

Шифр



Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

направление *Биоинженерия*
Заключительный этап 2021 г.

Вариант 1 10 класс

№	Задание	Ответы	Баллы
1	Плечевая кость с площадью сечения 314 мм^2 выдерживает максимальную массу 6443 кг. Какой диаметр будет иметь цилиндрический имплантат на основе полимера чтобы выдерживать такую же массу. Максимальное давление, которое может выдержать полимер и не разрушиться составляет 190 МПа. Площадь сечения кости принять как площадь круга. Значение диаметра округлите до десятых. Можно ли использовать такой имплантат, если отклонение диаметра имплантата относительно диаметра кости не может составлять более 5%?		10
2	Важной характеристикой полимерных костных имплантатов являются механические испытания на сжатие. Для этого вида испытаний необходимо изготовить серию вытянутых цилиндрических образцов, диаметр и высота которых в соответствии с ГОСТ отличаются в 2 раза. Для изготовления пористого цилиндра диаметром 1,2 см нужно запрессовать навеску полимера с солью NaCl в массовом соотношении 1:4, выставив необходимое давление p на табло пресса в ед. измерения кгс/см^2 ($1 \text{ кгс/см}^2 = 0,1 \text{ Н/мм}^2$). Рассчитать: А) Массу компонентов навески, если известна плотность полимера $0,009 \text{ кг/см}^3$ и плотность соли 2 г/см^3. Б) Давление, которое надо выставить на табло пресса, если в системе СИ давление составляет 50 МПа.		20



Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

направление Биоинженерия

Заключительный этап 2021 г.

Вариант 1**10 класс**

3	Биокерамика — это биосовместимая керамика, которая предназначена либо для постоянной имплантации, либо как временная конструкция, например в случае биорезорбируемых штифтов, пластин и винтов. Для синтеза биокерамики, например, трикальцийфосфата ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), потребуются источники кальция и фосфора. Молярность источников кальция и фосфора равна количеству атомов соответствующего элемента в химической формуле соединения. Помимо источников кальция и фосфора в ряде синтезов требуется топливо. Таким топливом может быть лимонная кислота ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$, молярная масса 192,1 г/моль). В результате их взаимодействия происходит окислительно-восстановительная экзотермическая реакция, в которой роль окислителя играет нитрат кальция, а восстановителя - топливо. Рассчитайте окислительную и восстановительную валентности как сумму валентностей, умноженных на соответствующий индекс, обратите внимание, что в данном случае валентность азота равна 0, а валентность в целом зависит от молярности, так общая валентность 2М раствора в 2 раза больше, чем 1М. При этом окислитель и топливо часто используются в стехиометрическом соотношении. Рассчитайте стехиометрическую концентрацию топлива (моль/л) согласно уравнению $C = \frac{\text{окислительная валентность}}{\text{— (восстановительная валентность)}}$ Зная стехиометрическую концентрацию топлива рассчитайте массу топлива необходимую для приготовления 50 мл раствора.		40
---	---	--	----



Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

направление Биоинженерия

Заключительный этап 2021 г.

Вариант 1

10 класс

	В ответе укажите стехиометрическую концентрацию (моль/л) и массу топлива, ответы округлите до сотых.																						
4	Гемодинамика – это отрасль науки, посвящённая изучению закономерностей движения крови в сосудистом русле и развивающейся на стыке двух наук – гидродинамики и биологии. Гемодинамическими показателями являются объёмная скорость движения крови, линейная скорость движения крови, сопротивление сосудистой системы, давление крови в сосудах. В таблице представлены длина и диаметр различных сосудов, а также давление в начале и конце каждого из них. По представленным ниже формулам рассчитайте остальные гемодинамические показатели (для каждого сосуда). Определите (для каждого сосуда) диаметр круглой бляшки, перекрывшей сосуд, если линейная скорость движения крови возросла в 3 раза при неизменной объёмной скорости. <table><tr><td>Сосуд</td><td>Давление в начале сосуда, мм рт.ст. (P₁)</td><td>Давление в конце сосуда, мм рт.ст. (P₂)</td><td>Длина сосуда</td><td>Диаметр сосуда</td></tr><tr><td>Аорта</td><td>110</td><td>90</td><td>6 см</td><td>1,75 см</td></tr><tr><td>Артерия</td><td>100</td><td>40</td><td>7 см</td><td>4 мм</td></tr><tr><td>Артериола</td><td>25</td><td>10</td><td>300 мкм**</td><td>75 мкм**</td></tr></table> **760 мм рт.ст. = 10⁵ Па * мкм – микрометры	Сосуд	Давление в начале сосуда, мм рт.ст. (P ₁)	Давление в конце сосуда, мм рт.ст. (P ₂)	Длина сосуда	Диаметр сосуда	Аорта	110	90	6 см	1,75 см	Артерия	100	40	7 см	4 мм	Артериола	25	10	300 мкм**	75 мкм**		30
Сосуд	Давление в начале сосуда, мм рт.ст. (P ₁)	Давление в конце сосуда, мм рт.ст. (P ₂)	Длина сосуда	Диаметр сосуда																			
Аорта	110	90	6 см	1,75 см																			
Артерия	100	40	7 см	4 мм																			
Артериола	25	10	300 мкм**	75 мкм**																			



Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

направление *Биоинженерия*
Заключительный этап 2021 г.

Вариант 1

10 класс

$$R = \frac{8 \cdot l \cdot \eta}{\pi \cdot r^4}$$

– сопротивление сосуда по закону Пуазейля, где l – длина сосуда; η – вязкость крови; которая равна $4 \text{ Па} \cdot \text{с}$; r – радиус сосуда.

$$Q = \frac{P_1 - P_2}{R}$$

– объёмная скорость, P_1 – давление в начале сосуда, P_2 – давление в конце сосуда, R – сопротивление сосуда.

$$V = \frac{Q}{S}$$

– линейная скорость, где Q – объёмная скорость; S – площадь поперечного сечения сосуда.



Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

направление Биотехнологии

Заключительный этап 2021 г.

Вариант 2

10 класс

№	Задание	Ответы	Баллы
1	Плечевая кость с площадью сечения 319 мм^2 выдерживает максимальную массу 6443 кг. Какой диаметр будет иметь цилиндрический имплантат на основе полимера чтобы выдерживать такую же массу. Максимальное давление, которое может выдержать полимер и не разрушиться составляет 210 МПа. Площадь сечения кости принять как площадь круга. Значение диаметра округлите до десятых. Можно ли использовать такой имплантат, если отклонение диаметра имплантата относительно диаметра кости не может составлять более 5%?		10
2	Важной характеристикой полимерных костных имплантатов являются механические испытания на сжатие. Для этого вида испытаний необходимо изготовить серию вытянутых цилиндрических образцов, диаметр и высота которых в соответствии с ГОСТ отличаются в 2 раза. Для изготовления пористого цилиндра диаметром $1,4 \text{ см}$ нужно запрессовать навеску полимера с солью NaCl в массовом соотношении $1:4$, выставив необходимое давление p на табло пресса в ед. измерения кгс/см^2 ($1 \text{ кгс/см}^2 = 0,1 \text{ Н/мм}^2$). Рассчитать: А) Массу компонентов навески, если известна плотность полимера $0,009 \text{ кг/см}^3$ и плотность соли 2 г/см^3. Б) Давление, которое надо выставить на табло пресса, если в системе СИ давление составляет 70 МПа.		20
3	Биокерамика — это биосовместимая керамика, которая предназначена либо для постоянной имплантации, либо как временная конструкция, например в случае		40



Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

направление Биотехнологии

Заключительный этап 2021 г.

Вариант 2

10 класс

биорезорбируемых штифтов, пластин и винтов. Для синтеза биокерамики, например, трикальцийфосфата ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), потребуются источники кальция и фосфора. Молярность источников кальция и фосфора равна количеству атомов соответствующего элемента в химической формуле соединения. Помимо источников кальция и фосфора в ряде синтезов требуется топливо. Таким топливом может быть лимонная кислота ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$, молярная масса 192,1 г/моль). В результате их взаимодействия происходит окислительно-восстановительная экзотермическая реакция, в которой роль окислителя играет нитрат кальция, а восстановителя - топливо. Рассчитайте окислительную и восстановительную валентности как сумму валентностей, умноженных на соответствующий индекс, обратите внимание, что в данном случае валентность азота равна 0, а валентность в целом зависит от молярности, так общая валентность 2М раствора в 2 раза больше, чем 1М. При этом окислитель и топливо часто используются в стехиометрическом соотношении. Рассчитайте стехиометрическую концентрацию топлива (моль/л) согласно уравнению

$$C = \frac{\text{окислительная валентность}}{\text{— (восстановительная валентность)}}$$

Зная стехиометрическую концентрацию топлива рассчитайте массу топлива необходимую для приготовления 100 мл раствора.

В ответе укажите стехиометрическую концентрацию (моль/л) и массу топлива, ответы округлите до сотых.



Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

направление *Биоинженерия*

Заключительный этап 2021 г.

Вариант 2**10 класс**

Гемодинамика – это отрасль науки, посвящённая изучению закономерностей движения крови в сосудистом русле и развивающейся на стыке двух наук – гидродинамики и биологии. Гемодинамическими показателями являются объёмная скорость движения крови, линейная скорость движения крови, сопротивление сосудистой системы, давление крови в сосудах. В таблице представлены длина и диаметр различных сосудов, а также давление в начале и конце каждого из них. По представленным ниже формулам рассчитайте остальные гемодинамические показатели (для каждого сосуда). Определите (для каждого сосуда) диаметр круглой бляшки, перекрывшей сосуд, если линейная скорость движения крови возросла в 3 раза при неизменной объёмной скорости.

4

Сосуд	Давление в начале сосуда, мм рт.ст. (P ₁)	Давление в конце сосуда, мм рт.ст. (P ₂)	Длина сосуда	Диаметр сосуда
Аорта	110	90	7 см	2 см
Артерия	100	40	6 см	3 мм
Артериола	25	10	250 мкм ^{**}	80 мкм ^{**}

^{**}760 мм рт.ст. = 10⁵ Па

* мкм – микрометры

$$R = \frac{8 \cdot l \cdot \eta}{\pi \cdot r^4}$$

30

**Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»**

направление Биоинженерия
Заключительный этап 2021 г.

Вариант 2**10 класс**

– сопротивление сосуда по закону Пуазейля, где l – длина сосуда; η – вязкость крови; которая равна 6 Па·с; r – радиус сосуда.

$$Q = \frac{P_1 - P_2}{R}$$

– объёмная скорость, P_1 – давление в начале сосуда, P_2 – давление в конце сосуда, R – сопротивление сосуда.

$$V = \frac{Q}{S}$$

– линейная скорость, где Q – объёмная скорость; S – площадь поперечного сечения сосуда.

Заключительный этап

Направление: **биоинженерия**

Класс: **10**

№	Вариант 1				Вариант 2		
1	d = 20,6 мм Отклонение – 3% Можно использовать				d = 19,7 мм Отклонение – 2,5% Можно использовать		
2	m _{полимера} = 1,285 г. m _{соли} = 4 * 1,28 = 5,14 г. m _{общая} = 6,425 г. 50 МПа = 500 кгс/см ²				m _{полимера} = 2,04 г. m _{соли} = 8,16 г. m _{общая} = 10,2 г. 70 МПа = 700 кгс/см ²		
3	c = 1,67 моль/л m _{топлива} = 16,04 г				c = 1,67 моль/л m _{топлива} = 32,8 г		
4	Вариант	Сосуд	R, Па·с/см ³	Q, см ³ /с	V, см/с	D _{бляшки} , см	
	1	Аорта	104,31	25,56	10,63	1,42	
		Артерия	44585,99	0,18	1,43	0,33	
		Артериола	1,55·10 ⁹	1,29·10 ⁻⁶	0,03	5,12·10 ⁻³	
	2	Аорта	107	24,91	7,93	1,64	
		Артерия	181174,8	0,04	0,62	0,24	
		Артериола	1,49·10 ⁹	1,34·10 ⁻⁶	0,03	6,53·10 ⁻³	

Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

Направление: (биоинженерия)

Заключительный тур 2021 г.

10 класс

1 вариант

Задача 1 (10 баллов)

Условие: Плечевая кость с площадью сечения 314 мм^2 выдерживает максимальную массу 6443 кг . Какой диаметр будет иметь цилиндрический имплантат на основе полимера чтобы выдерживать такую же массу. Максимальное давление, которое может выдержать полимер и не разрушиться составляет 190 МПа . Площадь сечения кости принять как площадь круга. Значение диаметра округлите до десятых. Можно ли использовать такой имплантат, если отклонение диаметра имплантата относительно диаметра кости не может составлять более 5% ?

Решение:

Запишем уравнение для силы F

$$F = mg = 6443 \cdot 9,8 = 63141 \text{ Н}$$

Далее необходимо посчитать давление, которое выдерживает кость.

$$P = \frac{F}{S} = \frac{63141}{314 \cdot 10^{-6}} = 201 \text{ МПа}$$

Так как сила, действующая на кость и имплантат одинакова, можно составить пропорцию:

$$P_k \cdot S_k = P_i \cdot S_i$$

Откуда находим площадь и радиус имплантата:

$$S_i = \pi \cdot r_i^2 = \frac{P_k \cdot S_k}{P_i} = \frac{201 \cdot 314}{190} = 332 \text{ мм}^2$$

$$r_i = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = \sqrt{\frac{332}{3,14}} = 10,3 \text{ мм}$$

Диаметр имплантата:

$$d_i = 2r = 2 \cdot 10,3 = 20,6 \text{ мм}$$

По тем же формулам посчитаем диаметр кости:

$$d_k = 20 \text{ мм}$$

Отклонение диаметра имплантата от диаметра кости составляет $0,6 \text{ мм}$. Посчитаем долю (%) этой величины от диаметра кости:

Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

Направление: (биоинженерия)

Заключительный тур 2021 г.

$$\text{Отклонение} = \frac{0,6}{20} \cdot 100\% = 3\%$$

Следовательно, такой имплантат может использоваться.

Ответ: $d = 20,6$ мм

Отклонение – 3%

Можно использовать

Критерии оценивания:

0 – ответ совершенно неверный

5 – ответ дан верный, но не полностью или без пояснений, или ход решения верный, но вычисления не верны

10 – ответ верный полностью

Задача 2 (20 баллов)

Условие: Важной характеристикой полимерных костных имплантатов являются механические испытания на сжатие. Для этого вида испытаний необходимо изготовить серию вытянутых цилиндрических образцов, диаметр и высота которых в соответствии с ГОСТ отличаются в 2 раза. Для изготовления пористого цилиндра диаметром 1,2 см нужно запрессовать навеску полимера с солью NaCl в массовом соотношении 1:4, выставив необходимое давление p на табло пресса в ед. измерения кгс/см^2 ($1 \text{ кгс/см}^2 = 0,1 \text{ Н/мм}^2$). Рассчитать:

А) Массу компонентов навески, если известна плотность полимера $0,009 \text{ кг/см}^3$ и плотность соли 2 г/см^3 .

Б) Давление, которое надо выставить на табло пресса, если в системе СИ давление составляет 50 МПа.

Решение: 1) Рассчитаем объем цилиндрического образца. Если диаметр равен 1,2 см, то высота должна быть в два раза больше – 2,4 см. По этим данным рассчитаем объем:

$$V = S \cdot h = \pi \cdot R^2 \cdot h = 3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 2,4 = 2,71 \text{ см}^3$$

Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

Направление: (биоинженерия)

Заключительный тур 2021 г.

2) Пусть масса полимера будет m , тогда масса соли – $4m$. Объем вычисляется по формуле:

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

Тогда общий объем:

$$V = V_{\text{полимера}} + V_{\text{соли}} = \frac{m}{\rho_{\text{полимера}}} + \frac{4m}{\rho_{\text{соли}}}$$

Подставляем значения, получаем уравнение с неизвестной m , откуда находим массу навески полимера и рассчитываем массу соли и общую массу.

$$m_{\text{полимера}} = 1,285 \text{ г.}$$

$$m_{\text{соли}} = 4 * 1,28 = 5,14 \text{ г.}$$

$$m_{\text{общая}} = 6,425 \text{ г.}$$

3) Пересчитаем давление:

$$50 \text{ МПа} = 50 \text{ Н/мм}^2 = 500 \text{ кгс/см}^2$$

Ответ:

$$m_{\text{полимера}} = 1,285 \text{ г.}$$

$$m_{\text{соли}} = 5,14 \text{ г.}$$

$$m_{\text{общая}} = 6,425 \text{ г.}$$

$$50 \text{ МПа} = 500 \text{ кгс/см}^2$$

Критерии оценивания:

0 – ответ совершенно неверный

10 – дан верный ответ только на часть задачи

15 – ход решения верный, но вычисления не верны

20 – ответ верный полностью

Задача 3 (40 баллов)

Условие: Биокерамика — это биосовместимая керамика, которая предназначена либо для постоянной имплантации, либо как временная конструкция, например, в случае биорезорбируемых штифтов, пластин и винтов. Для синтеза биокерамики, например, трикальцийфосфата ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), потребуются источники кальция и фосфора. Молярность

Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

Направление: (биоинженерия)

Заключительный тур 2021 г.

источников кальция и фосфора равна количеству атомов соответствующего элемента в химической формуле соединения. Помимо источников кальция и фосфора в ряде синтезов требуется топливо. Таким топливом может быть лимонная кислота ($C_6H_8O_7$, молярная масса 192,1 г/моль). В результате их взаимодействия происходит окислительно-восстановительная экзотермическая реакция, в которой роль окислителя играет нитрат кальция, а восстановителя - топливо. Рассчитайте окислительную и восстановительную валентности как сумму валентностей, умноженных на соответствующий индекс, обратите внимание, что в данном случае валентность азота равна 0, а валентность в целом зависит от молярности, так общая валентность 2М раствора в 2 раза больше, чем 1М. При этом окислитель и топливо часто используются в стехиометрическом соотношении. Рассчитайте стехиометрическую концентрацию топлива (моль/л) согласно уравнению

$$c = \frac{\text{окислительная валентность}}{-(\text{восстановительная валентность})}$$

Зная стехиометрическую концентрацию топлива рассчитайте массу топлива необходимую для приготовления 50 мл раствора.

Решение: 1) Рассчитаем окислительную и восстановительную валентности:

Окислительная валентность нитрата кальция = $2 + (0 - 2 \cdot 3) \cdot 2 = -10$

Восстановительная валентность топлива = $6 \cdot 4 + 8 \cdot 1 - 7 \cdot 2 = 18$

2) Рассчитаем стехиометрическую концентрацию лимонной кислоты:

Так как в формуле трикальцийфосфата у кальция индекс 3, то валентность окислителя необходимо умножить на 3:

$$c = -10 \cdot 3 - (18) = 1,67 \text{ моль/л}$$

Массу топлива можно рассчитать, зная объем раствора и молярную массу топлива.

$$m(C_6H_8O_7) = 192,1 \cdot 1,67 \cdot 501000 = 16,04 \text{ г}$$

Ответ:

$$c = 1,67 \text{ моль/л}$$

$$m_{\text{топлива}} = 16,04 \text{ г}$$

Критерии оценивания:

0 – ответ совершенно неверный

10 – ответ дан верный, но не полностью

20 – ход решения верный, но вычисления не верны

30 – ответ верный полностью

Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

Направление: (биоинженерия)

Заключительный тур 2021 г.

Задача 4 (30 баллов)

Условие: Гемодинамика – это отрасль науки, посвящённая изучению закономерностей движения крови в сосудистом русле и развивающейся на стыке двух наук – гидродинамики и биологии. Гемодинамическими показателями являются объёмная скорость движения крови, линейная скорость движения крови, сопротивление сосудистой системы, давление крови в сосудах. В таблице представлены длина и диаметр различных сосудов, а также давление в начале и конце каждого из них. По представленным ниже формулам рассчитайте остальные гемодинамические показатели (для каждого сосуда). Определите (для каждого сосуда) диаметр круглой бляшки, перекрывшей сосуд, если линейная скорость движения крови возросла в 3 раза при неизменной объёмной скорости.

Сосуд	Давление в начале сосуда, мм рт.ст. (P_1)	Давление в конце сосуда, мм рт.ст. (P_2)	Длина сосуда	Диаметр сосуда
Аорта	110	90	6 см	1,75 см
Артерия	100	40	7 см	4 мм
Артериола	25	10	300 мкм ^{**}	75 мкм ^{**}

^{**}760 мм рт.ст. = 10^5 Па

^{*}мкм – микрометры

$$R = \frac{8 \cdot l \cdot \eta}{\pi \cdot r^4}$$

– сопротивление сосуда по закону Пуазейля, где l – длина сосуда; η – вязкость крови; которая равна $4 \text{ Па} \cdot \text{с}$; r – радиус сосуда.

$$Q = \frac{P_1 - P_2}{R}$$

– объёмная скорость, P_1 – давление в начале сосуда, P_2 – давление в конце сосуда, R – сопротивление сосуда.

$$V = \frac{Q}{S}$$

– линейная скорость, где Q – объёмная скорость; S – площадь поперечного сечения сосуда.

Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

Направление: (биоинженерия)

Заключительный тур 2021 г.

Решение:

Сопротивление сосуда по закону Пуазейля для аорты:

$$R = \frac{8 \cdot l \cdot \eta}{\pi \cdot r^4} = \frac{8 \cdot 6 \cdot 4}{\pi \cdot (1,75/2)^4} = 103,31 \text{ (Па} \cdot \text{с/см}^3\text{)}$$

Радиус равен половине диаметра, поэтому 1,75 делим на 2.

Объёмная скорость для аорты:

$$Q = \frac{P_1 - P_2}{R} = \frac{(110 - 90) \cdot 133,3}{103,31} = 25,56 \text{ (см}^3\text{/с)}$$

Домножение на 133,3 необходимо для перевода давления из мм рт.ст. в Па.

Линейная скорость для аорты:

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\pi \cdot r^2} = \frac{25,56}{\pi \cdot (1,75/2)^2} = 10,63 \text{ (см/с)}$$

Найдем площадь поперечного сечения аорты при появлении бляшки, если линейная скорость увеличилась в 3 раза при неизменной объёмной скорости:

$$S_{\text{новая}} = \frac{Q}{3 \cdot V} = \frac{25,56}{3 \cdot 10,63} = 0,801 \text{ (см}^2\text{)}$$

Чтобы найти площадь поперечного сечения бляшки, из площади поперечного сечения чистой аорты вычтем новую площадь поперечного сечения:

$$S_{\text{бляшки}} = S - S_{\text{новая}} = \pi \cdot (1,75/2)^2 - 0,801 = 1,603 \text{ (см}^2\text{)}$$

Найдем радиус бляшки:

$$r_{\text{бляшки}} = \sqrt{\frac{S_{\text{бляшки}}}{\pi}} = 0,71 \text{ (см)}$$

Диаметр равен двум радиусам, поэтому диаметр бляшки равен:

$$D_{\text{бляшки}} = r_{\text{бляшки}} \cdot 2 = 1,42 \text{ (см)}.$$

Аналогично проводим расчёты для артерии и артериолы.

Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

Направление: (биоинженерия)

Заключительный тур 2021 г.

Ответ:

Сосуд	$R, \text{Па} \cdot \text{с} / \text{см}^3$	$Q, \text{см}^3 / \text{с}$	$V, \text{см} / \text{с}$	$D_{\text{бляшки}}, \text{см}$
Аорта	104,31	25,56	10,63	1,42
Артерия	44585,99	0,18	1,43	0,33
Артериола	$1,55 \cdot 10^9$	$1,29 \cdot 10^{-6}$	0,03	$5,12 \cdot 10^{-3}$

Критерии оценивания:

0 – решение полностью неверно

15 – ход решения верный, но вычисления не верны

30 – ответ верный полностью