

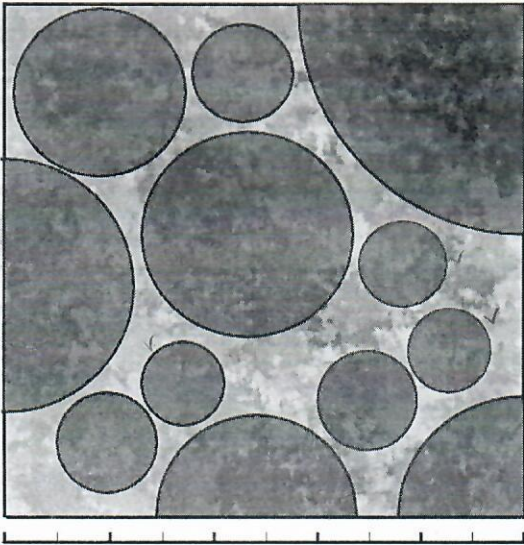


## Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

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>	$\mu = 0,1$	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>	68,5%	20
3	<p>Гидрогель на основе хитозана был помещен в нейтральную среду и в условия, имитирующие среду желудка человека (pH = 3). Для того чтобы подготовить эту среду надо в воду добавить соляную кислоту. Рассчитайте объем кислоты (30% масс., плотность 1,149 г/см<sup>3</sup>, M = 36.46 г/моль), 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>\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]</math>, где <math>[\text{H}^+]</math> - концентрация ионов водорода, для одноосновных</p>	$V(\text{HCl}) = 4,3 \text{ мл}$	40



## Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

направление Биотехнология  
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 (%).

график и вывод  
(см. бланк ответов)

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 -  $1,24 \text{ г/см}^3$ , ПКЛ -  $1,15 \text{ г/см}^3$ , ПЭГ -  $1,13 \text{ г/см}^3$ .

$m = 7,8 \text{ г}$   
 $m_{\text{ПЛА}} = 5,6 \text{ г}$   
 $m_{\text{ПЭГ}} = 0,73 \text{ г}$   
 $m_{\text{ПКЛ}} = 1,48 \text{ г}$

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.

107 колец  
112 колец

4

30

N2 масштаб:  $0,7 \text{ см} = 5 \text{ мкм} \Rightarrow 1 \text{ см} \approx 7,14 \text{ мкм}$

Рассчитаем площадь, занимаемую порами ( $S = \pi R^2$ ):

1.  $R = 1,3 \text{ см} \stackrel{\times 7,14}{=} 9,282 \text{ мкм}$

$\frac{S}{2} = \frac{\pi R^2}{2} \approx 135,26 \text{ мкм}^2$

2.  $R = 1,7 \text{ см} \stackrel{\times 7,14}{=} 12,138 \text{ мкм}$

$\frac{S}{4} = \frac{\pi R^2}{4} \approx 115,65 \text{ мкм}^2$

3.  $R = 3 \text{ см} \stackrel{\times 7,14}{=} 21,42 \text{ мкм}$

$\frac{S}{4} = \frac{\pi R^2}{4} \approx 360,17 \text{ мкм}^2$

4.  $R = 1,4 \text{ см} \stackrel{\times 7,14}{=} 9,996 \text{ мкм}$

$S = \pi R^2 \approx 313,75 \text{ мкм}^2$

5.  $R = 1,65 \text{ см} \stackrel{\times 7,14}{=} 11,781 \text{ мкм}$

$\frac{S}{2} = \frac{\pi R^2}{2} \approx 217,9 \text{ мкм}^2$

6.  $R = 1,5 \text{ см} \times 7,14 = 8,21 \text{ мкм}$

$S = \pi R^2 \approx 211,7 \text{ мкм}^2$

7.  $R = 0,65 \text{ см} \times 7,14 = 4,641 \text{ мкм}$

8.  $R = 0,55 \text{ см} \times 7,14 = 3,927 \text{ мкм}$

$3S = 3\pi R^2 \approx 202,9 \text{ мкм}^2$

$2S = 2\pi R^2 \approx 96,85 \text{ мкм}^2$

Т.к. заданок.

круга (поры)

9.  $R = 0,6 \text{ см} \times 7,14 = 4,284 \text{ мкм}$

$S = \pi R^2 \approx 57,63 \text{ мкм}^2$

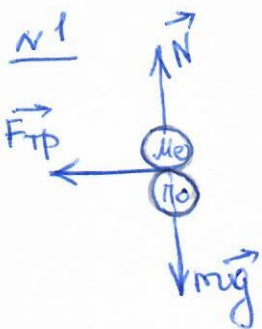
Рассчитаем  $S$ , занимаемую порами:  $S_{\text{общ}} = S_1 + \dots + S_9 = 1711,81 \text{ (мкм}^2)$

Площадь сшивки:  $S = 50 \times 50 = 2500 \text{ (мкм}^2)$

Рассчитаем пористость образца:

$\text{пор.} = \frac{S_{\text{общ}}}{S} \cdot 100\% = \frac{1711,81}{2500} \cdot 100\% \approx 68,5\%$

Ответ: 68,5%



$m = 80 \text{ кг}$

$v = 10 \text{ км/ч} \approx 2,8 \approx 3 \text{ (м/с)}$

$t = 40 \text{ с}$

$F_{тр} = \mu N$

$F_{тр} = 784 \text{ Н}$

1.  $S = vt = 40 \times 2,8 = 112 \text{ (м)}$  - путь после финиша

2.  $mg = N = 80 \cdot 9,8 = 784 \text{ (Н)}$

3.  $A_{тр} = FS = 87808 \text{ (Дж)}$



№3 pH = 7 (нейтральная)  
pH = 3 (желудок)

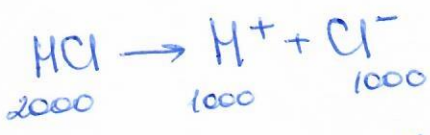
C (HCl) = 2000 моль/л  
ρ (HCl) = 1,149 г/см<sup>3</sup>  
M (HCl) = 36,46 г/моль

$$pH = -\lg [H^+]$$

$$3 = -\lg [H^+]$$

$$-3 = \lg \frac{1}{[H^+]}$$

$$[H^+] = 1000 = C \text{ (моль/л)}$$



$$C = \frac{n}{V} = 2000 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

3,7 г { HCl  
1,1 г } + H<sub>2</sub>O → 1,1 г } 23,7 г 1. n (HCl) =  $\frac{m}{M} = \frac{\rho V}{M} = \frac{1,149 \cdot 1}{36,46} \approx 0,03$  (моль)

2. m (HCl) = Mn = 0,03 · 36,46 ≈ 1,1 (г)

3. 1,1 г → 30% | ⇒ x =  $\frac{1,1 \cdot 100}{30} \approx 3,7$  (г)

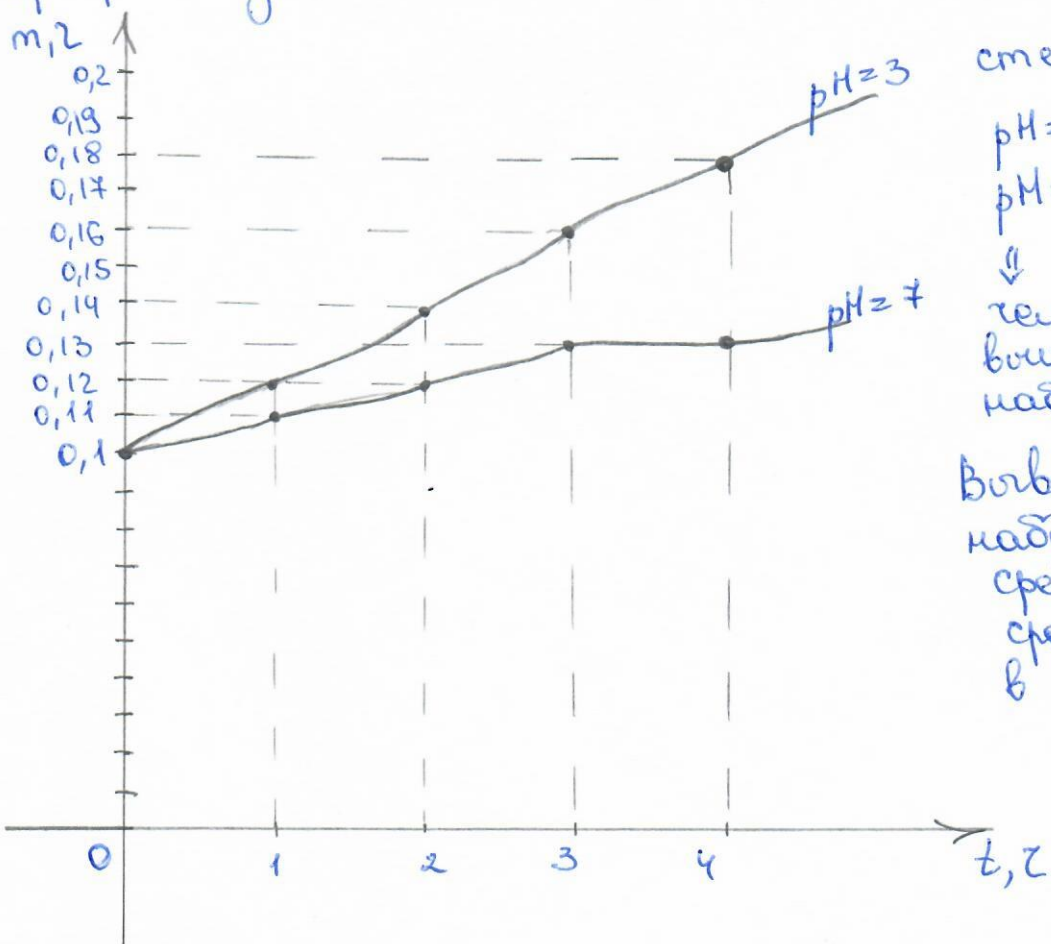
x → 100%

4. m (р-р; после) = 20 г + 3,7 = 23,7 (г)

5. ω =  $\frac{1,1}{23,7} \cdot 100\% \approx 4,6\%$

6. V (HCl) = 3,7 · 1,149 ≈ 4,3 (мл) - ответ

Графики зависимости степени набухания от времени



степ. набух. =  $\frac{\Delta m}{m}$

pH = 3 : с.н. =  $\frac{0,18 - 0,1}{0,1} = 0,8$

pH = 7 : с.н. =  $\frac{0,13 - 0,1}{0,1} = 0,3$

↓  
т.е. степень набух. выше, тем гидрогель набухает сильнее

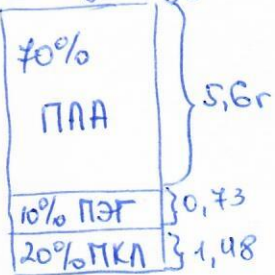
Вывод: гидрогель набухает сильнее в среде, ионизирующ. среду желудка, т.к. в ней степень набух. больше.



НН  $\rho_2$  - одна загрузка ПЛА

$$\left. \begin{aligned} \rho_{\text{ПЛА}} &\approx 1,242/\text{см}^3 \\ m &= 82 \\ V &= \frac{m}{\rho} \approx 6,45\text{см}^3 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \rho_{\text{ПКЛ}} &= 1,152/\text{см}^3 \\ V &= 6,45\text{см}^3 \\ m &= \rho V \approx 7,42 \end{aligned} \quad \left| \begin{aligned} \rho_{\text{ПЭГ}} &= 1,132/\text{см}^3 \\ V &= 6,45\text{см}^3 \\ m &= \rho V \approx 7,3\text{г} \end{aligned} \right.$$

одна загрузка



1.  $100\% \rightarrow 8\text{г}$   
 $70\% - x$   
 $x = \frac{70 \cdot 8}{100} \approx 5,6(\text{г})$

2.  $100\% - 7,4\text{г}$   
 $20\% - y$   
 $y = \frac{20 \cdot 7,4}{100} = 1,48(\text{г})$

3.  $100\% \rightarrow 7,3\text{г}$   
 $10\% - z$   
 $z = \frac{7,3 \cdot 10}{100} \approx 0,73(\text{г})$

4.  $m_{\text{общ.}} = 7,8\text{г}$



$D = 13,4\text{см}$   
 $C = \pi D = 12,56\text{см}$

$n = 8$  колец

$C_{\text{пруж}} = 100,48\text{см}$

$13,4\text{см} = 1340\text{см}$

I.  $\frac{1340}{100,48} = 14$  (пружин) по 8 колец

14 \cdot 8 = 112 колец

II.  $\frac{1340}{12,56} \approx \underline{\underline{107}}$  (колец) вне зависимости от пружин