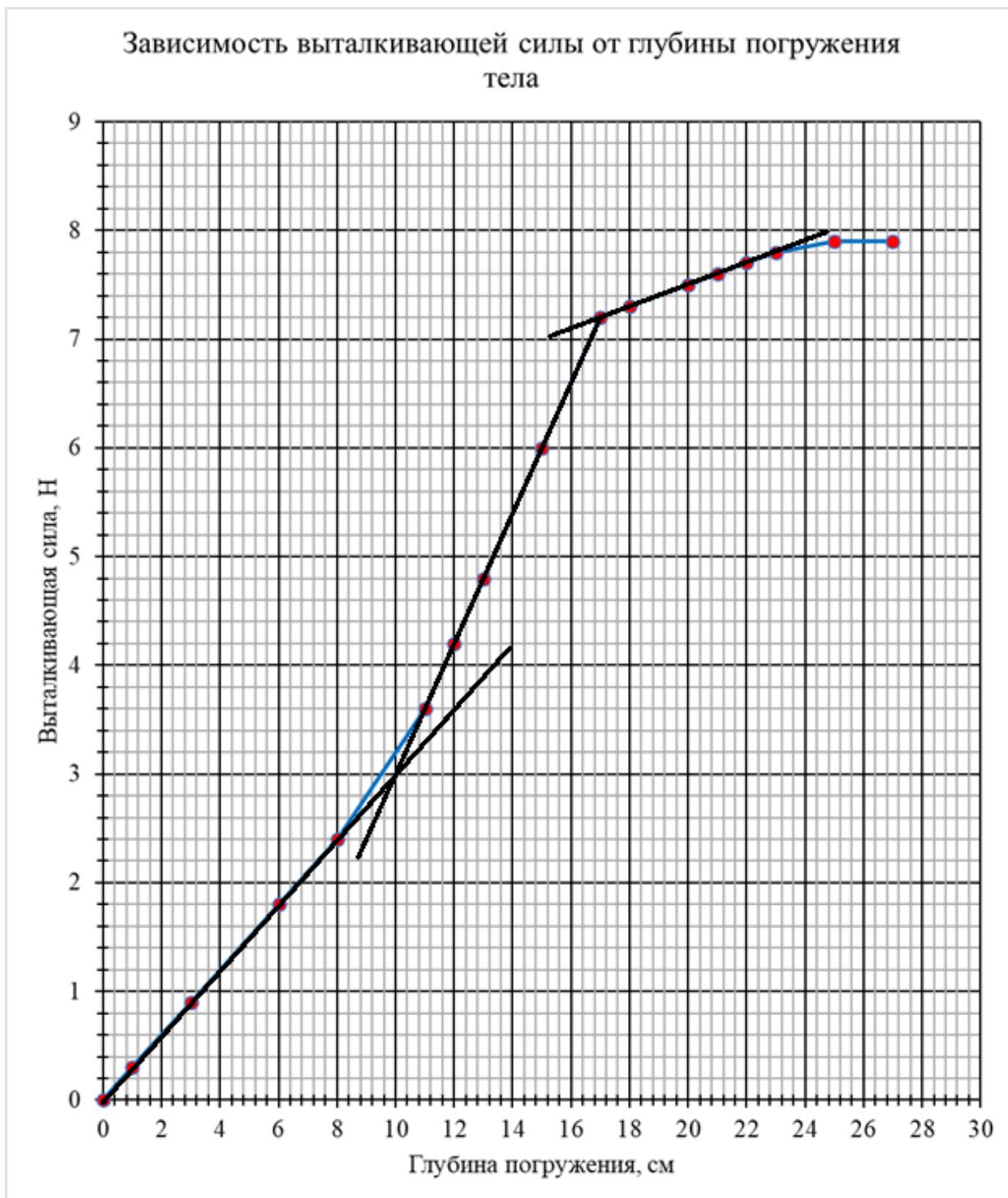
Выталкивающая сила – сила Архимеда по определению равна

$$F_{\text{арх}} = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot V_{\text{тела}}$$

С учетом, что все части тела – цилиндрические, объем которого вычисляется как площадь основания (поперечного сечения), умноженная на высоту, получаем зависимость  $F(h)$

$$F(h) = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot S_{\text{тела}} \cdot h$$

Данная зависимость является линейной с угловым коэффициентом, зависящим от площади поперечного сечения цилиндра. Чем меньше будет данный коэффициент, тем более пологой будет зависимость. Из графика видно, что имеется 3 участка, где зависимость линейная (см. рисунок).



По известным точкам находим угловой коэффициент для первого (точки 1 – 5), второго (6 – 10) и третьего участков (10 – 15). Значения угловых коэффициентов для участков равны

0.3, 0.6, и 0.1 соответственно. Учитывая, что параметр  $\rho_{\text{ж}} \cdot g$  одинаковый для всех участков, получаем что самый узкий цилиндр соответствует третьему участку графика. Соответственно площадь первого цилиндра отличается в 3 раза, второго в 6 раз.

**Ответ:  $S = 60 \text{ см}^2$**

### Задача 5

Сантехник Петров установил в частном доме умный электрический котел для нагрева воды. В котле установлено два нагревателя разной мощности ( $N_1 = 1,5 \text{ кВт}$ ,  $N_2 = 3 \text{ кВт}$ ), которые включаются в зависимости от задач нагрева или поддержания температуры воды. При первом запуске воду из скважины нагрели сначала на  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  с помощью первого, а потом на  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  с помощью второго нагревателя, затратив на весь процесс 2 часа. Для упрощения расчетов в данной задаче теплопотерями можно пренебречь.

Какой мощности должен был бы быть обычный (одинарный) нагреватель котла, чтобы нагревать такой же бак на  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  за такое же время? В доме установлено 6 батарей отопительной системы, которые питаются от данного котла, общим объемом системы в 60 литров воды. Ответ представьте в кВт и округлите до десятых.

Сколько времени понадобится на нагрев системы на  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ , если на мансарде дома подключить еще две дополнительные батареи такого же типа? Ответ представьте в часах и округлите до десятых.

Если предполагать, что вся мощность двух нагревателей идет на нагрев воды в системе, определите, насколько быстрее нагреется система из 8 батарей, если вместо воды использовать тосол (удельная теплоемкость тосола  $3,52 \text{ кДж/кг}\cdot^\circ\text{C}$ , плотность тосола  $1100 \text{ кг/м}^3$ )? Ответ представьте в часах и округлите до десятых.

### Решение

1) Обозначим  $N_1$  - мощность первого нагревателя,  $Q_1$  - количество теплоты выделенное 1 нагревателем,  $N_2$  - мощность второго нагревателя,  $Q_2$  - количество теплоты выделенное 2 нагревателем,  $N$  мощность (одинарного) нагревателя,  $Q$  общее количество теплоты. Из условия известно, что время нагрева двумя котлами и одним должно быть равным. Выразим его через мощности нагревателей:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2$$

$$\frac{Q}{N} = \frac{Q_1}{N_1} + \frac{Q_2}{N_2}$$

$$\frac{Q}{N} = \frac{Q_1 N_2 + Q_2 N_1}{N_1 N_2}$$

Количество теплоты, выделенное нагревателем, по уравнению теплового баланса можно определить через нагрев жидкости в системе:

$$\frac{cm\Delta T}{N} = \frac{cm(\Delta T_1 N_2 + \Delta T_2 N_1)}{N_1 N_2}$$

Отсюда получаем:

$$N = \frac{\Delta T N_1 N_2}{\Delta T_1 N_2 + \Delta T_2 N_1}$$

$$N = \frac{\Delta T N_1 N_2}{\Delta T_1 N_2 + \Delta T_2 N_1} = \frac{80^\circ\text{C} \cdot 1,5 \text{ кВт} \cdot 3 \text{ кВт}}{20^\circ\text{C} \cdot 3 \text{ кВт} + 60^\circ\text{C} \cdot 1,5 \text{ кВт}} = 2,4 \text{ кВт}$$

2. Определим объем котла  $V_k$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$N = cm\Delta T / \tau$$

$$m = \frac{N\tau}{c\Delta T} = \frac{2400 \text{ Вт} \cdot 7200 \text{ с}}{4200 \text{ Дж/Кг} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 80^\circ\text{C}} = 51,43 \text{ кг}$$

$$V_k = \frac{m}{\rho} = 0,05143 \text{ м}^3 = 51,43 \text{ л}$$

Объем 1 батареи

$$V_6 = \frac{V_c - V_k}{n} = \frac{60 - 51,43}{6} = 1,43 \text{ л}$$

Общий объем системы с 8 батареями

$$V_8 = 62,86 \text{ л}$$

Если в котле будут работать сразу 2 нагревателя

$$N_3 = N_1 + N_2 = 4,5 \text{ кВт}$$

$$\tau = Q/N$$

$$\tau_3 = \frac{cm\Delta T}{N_3} = \frac{4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{°C} \cdot 62,86 \text{ кг} \cdot 80\text{°C}}{4500 \text{ Вт}} = 4694 \text{ с} = 1,3 \text{ часа}$$

3.

$$\tau = \frac{cm\Delta T}{N_3}$$

$$\tau_4 = \frac{c_T m_T \Delta T}{N_3} = \frac{c_T V_8 \rho_T \Delta T}{N_3} = \frac{3,52 \text{ кДж/Кг} \cdot \text{°C} \cdot 0,06286 \text{ М}^3 \cdot 1100 \text{ Кг/М}^3 \cdot 80\text{°C}}{4,5 \text{ кВт}} = 4327 \text{ с}$$

$$= 1,2 \text{ часа}$$

$$\tau_5 = \tau_3 - \tau_4 = 4694 \text{ с} - 4327 \text{ с} = 0,1 \text{ часа}$$

Если использовать тосол, то система нагреется на 0,1 часа быстрее.

**Ответ**

1) 2,4 кВт

2) 1,3 часа

3) 0,1 часа

**Задача 6**

На даче у профессора Предпрофовича водоснабжение обеспечивается скважиной глубиной 45 м в которой установлен насос Калибр НПЦС производительностью 3140 литров в час.

Какой величины должна быть мощность насоса, если диаметр трубы насоса равен 25,4 мм? Считать, что забор воды идет со дна скважины, а КПД насоса 100%. Ответ представьте в Вт и округлите до десятых.

Какая скорость воды в трубе при таком режиме работы? Скорость представить в м/с, результат округлить до десятых.

Какую минимальную мощность насоса можно использовать для подъема воды на такую же высоту (не обязательно в трубе скважины) с той же производительностью? Ответ представить в Вт и округлить до десятых.

**Решение**

1) Определим мощность насоса. За время  $\Delta t$  насос подает на высоту  $H$  массу воды равную  $\rho V \Delta t$  совершая работу  $A$ , равную изменению механической энергии воды. Так как насос поднимает воду с некоторой скоростью  $v$ , то

$$A = \frac{\rho v \Delta t v^2}{2} + (\rho v \Delta t) gH$$

Следовательно, мощность насоса будет равна:

$$N = \frac{\rho V v^2}{2} + \rho V gH$$

Определим, чему равна скорость  $v$ . За время  $\Delta t$  через поперечное сечение трубы площадью  $S = \frac{\pi d^2}{4}$  проходит объем воды  $V \Delta t = v \Delta t \frac{\pi d^2}{4}$ , отсюда:

$$v = \frac{4V}{\pi d^2}$$

И мощность насоса определяется как:

$$N = \frac{32\rho V^3}{\pi^2 d^4} + \rho V gH = 389,8 \text{ Вт}$$

2) Определим, чему равна скорость  $v$ . За время  $\Delta t$  через поперечное сечение трубы площадью  $S = \frac{\pi d^2}{4}$  проходит объем воды  $V \Delta t = v \Delta t \frac{\pi d^2}{4}$ , отсюда:

$$v = \frac{4V}{\pi d^2} = 1,7 \text{ м/с}$$

3) Из выражения для мощности видно, что чем больше диаметр трубы, тем меньше необходимая мощность насоса. Но можно уменьшить величину  $N$  не меняя диаметра трубы. Если трубу обрезать на высоте  $h \ll H$ , то вода будет вылетать из трубы с некоторой скоростью  $u$ . Для этого необходима мощность насоса  $N' = \frac{\rho V u^2}{2}$  (из-за условия  $h \ll H$  потенциальной энергией на высоте  $h$  можно пренебречь). Для того, чтобы вода поднялась на высоту  $H$  необходимо, чтобы ее скорость была не меньше, чем

$$u_{min} = \sqrt{2g(H-h)} \approx \sqrt{2gH}$$

Таким образом, получим, что в этом случае можно использовать насос мощностью

$$N' = \rho V gH = 384,7 \text{ Вт}$$

**Ответ**

1) 389,8 Вт

2) 1,7 м/с

3) 384,7 Вт

Московская предпрофессиональная олимпиада

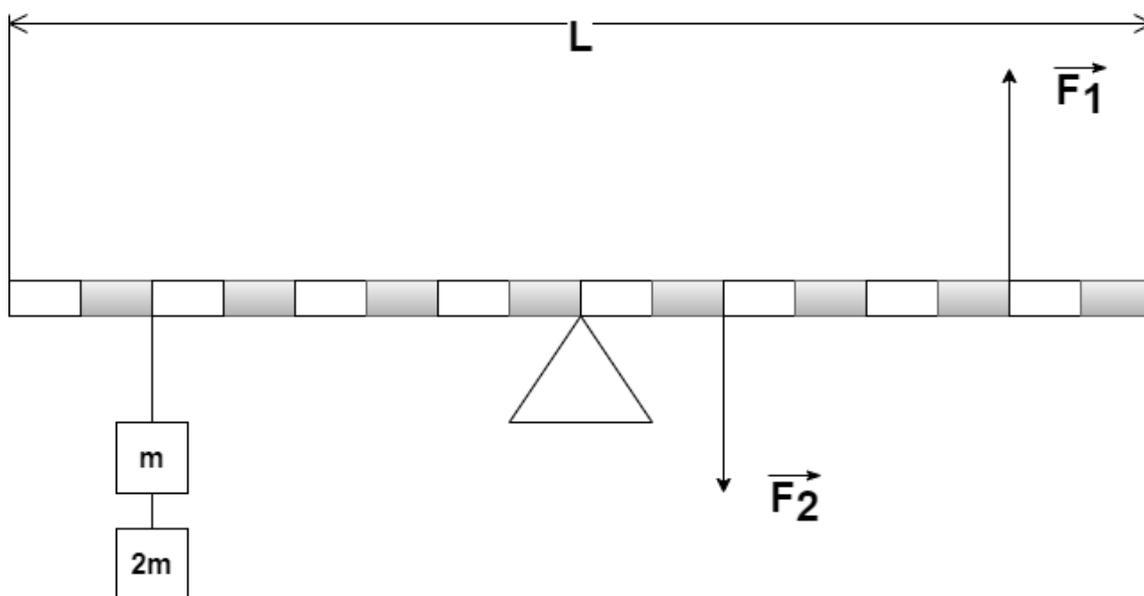
Отборочный тур по физике

8 класс

Вариант 2

Задача 1.

На основе представленного рисунка определите формулу, описывающую условие равновесия рычага



1.  $\frac{9}{8}3mg \cdot L = \frac{5}{8}F_2 \cdot L - \frac{9}{8}F_1 \cdot L$
2.  $\frac{6}{16}3mg \cdot L = \frac{2}{16}F_2 \cdot L - \frac{6}{16}F_1 \cdot L$
3.  $\frac{6}{16}3mg \cdot L = \frac{5}{16}F_2 \cdot L + \frac{6}{16}F_1 \cdot L$
4.  $-\frac{6}{16}3mg \cdot L = \frac{2}{16}F_2 \cdot L - \frac{6}{16}F_1 \cdot L$
5.  $\frac{3}{16}3mg \cdot L = \frac{2}{16}F_2 \cdot L - \frac{6}{16}F_1 \cdot L$

Решение

При рассмотрении стержня можно заметить, что черные и белые участки делят его на 16 частей. Масса грузов на левой стороне равна  $3m$ , плечо силы –  $6/16$  от всей длины  $L$ .

Таким образом, проверяем условия равновесия тела и получаем ответ.

Ответ 2

## Задача 2

Два автомобиля выдвинулись в одинаковое время из пунктов А и Б. Каждый из автомобилей двигался равномерно со скоростями  $v_1$  и  $v_2$  соответственно. На графиках движения приведены зависимости координаты от времени движения автомобилей. Соотнесите между собой уравнения движения данных автомобилей и представленный график

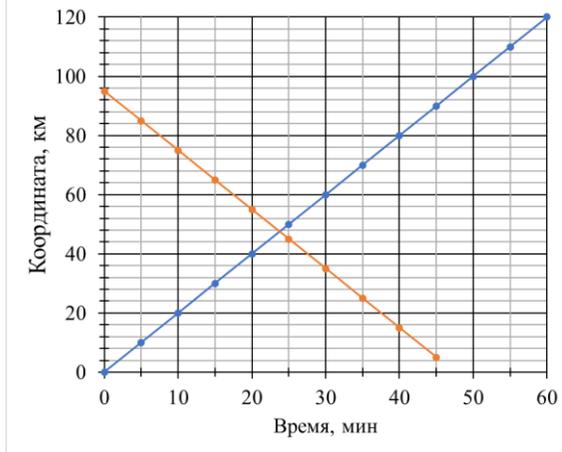
1.  $x_{\text{син}}(t) = 0,75t; x_{\text{оранж}}(t) = 54 - 1,37t$

2.  $x_{\text{син}}(t) = 0,53t; x_{\text{оранж}}(t) = 54 - 1,37t$

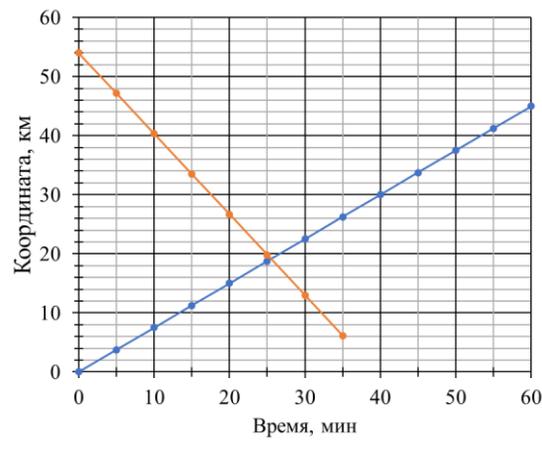
3.  $x_{\text{син}}(t) = 0,75t; x_{\text{оранж}}(t) = 45 - 0,75t$

4.  $x_{\text{син}}(t) = 1,55t; x_{\text{оранж}}(t) = 72 - 0,75t$

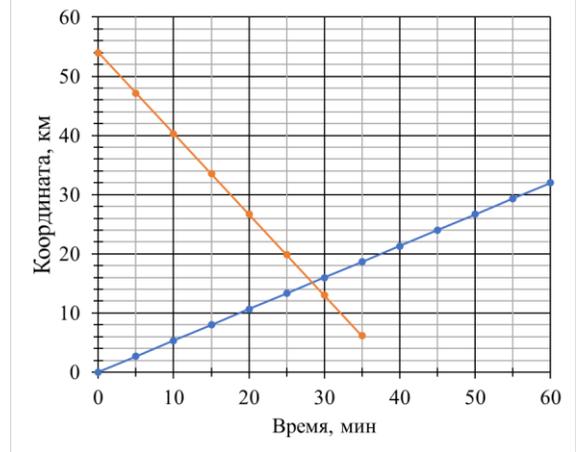
5.  $x_{\text{син}}(t) = 2t; x_{\text{оранж}}(t) = 95 - 2t$



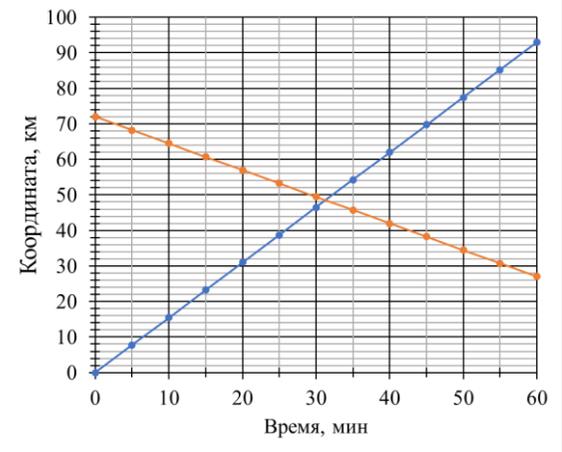
А



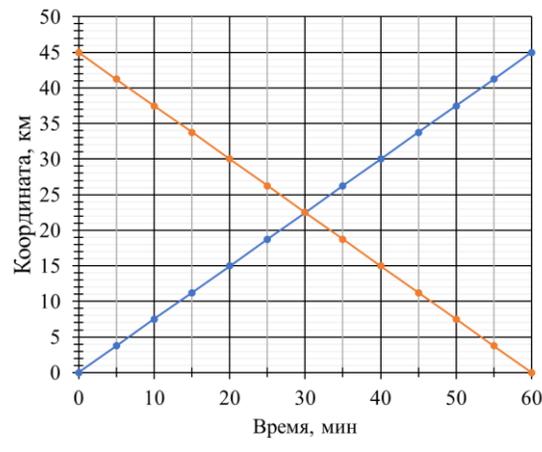
Б



В



Г

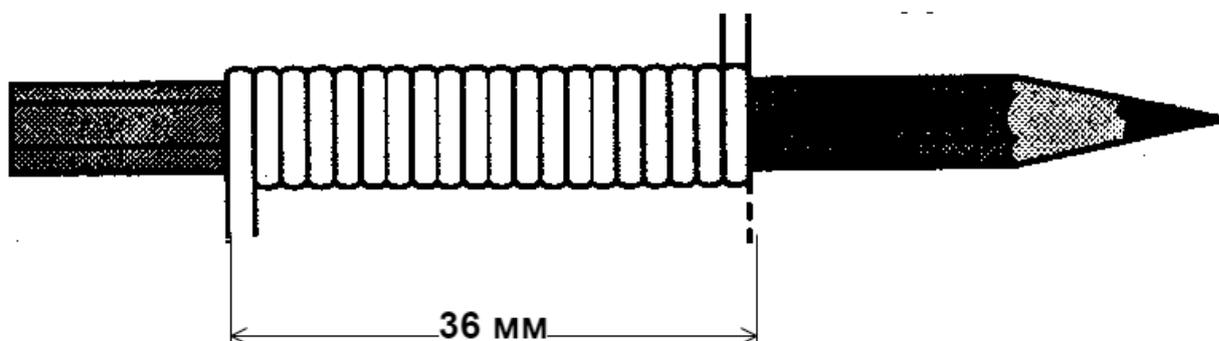


Д

Ответ: 1 – Б, 2 – В, 3 – Д, 4 – Г, 5 – А

### Задача 3

Школьник Васечкин при выполнении кейса Московской предпрофессиональной олимпиады решил использовать медную проволоку с круглым поперечным сечением для одного из своих экспериментов. Однако, к сожалению, не знал её площадь поперечного сечения. Для её определения он плотно намотал проволоку на карандаш диаметром 8 мм и массой 6 г и таким образом выполнил все необходимые измерения. На картинке представлен карандаш с проволокой. Угадайте, как Васечкин определил площадь поперечного сечения проволоки и вычислите её по известным данным. Ответ представьте в  $\text{мм}^2$  и округлите до десятых. Определите плотность карандаша, если при погружении всей конструкции в мензурку объем воды изменился на 6 мл. Ответ представьте в  $\text{г}/\text{см}^3$  и округлите до сотых.



Площадь поперечного сечения проволоки:

1.  $4,2 \text{ мм}^2$
2.  $4,0 \text{ мм}^2$
3.  $3,8 \text{ мм}^2$
4.  $1,8 \text{ мм}^2$
5.  $2,5 \text{ мм}^2$

Плотность карандаша:

1.  $1,27 \text{ г}/\text{см}^3$
2.  $1,08 \text{ г}/\text{см}^3$
3.  $1,4 \text{ г}/\text{см}^3$
4.  $1,12 \text{ г}/\text{см}^3$
5.  $1,45 \text{ г}/\text{см}^3$

**Решение**

1) Васечкин в качестве метода измерения воспользовался классическим методом рядов. Обозначим количество витков, намотанных на карандаш за  $N$ . В таком случае толщина одного витка вычисляется как  $\frac{L}{N}$ , где  $L$  – полная длина намотки. Так как указано, что намотка плотная, то диаметр проволоки равен толщине одного витка. Площадь поперечного сечения проволоки считается по формуле для площади круга:

$$S = \frac{\pi d^4}{4} = \frac{\pi \left(\frac{L}{N}\right)^4}{4}$$

Измерения дадут 20 витков, что при общей длине в 36 мм дает  $d = 1.8$  мм. В таком случае площадь:

$$S = \frac{\pi d^4}{4} = \frac{\pi(1,8)^4}{4} = 2,5 \text{ мм}^2$$

2) Для определения плотности карандаша необходимо определить его объем. Для этого воспользуемся известным изменением объема при погружении всей конструкции в воду. В этом случае

$$\delta V = V_k + V_{\Pi}$$

Объем проволоки можно посчитать через количество витков, длину одного витка и площадь поперечного сечения:

$$V_{\Pi} = N\pi dS$$

Тогда плотность карандаша получится:

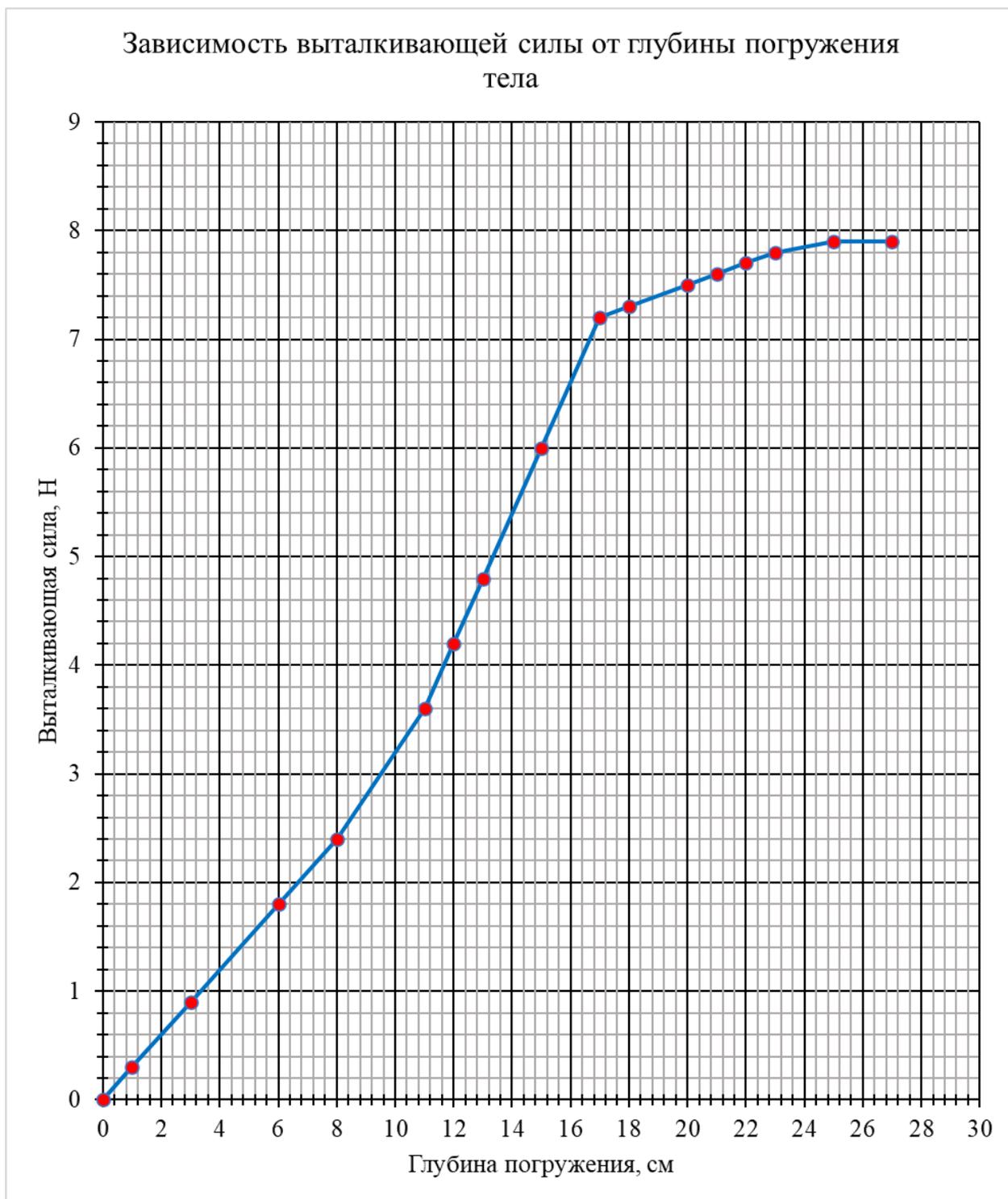
$$\rho = \frac{m}{\delta V - N\pi dS} = 1,27 \text{ г/см}^3$$

**Ответ:**  $2,5 \text{ мм}^2$ ,  $1,27 \text{ г/см}^3$

#### Задача 4

Некоторое тело, состоящее из трех цилиндрических частей, соединенных своими основаниями так, что их оси совпадают, вертикально (по оси) погрузили в сосуд с водой. При погружении тела экспериментатор Петров при помощи динамометра зафиксировал значение выталкивающей силы в зависимости от глубины погружения тела. Времени на подготовку эксперимента было мало и Петров успел зафиксировать значение площади основания лишь одного цилиндра, которое оказалось равным  $30 \text{ см}^2$ . Полученный в

эксперименте график представлен на рисунке. Определите значение площади поперечного сечения третьего цилиндра.



### Решение

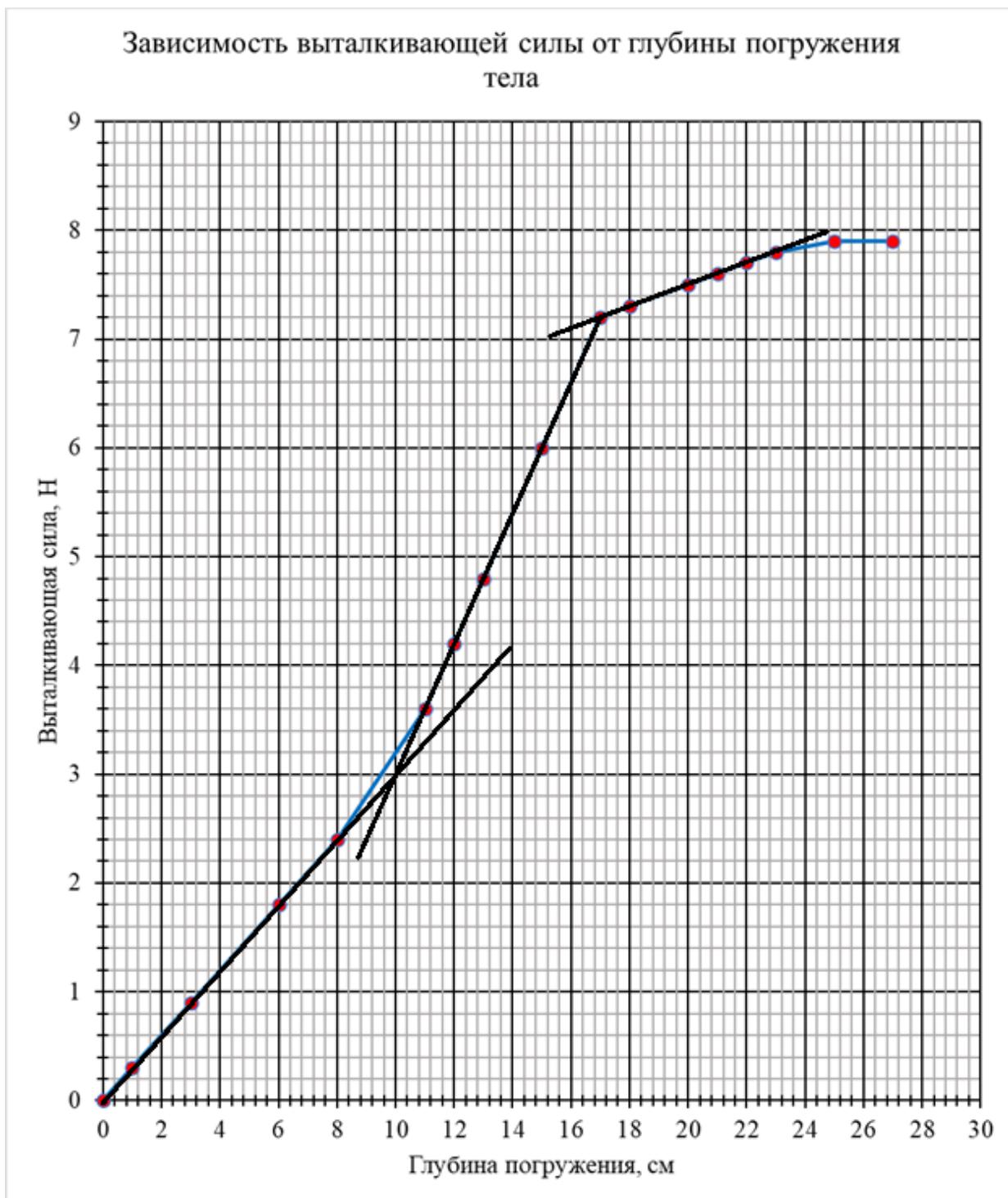
Выталкивающая сила – сила Архимеда по определению равна

$$F_{\text{арх}} = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot V_{\text{тела}}$$

С учетом, что все части тела – цилиндрические, объем которого вычисляется как площадь основания (поперечного сечения), умноженная на высоту, получаем зависимость  $F(h)$

$$F(h) = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot S_{\text{тела}} \cdot h$$

Данная зависимость является линейной с угловым коэффициентом, зависящим от площади поперечного сечения цилиндра. Чем меньше будет данный коэффициент, тем более пологой будет зависимость. Из графика видно, что имеется 3 участка, где зависимость линейная (см. рисунок).



По известным точкам находим угловой коэффициент для первого (точки 1 – 5), второго (6 – 10) и третьего участков (10 – 15). Значения угловых коэффициентов для участков равны 0.3, 0.6, и 0.1 соответственно. Учитывая, что параметр  $\rho_{ж} \cdot g$  одинаковый для всех участков, получаем что самый узкий цилиндр соответствует третьему участку графика. Соответственно площадь первого цилиндра отличается в 3 раза, второго в 6 раз.

**Ответ:  $S = 10 \text{ см}^2$**

### Задача 5

Сантехник Петров установил в частном доме умный электрический котел для нагрева воды. В котле установлено два нагревателя разной мощности ( $N_1 = 500 \text{ Вт}$ ,  $N_2 = 1.5 \text{ кВт}$ ), которые включаются в зависимости от задач нагрева или поддержания температуры воды. При первом запуске воду из скважины нагрели сначала на  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  с помощью первого, а потом на  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  с помощью второго нагревателя, затратив на весь процесс 2 часа. Для упрощения расчетов в данной задаче теплопотерями можно пренебречь.

Какой мощности должен был бы быть обычный (одинарный) нагреватель котла, чтобы нагревать такой же бак на  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  за такое же время? В доме установлено 6 батарей отопительной системы, которые питаются от данного котла, общим объемом системы в 60 литров воды. Ответ представьте в кВт и округлите до целого.

Сколько времени понадобится на нагрев системы на  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ , если на мансарде дома подключить еще две дополнительные батареи такого же типа? Ответ представьте в часах и округлите до десятых.

Если предполагать, что вся мощность двух нагревателей идет на нагрев воды в системе, определите, насколько быстрее нагреется система из 8 батарей, если вместо воды использовать тосол (удельная теплоемкость тосола  $3,52 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$ )? Ответ представьте в часах и округлите до десятых.

### Решение

1) Обозначим  $N_1$  - мощность первого нагревателя,  $Q_1$  - количество теплоты выделенное 1 нагревателем,  $N_2$  - мощность второго нагревателя,  $Q_2$  - количество теплоты выделенное 2 нагревателем,  $N$  мощность (одинарного) нагревателя,  $Q$  общее количество теплоты. Из условия известно, что время нагрева двумя котлами и одним должно быть равным. Выразим его через мощности нагревателей:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2$$

$$\frac{Q}{N} = \frac{Q_1}{N_1} + \frac{Q_2}{N_2}$$

$$\frac{Q}{N} = \frac{Q_1 N_2 + Q_2 N_1}{N_1 N_2}$$

Количество теплоты, выделенное нагревателем, по уравнению теплового баланса можно определить через нагрев жидкости в системе:

$$\frac{cm\Delta T}{N} = \frac{cm(\Delta T_1 N_2 + \Delta T_2 N_1)}{N_1 N_2}$$

Отсюда получаем:

$$N = \frac{\Delta T N_1 N_2}{\Delta T_1 N_2 + \Delta T_2 N_1}$$

$$N = \frac{\Delta T N_1 N_2}{\Delta T_1 N_2 + \Delta T_2 N_1} = \frac{80^\circ\text{C} \cdot 0,5 \text{ кВт} \cdot 1,5 \text{ кВт}}{20^\circ\text{C} \cdot 1,5 \text{ кВт} + 60^\circ\text{C} \cdot 0,5 \text{ кВт}} = 1 \text{ кВт}$$

2. Определим объем котла  $V_k$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$N = cm\Delta T/\tau$$

$$m = \frac{N\tau}{c\Delta T} = 21,43 \text{ кг}$$

$$V_k = \frac{m}{\rho} = 0,02143 \text{ м}^3 = 21,43 \text{ л}$$

Объем 1 батареи

$$V_6 = \frac{V_c - V_k}{n} = 6,43 \text{ л}$$

Общий объем системы с 8 батареями

$$V_8 = 72,86 \text{ л}$$

Если в котле будут работать сразу 2 нагревателя

$$N_3 = N_1 + N_2 = 2 \text{ кВт}$$

$$\tau = Q/N$$

$$\tau_3 = \frac{cm\Delta T}{N_3} = 12240 \text{ с} = 3,4 \text{ часа}$$

3.

$$\tau = \frac{cm\Delta T}{N_3}$$

$$\tau_4 = \frac{c_T m_T \Delta T}{N_3} = \frac{c_T V_8 \rho_T \Delta T}{N_3} = 4327 \text{ с} = 3,1 \text{ часа}$$

$$\tau_5 = \tau_3 - \tau_4 = 4694 \text{ с} - 4327 \text{ с} = 0,3 \text{ часа}$$

Если использовать тосол, то система нагреется на 0,3 часа быстрее.

**Ответ**

- 1) 1 кВт
- 2) 3,4 часа
- 3) 0,3 часа

**Задача 6**

На даче у профессора Предпрофовича водоснабжение обеспечивается скважиной глубиной 30 м в которой установлен насос Калибр НПЦС производительностью 2100 литров в час. Какой величины должна быть мощность насоса, если диаметр трубы скважины равен 33 мм? Считать, что забор воды идет со дна скважины, а КПД насоса 100%. Ответ представьте в Вт и округлите до целого.

Какая скорость воды в трубе при таком режиме работы? Скорость представить в м/с, результат округлить до десятых.

Какую минимальную мощность насоса можно использовать для подъема воды на такую же высоту (не обязательно в трубе скважины) с той же производительностью? Ответ представить в Вт и округлить до десятых.

**Решение**

1) Определим мощность насоса. За время  $\Delta t$  насос подает на высоту  $H$  массу воды равную  $\rho V \Delta t$  совершая работу  $A$ , равную изменению механической энергии воды. Так как насос поднимает воду с некоторой скоростью  $v$ , то

$$A = \frac{\rho v \Delta t}{2} v^2 + (\rho v \Delta t) gH$$

Следовательно, мощность насоса будет равна:

$$N = \frac{\rho V v^2}{2} + \rho V gH$$

Определим, чему равна скорость  $v$ . За время  $\Delta t$  через поперечное сечение трубы площадью  $S = \frac{\pi d^2}{4}$  проходит объем воды  $V\Delta t = v\Delta t \frac{\pi d^2}{4}$ , отсюда:

$$v = \frac{4V}{\pi d^2}$$

И мощность насоса определяется как:

$$N = \frac{32\rho V^3}{\pi^2 d^4} + \rho V gH = 172 \text{ Вт}$$

2) Определим, чему равна скорость  $v$ . За время  $\Delta t$  через поперечное сечение трубы площадью  $S = \frac{\pi d^2}{4}$  проходит объем воды  $V\Delta t = v\Delta t \frac{\pi d^2}{4}$ , отсюда:

$$v = \frac{4V}{\pi d^2} = 0,7 \text{ м/с}$$

3) Из выражения для мощности видно, что чем больше диаметр трубы, тем меньше необходимая мощность насоса. Но можно уменьшить величину  $N$  не меняя диаметра трубы. Если трубу обрезать на высоте  $h \ll H$ , то вода будет вылетать из трубы с некоторой скоростью  $u$ . Для этого необходима мощность насоса  $N' = \frac{\rho V u^2}{2}$  (из-за условия  $h \ll H$  потенциальной энергией на высоте  $h$  можно пренебречь). Для того, чтобы вода поднялась на высоту  $H$  необходимо, чтобы ее скорость была не меньше, чем

$$u_{min} = \sqrt{2g(H-h)} \approx \sqrt{2gH}$$

Таким образом, получим, что в этом случае можно использовать насос мощностью

$$N' = \rho V gH = 171,5 \text{ Вт}$$

**Ответ**

1) 172 Вт

2) 0,7 м/с

3) 171,5 Вт