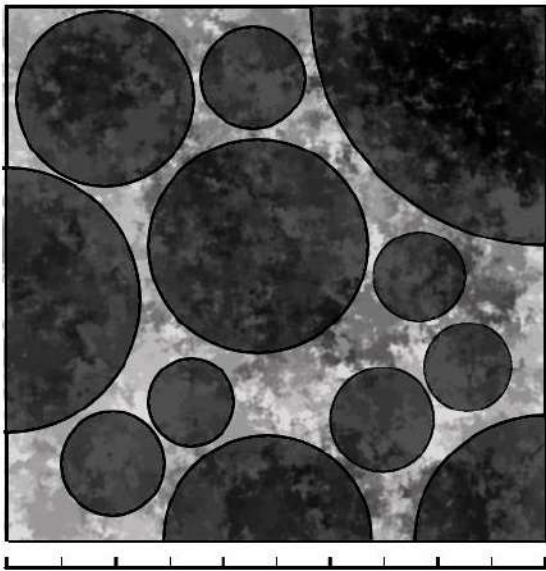




## Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

направление Биоинженерия  
Заключительный этап 2021 г.

**Вариант 1**  
**11 класс**

№	Задание	Ответы	Баллы
1	<p>Спортсмен массой 80 кг с эндопротезом коленного сустава состоящей из пары «металл-полимер» к концу длинной дистанции имеет скорость 10 км/ч. Он остановился через 40 секунд после финиша. Определите силу и коэффициент трения пары «металл-полимер» в эндопротезе.</p>		10
2	<p>Сканирующая электронная микроскопия позволяет получать фотографии поверхности материалов с большим увеличением. Это можно использовать для расчета приблизительной пористости образцов, перспективных для применения в качестве имплантатов. Пористость по микрофотографии можно определить, посчитав долю (%) площади фотографии, приходящуюся на поры. Рассчитайте пористость образца, по представленной микрофотографии, округлите до десятков.</p>  <p style="text-align: center;">50 мкм</p>		20
3	<p>Гидрогель на основе хитозана был помещен в нейтральную среду и в условия, имитирующие среду желудка человека (<math>pH = 3</math>). Для того чтобы подготовить эту среду надо в воду добавить соляную кислоту. Рассчитайте объем кислоты (30% масс., плотность <math>1,149 \text{ г/см}^3</math>, <math>M = 36.46 \text{ г/моль}</math>), который надо добавить в 20 мл воды, если объем полученного раствора равен сумме объемов исходного раствора и воды, ответ округляйте до десятых.</p> <p>Для расчета вам потребуется следующая формула: <math>pH = -\lg[H^+]</math>, где <math>[H^+]</math> - концентрация ионов водорода, для одноосновных</p>		40



## Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

направление Биоинженерия  
Заключительный этап 2021 г.

### Вариант 1

### 11 класс

кислот концентрация ионов водорода равна концентрации раствора кислоты  $\text{HCl} = \text{H}^+ + \text{Cl}^-$ , а  $\lg$  - логарифм по основанию 10.

Далее приведены данные изменения массы гидрогеля при помещении в исходный раствор и имитирующий среду желудка. На одном графике постройте кривые зависимости степени набухания от времени, сделайте вывод в каком растворе гидрогель набухает сильнее. Степень набухания - это отношение изменения массы гидрогеля к исходной массе (%).

pH = 7		pH = 3	
Время, час	Масса, г	Время, час	Масса, г
0	0.1	0	0.1
1	0.11	1	0.12
2	0.12	2	0.14
3	0.13	3	0.16
4	0.13	4	0.18

Для печати полимерных имплантатов на 3D-принтере необходимо подготовить филамент из определенной полимерной смеси методом экструзии. Камера экструдера вмещает в себя 8 г полилактида на одну загрузку. Рассчитайте массу всей навески и каждого компонента на одну загрузку, необходимых для получения полимерной смеси из полилактида (ПЛА), поликапролактона (ПКЛ) и полиэтиленгликоля (ПЭГ). Соотношение компонентов смеси 70 % ПЛА, 20 % ПКЛ и 10 % ПЭГ. Плотность ПЛА - 1,24 г/см<sup>3</sup>, ПКЛ – 1,15 г/см<sup>3</sup>, ПЭГ – 1,13 г/см<sup>3</sup>.

После экструдирования одной загрузки полимерной смеси филамент имеет вид пружины с диаметром кольца 4 см, количество колец равно 8. Рассчитайте сколько колец будет содержать одна большая «пружина», если для печати образца требуется филамент длиной 13,4 м. Округлите до целых так, чтобы материала хватило на печать образца.

4

30

### Задача 1

Handwritten solution for a physics problem on a piece of paper. The paper has a circled number '1' in the top right corner. The solution is written in black ink and includes the following steps:

$m = 80 \text{ кг}$   
 $v = 10 \text{ м/с}$   
 $t = 40 \text{ с}$   
 $F = ?; \eta = ?$

$\vec{F} = m \vec{a}; a = \frac{v^2}{2t}$

$a = \frac{10^2}{2 \cdot 40} = 1,25$

$\Rightarrow F = 80 \cdot 1,25 = 100 \text{ Н}$

Следующие задачи см. ниже



Задача 2

№2

Необходимо подсчитать  $S$  всех пор, которые отобразились, найти их общую  $S$ . Далее найти  $S$  всей поверхности и определить соотношение  $S_{пор}$  на  $S_{поверх-ти}$ .

$$S = \pi R^2 \text{ (целой окружности)}$$

$S$  всей поверхности:  $S = \alpha^2 = 50^2 = 2500 \text{ мкм}^2$ ; тогда  $\alpha = \frac{50}{10} = 5 \text{ мкм}$

Окружностей:

$$S_1 = \frac{1}{2} \pi R^2 = \frac{1}{2} \pi \cdot (11,67)^2 = 213,925 \text{ мкм}^2 \text{ (т.к. область видности } \frac{1}{2} \text{ окр-ти)}$$

$$S_2 = \frac{1}{4} \pi R^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot (21,67)^2 = 368,814 \text{ мкм}^2 \text{ (т.к. область вид-ти } \frac{1}{4} \text{ окр-ти)}$$

$$S_3 = \frac{1}{4} \pi R^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot (12,5)^2 = 122,72 \text{ мкм}^2$$

$$S_4 = \frac{1}{2} \pi R^2 = \frac{1}{2} \pi \cdot (10)^2 = 157,0796 \text{ мкм}^2$$

$$S_5 = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot (10)^2 = 314,159 \text{ мкм}^2$$

$$S_6 = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot (7,5)^2 = 176,71 \text{ мкм}^2$$

$$S_7 = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot (5)^2 = 78,5398 \text{ мкм}^2$$

$$S_8 = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot (3,75)^2 = 44,1786 \text{ мкм}^2$$

$$S_9 = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot (5)^2 = 78,5398 \text{ мкм}^2$$

$$S_{10} = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot (5)^2 = 78,5398 \text{ мкм}^2$$

$$S_{11} = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot (4,167)^2 = 54,55 \text{ мкм}^2$$

$$S_{12} = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot (4,583)^2 = 65,9857 \text{ мкм}^2$$

$$\Sigma S = 1753,7413 \text{ мкм}^2$$

$$\omega = \frac{S_{пор}}{S_{общ. пов-ти}} = \frac{1753,7413}{2500} = 0,701496 \Rightarrow \omega \approx 70,2\% \pm 2\%$$

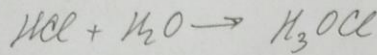
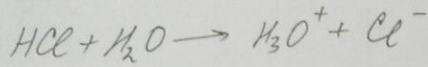
Стоит учитывать погрешность, т.к. не все поры имели  $R$  с целым значением (его можно округлить как в большую сторону, так и в меньшую, в ус-ии об этом не сказано)

Ответ:  $\omega \approx 70,2\%$

Задача 3

№3  
pH=3

3



$$V(\text{H}_2\text{O}) = 20 \text{ мл}$$

$$\omega(\text{HCl}) = 30\%$$

$$\rho(\text{HCl}) = 1,149 \text{ г/мл}$$

$$M(\text{HCl}) = 36,46 \text{ г/моль}$$

$$V(\text{H}_3\text{OCl}) = V(\text{HCl}) + V(\text{H}_2\text{O})$$

1)  $\rho(\text{H}_2\text{O}) \approx 1 \text{ г/мл} \Rightarrow m(\text{H}_2\text{O}) = 20 \text{ г}$

Поэтому  $n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{20}{18} = 1,1[1] \text{ моль} \approx 1$

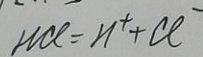
2)  $M(\text{H}_3\text{OCl}) = 3 + 35,46 + 16 = 54,46 \text{ г/моль}$

3) П.к.  $n(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{HCl}) = 1$ , то  $m_{\text{пр-н}} = n \cdot M = 1 \cdot 36,46 = 36,46 \text{ г}$

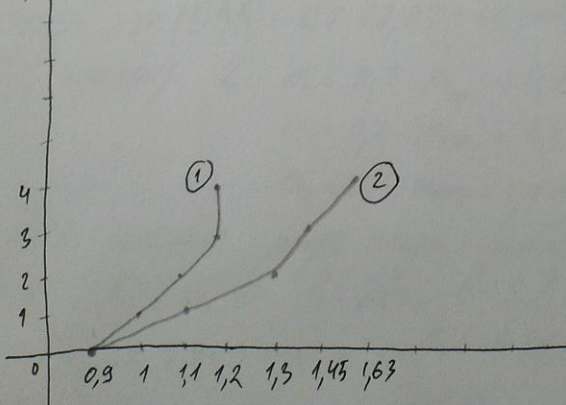
$$m_{\text{в-ва}} = \omega \cdot m_{\text{пр-н}} = 36,46 \cdot 0,3 = 10,938 \text{ г}$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{10,938}{1,149} = 9,49 \text{ мл}$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$$



2. t, г



- ①
- t=0 1) m=0,1; C.H.=0,1%
  - t=1 2) m=0,11; C.H.=1%
  - t=2 3) m=0,12; C.H.=1,1%
  - t=3 4) m=0,13; C.H.=1,2%
  - t=4 5) m=0,13; C.H.=1,2%

- ②
- t=0 1) m=0,1; C.H.=0,9%
  - t=1 2) m=0,12; C.H.=1,1%
  - t=2 3) m=0,14; C.H.=1,8%
  - t=3 4) m=0,16; C.H.=1,45%
  - t=4 5) m=0,18; C.H.=1,63%

$\Rightarrow$  Индикатор сильнее окрашивается в pH=3



Задача 4

№4

4

1 загрузка

$m(\text{ПЛА}) = 8 \text{ т}$

$\rho(\text{ПЛА}) = 1,24 \text{ т/м}^3$

70% (ПЛА) : 20% (ПКЛ) : 10% (ПЭГ)

$\rho(\text{ПКЛ}) = 1,15 \text{ т/м}^3$

$\rho(\text{ПЭГ}) = 1,13 \text{ т/м}^3$

1 загрузка

$d = 4 \text{ см}$

$n = 8 \text{ см}$

$L = 13,4 \text{ м}$

Модуль?  $m_{\text{каль}}$ ?  $n$ ?

1.  $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{8}{1,24} \approx 6,45$  ( $V_{\text{ПЛА}}$ -max на 1у загрузку)

2. max  $V(\text{ПКЛ}) = 6,45$ , а  $m = 6,45 \cdot 1,15 = 7,4175 \text{ т}$

max  $V(\text{ПЭГ}) = 6,45$ , а  $m = 6,45 \cdot 1,13 = 7,2885 \text{ т}$

3.  $V = \frac{m}{\rho}$ , то:  $V_{\text{общ}} = \frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2} + \frac{m_3}{\rho_3}$ ;  $\rho$  - единица изм.

тогда  $m_1 = 0,7 \text{ т}$ ,  $m_2 = 0,2 \text{ т}$ ;  $m_3 = 0,1 \text{ т}$

$$\frac{0,7 \text{ т}}{1,24} + \frac{0,2 \text{ т}}{1,15 \text{ т}} + \frac{0,1 \text{ т}}{1,13} = 6,45$$

$$\frac{1,33001 \text{ т}}{3,52} = 6,45$$

$$1,33001 \text{ т} = 22,704$$

$$m \approx 17,07$$

тогда,  $m(\text{ПЛА}) = 0,7 \cdot 17,07 = 11,949 > 8 \Rightarrow$  неверно

по пункту 2  $m_1 = 0,7 \cdot m_{\text{max}} = 0,7 \cdot 8 = 5,6 \text{ т}$

$m_2 = 0,2 \cdot m_{\text{max}} = 0,2 \cdot 7,4175 = 1,4835 \text{ т}$

$m_3 = 0,1 \cdot m_{\text{max}} = 0,1 \cdot 7,2885 = 0,72885 \text{ т}$

$$\begin{bmatrix} 7 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} \Sigma_n = 7,8 \text{ т}$$

4. Для начала надо надо найти длину кабеля =  $2 \cdot \pi \cdot R$ .  
 т.к.  $d = 4 \text{ см}$ , то  $R = 2 \text{ см}$ ;  $P = 2 \cdot \pi \cdot 2 = 4 \cdot \pi = 12,566 \text{ см}$  (для 1 кабеля)

$m_{\text{каль}} = 7,8 \text{ т} \longrightarrow 12,566 \cdot 8$  (т.к. всего 8 кабелей)

$X_2 \longrightarrow 1340 \text{ см}$

$$X = \frac{7,8 \cdot 1340}{100,528} = 103,972$$

(5)

Однако, если мы разделим 103,97 на 7,8, то получим не целое кол-во загрузок  $\approx 13,3 \Rightarrow$  всего 14 загрузок  
 $14 \cdot 7,8 = 109,2$  в всей смеси

$$\begin{array}{l} 100,528_{\text{см}} - 8 \text{ камен} \\ 1340_{\text{см}} - X \text{ камен} \end{array} \Rightarrow X = 106,637 \approx 106 \text{ камен}$$

Если брать 14 загрузок, так чтобы хватило на 1340 см, то:

$$\left[ \begin{array}{l} 7,82 - 100,528_{\text{см}} \\ 109,22 - X \end{array} \Rightarrow X = 140,7392_{\text{см}} \right]$$

$$\begin{array}{l} 100,528_{\text{см}} - 8 \text{ камен} \\ 1407,392 - X \end{array} \Rightarrow X = 112 \text{ камен}$$

Ответ: для полной т-14 загрузка - 112 камен  
для 1340 см - 106 камен