

Южно-Российская олимпиада школьников
«Будущий врач» (биология, 2018 год)
Задача № 4

Вариант № 1. Сколько молекул глюкозы поступит в плазму крови человека массой 70 кг после сытного обеда, если уровень глюкозы возрастет с 5 мМ до 20 мМ? Гематокрит (доля форменных элементов в составе крови) равен 40%. Изменением концентрации глюкозы в ходе всасывания и утилизации пренебрегаем, т.е. считаем, что вся глюкоза поступила в кровь без потерь.

Содержание верного ответа (решение) и указания по оцениванию
(правильный ответ должен содержать следующие позиции)

- 1) Объем крови человека массой 70 кг равен 5 л. При гематокрите 40% объем плазмы составляет 60%, что соответствует 3 л;
- 2) Концентрация глюкозы до еды составляла 5 мМ, следовательно, количество глюкозы в плазме крови объемом 3л равно $5 \text{ мМ} \times 3 \text{ л} = 15 \text{ мМ}$;
- 3) После приема пищи уровень глюкозы возрос до 20 мМ, следовательно, количество глюкозы в плазме крови объемом 3л равно $20 \text{ мМ} \times 3 \text{ л} = 60 \text{ мМ}$;
- 4) Разница в концентрациях глюкозы в плазме крови до и после приема пищи составляет $60 - 15 = 45 \text{ мМ}$;
- 5) В соответствии с числом Авогадро 1 моль вещества содержит $6,02 \times 10^{23}$ молекул, следовательно, на 1 мМоль ($0,001$ моль или 10^{-3} моля) вещества приходится 6×10^{20} молекул. Таким образом, после приема пищи в плазму крови поступит
- 6) $45 \text{ мМоль} \times 6,02 \times 10^{20} \text{ молекул} = 270,9 \times 10^{20} \text{ молекул}$ или $27,09 \times 10^{21} \text{ молекул}$ глюкозы.

Ответ: После приема пищи в плазму крови поступит $27,09 \times 10^{21}$ молекул глюкозы.

Южно-Российская олимпиада школьников
«Будущий врач» (биология, 2018 год)
Задача № 4

Вариант № 2. Сколько молекул глюкозы содержится в плазме крови среднестатистического человека массой 70 кг, если гематокрит (доля форменных элементов в составе крови) равен 45%, а уровень глюкозы в крови 5,5 ммоль/л ?

Содержание верного ответа (решение) и указания по оцениванию
(правильный ответ должен содержать следующие позиции)

- Объем крови человека массой 70 кг равен 5 л. При гематокрите 45% объем плазмы составляет 55%, что соответствует $5 \text{ л} \times 0,55 = 2,75 \text{ л}$ (или 2750 мл);
- Содержание глюкозы в норме составляет 1мг (или 0.001г)/мл или 5,5 мМ. Следовательно, дальнейшее решение задачи возможно двумя способами:

Способ А.

1. Общее количество глюкозы в плазме крови объемом 2.75 л равно $0,001\text{г} \times 2750 \text{ мл} = 2750 \text{ мг}$ или 2,75 г.

2. В соответствии с молекулярной массой 1 моль глюкозы составляет 180 г. Следовательно, число молей глюкозы в плазме крови, содержащей 2,75 г глюкозы, составит $2,75 \text{ г} : 180 \text{ г} = 0,01527 \text{ моль}$;

3. В соответствии с числом Авогадро 1 моль вещества содержит $6,02 \times 10^{23}$ молекул. Таким образом, в плазме крови среднестатистического человека массой 70 кг (гематокрит - 45%) содержится $0,01527 \text{ моль} \times 6,02 \times 10^{23} = 0,09197 \times 10^{23}$ молекул глюкозы (или $9,197 \times 10^{21}$).

Способ Б.

1. 5,5 мМ – это количество глюкозы, содержащейся в 1 л раствора. Следовательно, в 1 л плазмы крови содержится 5,5 ммоль глюкозы, а в 2,75л ее содержание равно

$5,5 \times 2,75 = 15,125 \text{ ммоль}$ (или $15,125 \times 10^{-3} \text{ моля}$);

2. В соответствии с числом Авогадро 1 моль вещества содержит $6,02 \times 10^{23}$ молекул. Таким образом, $15,125 \times 10^{-3} \text{ моля}$ умножаем на $6,02 \times 10^{23}$ и получаем **$9,105 \times 10^{21}$ молекул** глюкозы в плазме крови человека массой 70 кг (гематокрит - 45%).

Ответ: в плазме крови среднестатистического человека массой 70 кг (гематокрит - 45%), содержание молекул глюкозы составит в обоих способах решения задачи 9,1 или $9,197 \times 10^{21}$.

Примечание. получили несколько разные значения, потому что 1мг/мл - это немного больше 5,5 мМ.

Южно-Российская олимпиада школьников
«Будущий врач» (биология, 2018 год)
Задача № 4

Вариант № 3. Какова масса образующегося после приема пищи гликогена у среднестатистического человека массой 70 кг, если до еды в плазме крови было 5 мМ глюкозы, после приема пищи уровень ее поднялся до 10 мМ. Считаем, что вся глюкоза сразу попала в кровь и затем утилизировалась, при этом 50% глюкозы пошло на синтез гликогена, а гематокрит (доля форменных элементов в составе крови) равен 40%?

Содержание верного ответа (решение) и указания по оцениванию

(правильный ответ должен содержать следующие позиции)

- 1) Объем крови человека массой 70 кг равен 5 л. При гематокрите 40% объем плазмы составляет 60%, что соответствует 3 л;
- 2) Концентрация глюкозы до еды составляла 5 мМ, следовательно, количество глюкозы в плазме крови объемом 3л равно $5 \text{ мМ} \times 3 \text{ л} = 15 \text{ ммоль}$;
- 3) После приема пищи уровень глюкозы возрос до 10 мМ, следовательно, количество глюкозы в плазме крови объемом 3л равно $10 \text{ мМ} \times 3 \text{ л} = 30 \text{ ммоль}$;
- 4) Разница в концентрациях глюкозы в плазме крови до и после приема пищи составляет $30 - 15 = 15 \text{ ммоль}$ (0,015 моль);
- 5) В соответствии с молекулярной массой 1 моль глюкозы составляет 180 г. Следовательно, 15 ммоль глюкозы по массе равны $0,015 \text{ моль} \times 180 \text{ г} = 2,7 \text{ г}$;
- 6) 1 условный моль глюкозы в составе гликогена имеет массу 162 г, т.к. при синтезе гликогена при образовании α -1,4 - гликозидной связи теряется одна молекула воды.
- 7) В связи с тем, что по условию задачи на синтез гликогена было использовано 50% глюкозы, то из 2,7 г глюкозы только 1,35 г израсходовано на образование полисахарида;
- 8) Так как из 180 г (1моль) глюкозы получается 162 г гликогена, а из 1,35 г глюкозы получается X г гликогена,
то X находим в соответствии $1,35 \text{ г} \times 162\text{г}:180\text{г} = 1,215 \text{ г}$ гликогена.

Южно-Российская олимпиада школьников
«Будущий врач» (биология, 2018 год)
Задача № 4

Вариант № 4. Сколько молекул АТФ при полном окислении глюкозы образуется в организме человека весом 70 кг, если после внутривенного введения глюкозы ее уровень в крови поднялся с 3 мМ до 15 мМ. При расчетах считать, что вся введенная глюкоза из крови поступила в клетки, а гематокрит (доля форменных элементов в составе крови) составляет 40%.

Содержание верного ответа (решение) и указания по оцениванию

(правильный ответ должен содержать следующие позиции)

- 1) Объем крови человека массой 70 кг равен 5 л. При гематокрите 40% объем плазмы составляет 60%, что соответствует 3 л;
- 2) Исходный уровень глюкозы в плазме крови составлял 3 мМ, следовательно, количество глюкозы в плазме крови объемом 3л равно $3 \text{ мМ} \times 3 \text{ л} = 9 \text{ мМ}$;
- 3) После внутривенного введения уровень глюкозы возрос до 15 мМ, в связи с этим, количество глюкозы в плазме крови объемом 3л равно $15 \text{ мМ} \times 3 \text{ л} = 45 \text{ мМ}$;
- 4) Таким образом, в организм было введено $45 \text{ мМ} - 9 \text{ мМ} = 36 \text{ мМ}$ (0,036 моль) глюкозы;
- 5) с числом Авогадро 1 моль вещества содержит $6,02 \times 10^{23}$ молекул, следовательно, на 1 мМоль (0,001 моль или 10^{-3} моля) вещества приходится 6×10^{20} молекул. Таким образом, после внутривенного введения в плазму крови поступит $36 \text{ мМоль} \times 6,02 \times 10^{20} \text{ молекул} = 216,72 \times 10^{20} \text{ молекул}$ (или $21,672 \times 10^{21}$) молекул глюкозы;
- 6) При полном окислении 1 молекулы глюкозы в результате анаэробного гликолиза, в цикле Кребса и окислительного фосфорилирования на внутренней мембране митохондрий образуется до 38 молекул АТФ, следовательно, из $21,672 \times 10^{21}$ молекул глюкозы синтезируется $823,536 \times 10^{21}$ молекул АТФ (или $8,23536 \times 10^{23}$ молекул АТФ).

Ответ: После внутривенного введения глюкозы в организме человека весом 70 кг образуется $8,23536 \times 10^{23}$ молекул АТФ.