

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ФИЗИКА. 2025–2026 УЧ. Г.  
ПРИГЛАСИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП. 5 КЛАСС

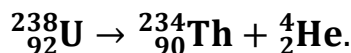
16 мая 1950 года Совет Министров СССР принял решение о строительстве атомной электростанции в Лаборатории «В» (г. Обнинск). Это стало первым практическим проектом по использованию ядерной энергии в мирных целях в нашей стране. В связи с 75-летием этого события мы решили посвятить нашу олимпиаду атомной и ядерной физике.

**Задачи 1–3. Реакция альфа-распада**

Всё в окружающем мире состоит из небольших частиц – атомов. Некоторые из атомов нестабильны и не могут долгое время оставаться в исходном состоянии. Такие атомы могут превращаться в другие атомы.

Каждый атом состоит из маленького ядра и летающих вокруг него электронов. Ядро атома обладает массой и электрическим зарядом. Массу ядра обозначают буквой  $M$ , а заряд – буквой  $Q$ . В реакциях превращения атомов суммарный заряд и суммарная масса ядер сохраняются. При записи схем ядерных реакций ядро обозначается как  ${}^M_QA$ , где  $A$  – обозначение названия ядра атома.

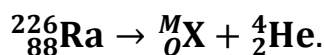
Так, например, ядро атома урана  ${}^{238}_{92}\text{U}$ , может разъединиться на две части: ядро атома тория  ${}^{234}_{90}\text{Th}$  и ядро атома гелия  ${}^4_2\text{He}$ , которое называется альфа-частицей. Такое преобразование ядра называется альфа-распадом, потому что в результате распада ядра на две части появляется альфа-частица. Схема этой ядерной реакции может быть записана так:



Заметим, что суммарная масса и суммарный заряд в таком процессе сохраняются, то есть

$$\begin{cases} 238 = 234 + 4; \\ 92 = 90 + 2. \end{cases}$$

Рассмотрим еще одну известную ядерную реакцию, в которой альфа-распад претерпевает ядро атома радия:



1. Рассчитайте заряд  $Q$  атома  $X$ .
2. Рассчитайте массу  $M$  атома  $X$ .

Ядра с разными зарядами соответствуют атомам различных химических элементов. Поэтому все атомы (а значит, и химические элементы) можно расположить в порядке возрастания их заряда в таблице. Эту таблицу открыл великий русский химик Дмитрий Иванович Менделеев, и она носит его имя.

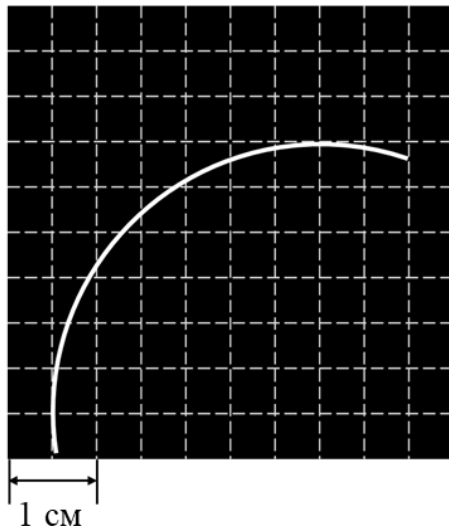
| ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ<br>Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА |                                  |                                  |          |                       |          |                                |           |                                 |            |                               | VII       |                             | VIII     |                             |  |                                |                              |                               |                              |                                   |                               |                               |                                |                                |                               |                               |                                  |                                  |                              |                                  |                               |                                |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------|-----------------------|----------|--------------------------------|-----------|---------------------------------|------------|-------------------------------|-----------|-----------------------------|----------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
|                                                     |                                  |                                  |          |                       |          |                                |           |                                 |            |                               | (H)       | 2                           | He       |                             |                                                                                     |                                |                              |                               |                              |                                   |                               |                               |                                |                                |                               |                               |                                  |                                  |                              |                                  |                               |                                |
| 1                                                   | <b>H</b><br>ВОДОРОД<br>1,00794   |                                  |          |                       |          |                                |           |                                 |            |                               |           | 4,00260                     | Гелий    |                             |                                                                                     |                                |                              |                               |                              |                                   |                               |                               |                                |                                |                               |                               |                                  |                                  |                              |                                  |                               |                                |
| 2                                                   | <b>Li</b><br>ЛИТИЙ<br>6,94       | <b>Be</b><br>БЕРИЛЛИЙ<br>9,01218 | 10,81    | <b>B</b><br>БОР       | 12,011   | <b>C</b><br>УГЛЕРОД<br>14,0067 | 15,9994   | <b>N</b><br>АЗОТ                | 16,00      | <b>O</b><br>КИСЛОРОД          | 18,998403 | <b>F</b><br>ФТОР            | 20,18    | <b>Ne</b><br>НЕОН           |                                                                                     |                                |                              |                               |                              |                                   |                               |                               |                                |                                |                               |                               |                                  |                                  |                              |                                  |                               |                                |
| 3                                                   | <b>Na</b><br>НАТРИЙ<br>22,98977  | <b>Mg</b><br>МАГНИЙ<br>24,305    | 26,98154 | <b>Al</b><br>АЛЮМИНИЙ | 28,085   | 30,97376                       | 32,06     | <b>Si</b><br>КРЕМНИЙ            | 35,453     | <b>P</b><br>ФОСФОР            | 39,948    | <b>S</b><br>СЕРА            | 35,453   | <b>Cl</b><br>ХЛОР           | 39,94                                                                               | <b>Ar</b><br>АРГОН             |                              |                               |                              |                                   |                               |                               |                                |                                |                               |                               |                                  |                                  |                              |                                  |                               |                                |
| 4                                                   | <b>K</b><br>КАЛИЙ<br>39,098      | <b>Ca</b><br>КАЛЬЦИЙ<br>40,08    | 44,9559  | <b>Sc</b><br>СКАНДИЙ  | 47,90    | <b>Ti</b><br>ТИТАН             | 50,9415   | <b>V</b><br>ВАНАДИЙ             | 51,996     | <b>Cr</b><br>ХРОМ             | 54,9380   | <b>Mn</b><br>МАРГАНЕЦ       | 55,84    | <b>Fe</b><br>ЖЕЛЕЗО         | 58,9332                                                                             | <b>Co</b><br>КОБАЛЬТ           | 58,9332                      | <b>Ni</b><br>НИКЕЛЬ           | 58,70                        |                                   |                               |                               |                                |                                |                               |                               |                                  |                                  |                              |                                  |                               |                                |
| 5                                                   | <b>Rb</b><br>РУБИДИЙ<br>85,467   | <b>Sr</b><br>СТРОНЦИЙ<br>87,62   | 88,9059  | <b>Y</b><br>ИТРИЙ     | 88,9059  | <b>Zr</b><br>ЦИРКОНИЙ          | 91,22     | <b>Nb</b><br>НИОБИЙ             | 92,9064    | <b>Mo</b><br>МОЛИБДЕН         | 95,94     | <b>Tc</b><br>ТЕХНЕЦИЙ       | 98,9062  | <b>Ru</b><br>РУТЕНИЙ        | 101,0                                                                               | <b>Rh</b><br>РОДИЙ             | 102,9055                     | <b>Pd</b><br>ПАЛЛАДИЙ         | 106,4                        |                                   |                               |                               |                                |                                |                               |                               |                                  |                                  |                              |                                  |                               |                                |
| 6                                                   | <b>Ag</b><br>СЕРЕБРО<br>107,8682 | <b>Cd</b><br>КАДМИЙ<br>112,41    | 114,82   | <b>In</b><br>ИНДИЙ    | 114,82   | <b>Sn</b><br>ОЛОВО             | 118,6     | <b>Sb</b><br>СВЫРЬМА            | 121,7      | <b>Te</b><br>ТЕЛЛУР           | 127,6     | <b>I</b><br>ИОД             | 126,9045 | <b>Xe</b><br>КСЕНОН         | 131,30                                                                              | <b>Cs</b><br>ЦЕЗИЙ<br>132,9054 | <b>Ba</b><br>БАРИЙ<br>137,33 | <b>La-Lu</b><br>*<br>138,9054 | <b>Hf</b><br>ГАФНИЙ<br>178,4 | <b>Ta</b><br>ТАНТАЛ<br>180,947    | <b>W</b><br>ВОЛЬФРАМ<br>183,8 | <b>Re</b><br>РЕНИЙ<br>186,207 | <b>Os</b><br>ОСМИЙ<br>190,2    | <b>Ir</b><br>ИРИДИЙ<br>192,2   | <b>Pt</b><br>ПЛАТИНА<br>195,0 |                               |                                  |                                  |                              |                                  |                               |                                |
| 7                                                   | <b>Au</b><br>ЗОЛОТО<br>196,9665  | <b>Hg</b><br>РУТУТЬ<br>200,5     | 204,3    | <b>Tl</b><br>ТАЛЛИЙ   | 204,3    | <b>Pb</b><br>СВИНЕЦ<br>207,2   | 208,9804  | <b>Bi</b><br>ВИСМУТ<br>208,9804 | 209        | <b>Po</b><br>ПОЛОНИЙ<br>(209) | 210       | <b>At</b><br>АСТАТ<br>(210) | 222      | <b>Rn</b><br>РАДОН<br>(222) | 226,0254                                                                            | <b>Fr</b><br>ФРАНЦИЙ<br>(223)  | <b>Ra</b><br>РАДИЙ<br>(226)  | <b>Ac</b><br>АКТИНИЙ<br>(227) | <b>Th</b><br>ТОРИЙ<br>(232)  | <b>Pa</b><br>ПРОТАКТИНИЙ<br>(231) | <b>U</b><br>УРАН<br>(238)     | <b>Np</b><br>НЕПУНИЙ<br>(237) | <b>Pu</b><br>ПЛУТОНИЙ<br>(244) | <b>Am</b><br>АМЕРИЦИЙ<br>(243) | <b>Cm</b><br>КЮРИЙ<br>(247)   | <b>Bk</b><br>БЕРКЛИЙ<br>(247) | <b>Cf</b><br>КАЛИФОРНИЙ<br>(251) | <b>Es</b><br>ЭЙНШТЕЙНИЙ<br>(254) | <b>Fm</b><br>ФЕРМИЙ<br>(257) | <b>Md</b><br>МЕНДЕЛЕВИЙ<br>(258) | <b>No</b><br>НОБЕЛИЙ<br>(259) | <b>Lr</b><br>ЛЮРЕНСИЙ<br>(262) |
| * лантаноиды                                        |                                  |                                  |          |                       |          |                                |           |                                 |            |                               |           |                             |          |                             |                                                                                     |                                |                              |                               |                              |                                   |                               |                               |                                |                                |                               |                               |                                  |                                  |                              |                                  |                               |                                |
| La                                                  | Ce                               | Pr                               | Nd       | Pm                    | Sm       | Eu                             | Gd        | Tb                              | Dy         | Ho                            | Er        | Tm                          | Yb       | Lu                          |                                                                                     |                                |                              |                               |                              |                                   |                               |                               |                                |                                |                               |                               |                                  |                                  |                              |                                  |                               |                                |
| 138,905                                             | 140,12                           | 140,9077                         | 144,24   | (145)                 | 150,4    | 151,96                         | 157,25    | 158,9254                        | 162,5      | 164,9304                      | 167,26    | 168,9342                    | 173,04   | 174,967                     |                                                                                     |                                |                              |                               |                              |                                   |                               |                               |                                |                                |                               |                               |                                  |                                  |                              |                                  |                               |                                |
| ЛАНТАН                                              | ЦЕРИЙ                            | ПРАЗЕОДИЙ                        | НЕОДИМ   | ПРОМЕТИЙ              | САМАРИЙ  | ЕВРОПИЙ                        | ГАДОЛИНИЙ | ТЕРБИЙ                          | ДИСПРОЗИЙ  | ГОЛЬМИЙ                       | ЭРБИЙ     | ТУЛИЙ                       | ИТТЕРБИЙ | ЛЮТЕЦИЙ                     |                                                                                     |                                |                              |                               |                              |                                   |                               |                               |                                |                                |                               |                               |                                  |                                  |                              |                                  |                               |                                |
| * актиноиды                                         |                                  |                                  |          |                       |          |                                |           |                                 |            |                               |           |                             |          |                             |                                                                                     |                                |                              |                               |                              |                                   |                               |                               |                                |                                |                               |                               |                                  |                                  |                              |                                  |                               |                                |
| Ac                                                  | Th                               | Pa                               | U        | Np                    | Pu       | Am                             | Cm        | Bk                              | Cf         | Es                            | Fm        | Md                          | No       | Lr                          |                                                                                     |                                |                              |                               |                              |                                   |                               |                               |                                |                                |                               |                               |                                  |                                  |                              |                                  |                               |                                |
| (227)                                               | (232)                            | (231)                            | (238)    | (237)                 | (244)    | (243)                          | (247)     | (247)                           | (251)      | (254)                         | (257)     | (258)                       | (259)    | (262)                       |                                                                                     |                                |                              |                               |                              |                                   |                               |                               |                                |                                |                               |                               |                                  |                                  |                              |                                  |                               |                                |
| АКТИНИЙ                                             | ТОРИЙ                            | ПРОТАКТИНИЙ                      | УРАН     | НЕПУНИЙ               | ПЛУТОНИЙ | АМЕРИЦИЙ                       | КЮРИЙ     | БЕРКЛИЙ                         | КАЛИФОРНИЙ | ЭЙНШТЕЙНИЙ                    | ФЕРМИЙ    | МЕНДЕЛЕВИЙ                  | НОБЕЛИЙ  | ЛЮРЕНСИЙ                    |                                                                                     |                                |                              |                               |                              |                                   |                               |                               |                                |                                |                               |                               |                                  |                                  |                              |                                  |                               |                                |

Так, например, уран имеет в этой таблице номер 92, и этот номер соответствует заряду атома ядра урана.

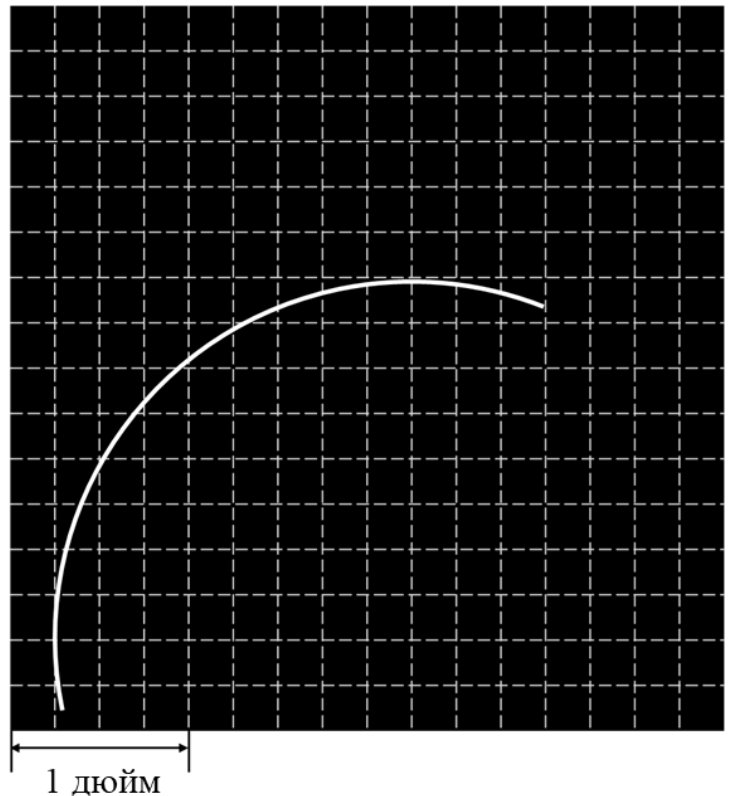
3. Как называется атом X в соответствии с таблицей Менделеева? Впишите название с маленькой буквы, не вставляйте пробелы перед названием или после названия.

### Задачи 4-7. Треки в магнитном поле

В двух крупных лабораториях в Дубне и в Чикаго проводили эксперименты по исследованию движения альфа-частиц в магнитном поле. Светлыми линиями на рисунках изображены следы, оставленные частицами в специальных исследовательских приборах. Эти следы называются треками.



Дубна, 12.05.2025, 00:05  
(2 клетки = 1 см)



Чикаго, 05.05.2025, 00:25  
(4 клетки = 1 дюйм)

4. Пользуясь рисунком, определите радиус траектории частицы, наблюдавшейся в Дубне. Ответ дайте в сантиметрах с округлением до целого числа.

5. Пользуясь рисунком, определите радиус движения частицы, наблюдавшейся в Чикаго. Ответ дайте в сантиметрах с округлением до целого числа. 1 дюйм = 2,54 см.

Радиус движения заряженной частицы в магнитном поле зависит от различных величин. Во-первых, он зависит от того, какая это частица (от её массы  $m$  и заряда  $q$ ). Радиус также зависит от параметров установки: от характеристики магнитного поля  $B$ , называемой индукцией, и от скорости движения частицы  $v$ . Формула, по которой можно рассчитать радиус траектории движения:  $R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$ .

6. Пользуясь рисунком из предыдущего задания, определите, в какой установке больше индукция магнитного поля. Считайте, что частицы одинаковые и движутся с равными скоростями. Впишите название города с большой буквы, не вставляйте пробелы перед названием или после названия.

7. Рассчитайте, во сколько раз индукция магнитного поля в одной лаборатории больше, чем индукция в другой. Дайте ответ в виде десятичной дроби большей единицы с округлением до десятых долей.

**Максимальный балл за работу – 20.**