



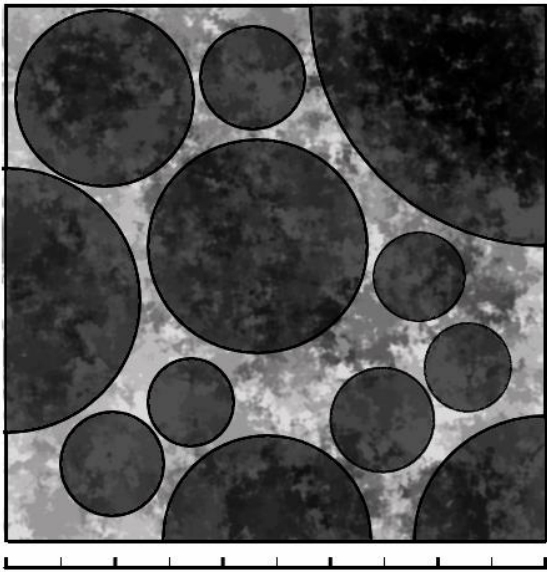
Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

направление Биоинженерия

Заключительный этап 2021 г.

Вариант 1

11 класс

№	Задание	Ответы	Баллы
1	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.		10
2	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.  50 мкм		20
3	Гидрогель на основе хитозана был помещен в нейтральную среду и в условия, имитирующие среду желудка человека ($\text{pH} = 3$). Для того чтобы подготовить эту среду надо в воду добавить соляную кислоту. Рассчитайте объем кислоты (30% масс., плотность $1,149 \text{ г/см}^3$, $M = 36.46 \text{ г/моль}$), который надо добавить в 20 мл воды, если объем полученного раствора равен сумме объемов исходного раствора и воды, ответ округляйте до десятых. Для расчета вам потребуется следующая формула: $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$, где $[\text{H}^+]$ - концентрация ионов водорода, для одноосновных		40



Олимпиада «МИСiС 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 (%).

рН = 7		рН = 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/см³, ПКЛ – 1,15 г/см³, ПЭГ – 1,13 г/см³.

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



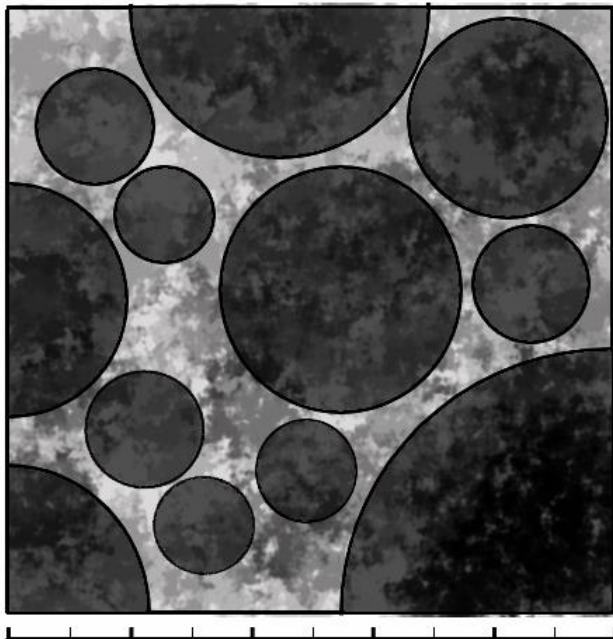
Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

направление Биоинженерия

Заключительный этап 2021 г.

Вариант 2

11 класс

№	Задание	Ответы	Баллы
1	Спортсмен массой 70 кг с эндопротезом коленного сустава состоящей из пары «металл-полимер» к концу длинной дистанции имеет скорость 7 км/ч. Он остановился через 35 секунд после финиша. Определите силу и коэффициент трения пары «металл-полимер» в эндопротезе.		10
2	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.  100 мкм		20
3	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 (32% масс., плотность $1,159 \text{ г/см}^3$, $M = 36.46 \text{ г/моль}$), который надо добавить в 20 мл воды, если объем полученного раствора равен сумме объемов исходного раствора и воды, ответ округляйте до десятых.		40



Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

направление Биоинженерия

Заключительный этап 2021 г.

Вариант 2

11 класс

Для расчета вам потребуется следующая формула: $pH = -\lg[H^+]$,

где $[H^+]$ - концентрация ионов водорода, для одноосновных кислот концентрация ионов водорода равна концентрации раствора кислоты $HCl = H^+ + Cl^-$, 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	0.125
2	0.12	2	0.145
3	0.13	3	0.165
4	0.13	4	0.185

4

Для печати полимерных имплантатов на 3D-принтере необходимо подготовить филамент из определенной полимерной смеси методом экструзии. Камера экструдера вмещает в себя 8 г. полилактида. Рассчитайте массу всей навески и каждого компонента, необходимого для получения полимерной смеси из полилактида (ПЛА), поликапролактона (ПКЛ) и полиэтиленгликоля (ПЭГ). Соотношение компонентов смеси 60 % ПЛА, 30 % ПКЛ и 10 % ПЭГ. Плотность ПЛА - 1,24 г/см³, ПКЛ – 1,15 г/см³, ПЭГ – 1,12 г/см³.

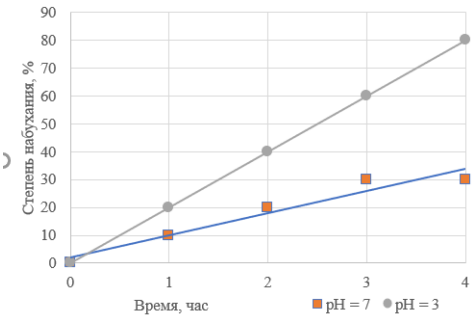
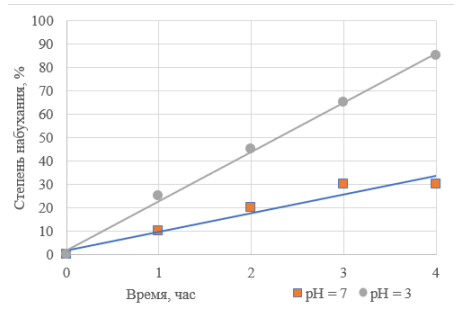
После экструдирования одной загрузки полимерной смеси филамент имеет вид пружины с диаметром кольца 5 см, количество колец равно 7. Рассчитайте сколько колец будет содержать одна большая «пружина», если для печати образца требуется филамент длиной 14,1 м. Округлите до целых так, чтобы материала хватило на печать образца.

30

Заключительный этап

Направление: **биоинженерия**

Класс: **11**

№	Вариант 1	Вариант 2																																				
1	$F = 5,56 \text{ Н}$, $\mu = 0,0071$	$F = 3,89 \text{ Н}$, $\mu = 0,0057$																																				
2	Пористость 80%	Пористость 80%																																				
3	$V = 2,4 \text{ мл}$ Согласно графику, гидрогель сильнее набухает сильнее в растворе с $\text{pH} = 3$  <table border="1"> <caption>Данные для графика Варианта 1</caption> <thead> <tr> <th>Время, час</th> <th>pH = 7 (%)</th> <th>pH = 3 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>10</td><td>20</td></tr> <tr><td>2</td><td>20</td><td>40</td></tr> <tr><td>3</td><td>30</td><td>60</td></tr> <tr><td>4</td><td>30</td><td>80</td></tr> </tbody> </table>	Время, час	pH = 7 (%)	pH = 3 (%)	0	0	0	1	10	20	2	20	40	3	30	60	4	30	80	$V = 2,2 \text{ мл}$ Согласно графику, гидрогель сильнее набухает сильнее в растворе с $\text{pH} = 3$  <table border="1"> <caption>Данные для графика Варианта 2</caption> <thead> <tr> <th>Время, час</th> <th>pH = 7 (%)</th> <th>pH = 3 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>10</td><td>25</td></tr> <tr><td>2</td><td>20</td><td>45</td></tr> <tr><td>3</td><td>30</td><td>65</td></tr> <tr><td>4</td><td>30</td><td>85</td></tr> </tbody> </table>	Время, час	pH = 7 (%)	pH = 3 (%)	0	0	0	1	10	25	2	20	45	3	30	65	4	30	85
Время, час	pH = 7 (%)	pH = 3 (%)																																				
0	0	0																																				
1	10	20																																				
2	20	40																																				
3	30	60																																				
4	30	80																																				
Время, час	pH = 7 (%)	pH = 3 (%)																																				
0	0	0																																				
1	10	25																																				
2	20	45																																				
3	30	65																																				
4	30	85																																				
4	$m(\text{ПЛА}) = 5,60 \text{ г}$ $m(\text{ПКЛ}) = 1,48 \text{ г}$ $m(\text{ПЭГ}) = 0,72 \text{ г}$ $m(\text{общ}) = 7,80 \text{ г}$ Количество колец = 107 шт	$m(\text{ПЛА}) = 4,80 \text{ г}$ $m(\text{ПКЛ}) = 2,23 \text{ г}$ $m(\text{ПЭГ}) = 0,72 \text{ г}$ $m(\text{общ}) = 7,75 \text{ г}$ Количество колец = 90 шт																																				

Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

Направление: (биоинженерия)

Заключительный тур 2021 г.

11 класс

1 вариант

Задача 1 (10 баллов)

Условие: 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.

Решение: Найдем ускорение, с которым бежит человек. Затем найдем силу:

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{-2,78}{40} = 0,0695 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$F_{\text{тр}} = ma = 80 * 0,0695 = 5,56 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N; N = mg$$

$$\mu = \frac{F_{\text{тр}}}{mg} = \frac{5,56}{80 * 9.81} = 0,0071$$

Ответ:

$$F = 5,56 \text{ Н},$$

$$\mu = 0,0071$$

Критерии оценивания:

0 – ответ совершенно неверный

5 – ход решения верный, но вычисления не верны

10 – верный ответ с решением

Задача 2 (20 баллов)

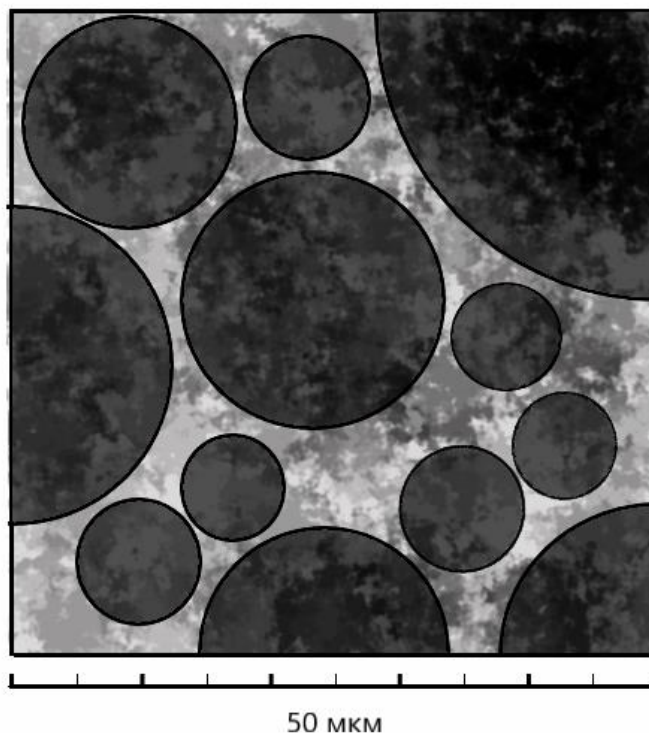
Условие: Сканирующая электронная микроскопия позволяет получать фотографии поверхности материалов с большим увеличением. Это можно использовать для расчета приблизительной пористости образцов, перспективных для применения в качестве

Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

Направление: (биоинженерия)

Заключительный тур 2021 г.

имплантатов. Пористость по микрофотографии можно определить, посчитав долю (%) площади фотографии, приходящуюся на поры. Рассчитайте пористость образца, по представленной микрофотографии, округлите до десятков.



Решение: С помощью линейки необходимо измерить диаметры/радиусы круглых пор. Методом пропорции можно пересчитать данные значения в микрометры, используя шкалу. Далее необходимо посчитать площадь кругов, учитывая, какая часть круга находится на рисунке (половина, четверть): $S_{\text{круга}} = \pi R^2$.

Пористость рассчитывается как отношение суммы площади всех кругов (в данном случае 2000 мкм²) разделить на площадь всей фотографии, а именно 2500 мкм².

$$\text{Пористость} = 2000/2500 \cdot 100\% = 80\%$$

Критерии оценивания:

- 0 – ответ совершенно неверный
- 5 – дан правильный ответ без пояснений
- 10 – ход решения верный, но вычисления не верны
- 20 – дан верный ответ с пояснением

Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

Направление: (биоинженерия)

Заключительный тур 2021 г.

Задача 3 (40 баллов)

Условие: Гидрогель на основе хитозана был помещен в нейтральную среду и в условия, имитирующие среду желудка человека ($\text{pH} = 3$). Для того чтобы подготовить эту среду надо в воду добавить соляную кислоту. Рассчитайте объем кислоты (30% масс., плотность $1,149 \text{ г/см}^3$, $M = 36.46 \text{ г/моль}$), который надо добавить в 20 мл воды, если объем полученного раствора равен сумме объемов исходного раствора и воды, ответ округляйте до десятых.

Для расчета вам потребуется следующая формула: $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$,

где $[\text{H}^+]$ - концентрация ионов водорода, для одноосновных 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 (%).

$\text{pH} = 7$		$\text{pH} = 3$	
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

Решение:

Зная концентрацию, плотность кислоты и объем воды, можно рассчитать объем кислоты, который необходимо добавить, чтобы достичь $\text{pH} = 3$. Обозначим объем кислоты, который нужно добавить за X . Тогда масса (исходный раствор кислоты) — $1,149X$. Масса HCl в этом 30% растворе равна $1,149X \cdot 30 / 100 = 0,3447X \text{ г}$.

Так как требуется создать среду с $\text{pH} = 3$, то рассчитаем концентрацию ионов водорода при этом pH , согласно уравнению

Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

Направление: (биоинженерия)

Заключительный тур 2021 г.

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

мы получим

$$3 = -\lg[\text{H}^+],$$

Следовательно, концентрация ионов водорода, а также концентрация раствора кислоты должна быть $10^{-3} = 0,001$ моль/л.

Эта концентрация может быть записана как $n/V = m/(V \cdot M)$, где m — это найденная ранее масса в 30% растворе.

Отсюда можно выразить конечный объем раствора HCl, который также равен $20+x$.

$$V(\text{HCl}) = \frac{m}{c(\text{HCl}) \cdot M} = \frac{0,3447 \cdot X}{0,001 \cdot 36,46} = 20 + X$$

Отсюда следует, что

$$(20 + X) \cdot (0,001 \cdot 36,46) = 0,3447X$$

$$0.30824X = 0.7292$$

Следовательно объем кислоты, который нужно добавить равен 2.4 мл.

Для того чтобы построить график рассчитываем степень набухания по формуле

$$\frac{(m - m_0) \cdot 100\%}{m_0}$$

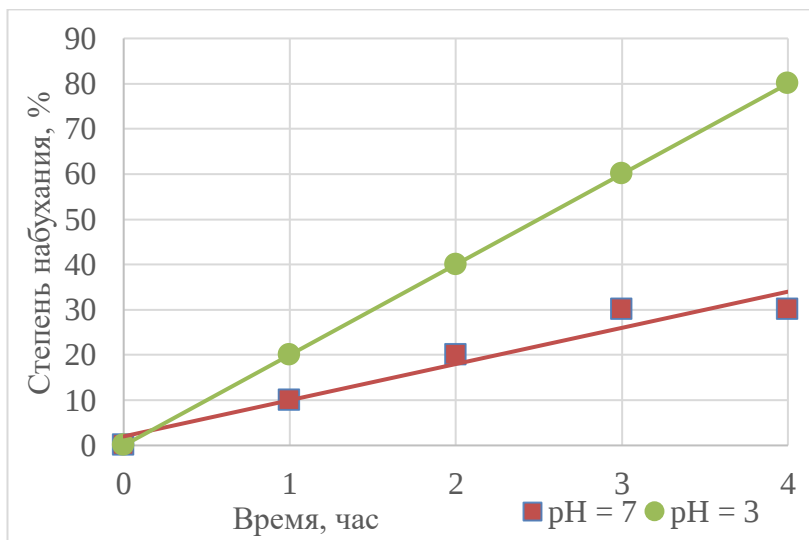
где m_0 - исходная масса образца. Обе кривые начинаются в 0.

Среда	pH = 7	pH = 3
Время, час	Степень набухания, %	
0	0	0
1	10	20
2	20	40
3	30	60
4	30	80

Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

Направление: (биоинженерия)

Заключительный тур 2021 г.



Согласно графику, гидрогель сильнее набухает сильнее в растворе с pH = 3

Критерии оценивания:

0 – решение неверно

10 – верно решена только часть задачи

20 – представлены решения двух частей задачи, построен график, ход решения задачи верный, но ответ дан неправильно

30 – одна часть задачи решена верно, ход решения второй части задачи верный, но ответ дан неправильно

40 – решение полностью верно

Задача 4 (30 баллов)

Условие: 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 - $1,13 \text{ г/см}^3$.

После экструдирования одной загрузки полимерной смеси филамент имеет вид пружины с диаметром кольца 4 см, количество колец равно 8. Рассчитайте сколько колец

Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

Направление: (биоинженерия)

Заключительный тур 2021 г.

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.

Решение:

- 1) Посчитаем объемную вместимость камеры экструдера, взяв плотность ПЛА:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{8}{1,24} = 6,45 \text{ см}^3$$

6,45 см³ – объем, который доступен для заполнения полимерной смесью.

- 2) Рассчитаем объем каждого материала смеси относительно объемной вместимости камеры экструдера:

$$V_{\text{ПЛА}} = 6,45 * 0,7 = 4,515 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{ПКЛ}} = 6,45 * 0,2 = 1,290 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{ПЭГ}} = 6,45 * 0,1 = 0,645 \text{ см}^3$$

- 3) Рассчитаем массу каждого материала, которую необходимо загрузить в камеру экструдера

$$m_{\text{ПЛА}} = 4,515 * 1,24 = 5,60 \text{ гр}$$

$$m_{\text{ПКЛ}} = 1,290 * 1,15 = 1,48 \text{ гр}$$

$$m_{\text{ПЭГ}} = 0,645 * 1,12 = 0,72 \text{ гр}$$

$$m_{\text{общ}} = 5,60 + 1,48 + 0,72 = 7,8 \text{ гр}$$

- 4) Найдем длину одного кольца

$$l_{\text{кольца}} = 3,14 * 4 = 12,56 \text{ см}$$

- 5) Найдём длину 8 колец (филамента «пружины» с одной загрузки):

$$l_{8 \text{ колец}} = 12,5670 * 8 = 100,48 \text{ см} = 1,0048 \text{ м}$$

- 6) Посчитаем, сколько таких филаментов «пружин» нам понадобится для печати образца:

$$k = \frac{13,4}{1,0048} \approx 13,34 \text{ шт}$$

- 7) Найдём, сколько всего колец будет в большой «пружине»:

$$n = 13,34 * 8 = 106,72 \text{ шт} \approx 107 \text{ шт}$$

Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

Направление: (биоинженерия)

Заключительный тур 2021 г.

Ответ:

$m(\text{ПЛА}) = 5,60 \text{ г}$

$m(\text{ПКЛ}) = 1,48 \text{ г}$

$m(\text{ПЭГ}) = 0,72 \text{ г}$

$m(\text{общ}) = 7,80 \text{ г}$

Количество колец = 107 шт

Критерии оценивания:

0 – ответ совершенно неверный

10 – ход решения верный, но вычисления не верны

30 – ответ верный полностью