



**Президентская олимпиада**  
Отборочный этап (2022-2023).  
Официальный комплект решений по химии.

## Содержание

Периодическая таблица	3
Тест отборочного тура (30 баллов) (100%)	4

Отборочный этап президентской олимпиады 2022-2023.

1																18	
<sup>1</sup> H 1.008	2											13	14	15	16	17	<sup>2</sup> He 4.003
<sup>3</sup> Li 6.94	<sup>4</sup> Be 9.01											<sup>5</sup> B 10.81	<sup>6</sup> C 12.01	<sup>7</sup> N 14.01	<sup>8</sup> O 16.00	<sup>9</sup> F 19.00	<sup>10</sup> Ne 20.18
<sup>11</sup> Na 22.99	<sup>12</sup> Mg 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	<sup>13</sup> Al 26.98	<sup>14</sup> Si 28.09	<sup>15</sup> P 30.97	<sup>16</sup> S 32.06	<sup>17</sup> Cl 35.45	<sup>18</sup> Ar 39.95
<sup>19</sup> K 39.10	<sup>20</sup> Ca 40.08	<sup>21</sup> Sc 44.96	<sup>22</sup> Ti 47.87	<sup>23</sup> V 50.94	<sup>24</sup> Cr 52.00	<sup>25</sup> Mn 54.94	<sup>26</sup> Fe 55.85	<sup>27</sup> Co 58.93	<sup>28</sup> Ni 58.69	<sup>29</sup> Cu 63.55	<sup>30</sup> Zn 65.38	<sup>31</sup> Ga 69.72	<sup>32</sup> Ge 72.63	<sup>33</sup> As 74.92	<sup>34</sup> Se 78.97	<sup>35</sup> Br 79.90	<sup>36</sup> Kr 83.80
<sup>37</sup> Rb 85.47	<sup>38</sup> Sr 87.62	<sup>39</sup> Y 88.91	<sup>40</sup> Zr 91.22	<sup>41</sup> Nb 92.91	<sup>42</sup> Mo 95.95	<sup>43</sup> Tc -	<sup>44</sup> Ru 101.1	<sup>45</sup> Rh 102.9	<sup>46</sup> Pd 106.4	<sup>47</sup> Ag 107.9	<sup>48</sup> Cd 112.4	<sup>49</sup> In 114.8	<sup>50</sup> Sn 118.7	<sup>51</sup> Sb 121.8	<sup>52</sup> Te 127.6	<sup>53</sup> I 126.9	<sup>54</sup> Xe 131.3
<sup>55</sup> Cs 132.9	<sup>56</sup> Ba 137.3	57- 71	<sup>72</sup> Hf 178.5	<sup>73</sup> Ta 180.9	<sup>74</sup> W 183.8	<sup>75</sup> Re 186.2	<sup>76</sup> Os 190.2	<sup>77</sup> Ir 192.2	<sup>78</sup> Pt 195.1	<sup>79</sup> Au 197.0	<sup>80</sup> Hg 200.6	<sup>81</sup> Tl 204.4	<sup>82</sup> Pb 207.2	<sup>83</sup> Bi 209.0	<sup>84</sup> Po -	<sup>85</sup> At -	<sup>86</sup> Rn -
<sup>87</sup> Fr -	<sup>88</sup> Ra -	89- 103	<sup>104</sup> Rf -	<sup>105</sup> Db -	<sup>106</sup> Sg -	<sup>107</sup> Bh -	<sup>108</sup> Hs -	<sup>109</sup> Mt -	<sup>110</sup> Ds -	<sup>111</sup> Rg -	<sup>112</sup> Cn -	<sup>113</sup> Nh -	<sup>114</sup> Fl -	<sup>115</sup> Mc -	<sup>116</sup> Lv -	<sup>117</sup> Ts -	<sup>118</sup> Og -

<sup>57</sup> La 138.9	<sup>58</sup> Ce 140.1	<sup>59</sup> Pr 140.9	<sup>60</sup> Nd 144.2	<sup>61</sup> Pm -	<sup>62</sup> Sm 150.4	<sup>63</sup> Eu 152.0	<sup>64</sup> Gd 157.3	<sup>65</sup> Tb 158.9	<sup>66</sup> Dy 162.5	<sup>67</sup> Ho 164.9	<sup>68</sup> Er 167.3	<sup>69</sup> Tm 168.9	<sup>70</sup> Yb 173.0	<sup>71</sup> Lu 175.0
<sup>89</sup> Ac -	<sup>90</sup> Th 232.0	<sup>91</sup> Pa 231.0	<sup>92</sup> U 238.0	<sup>93</sup> Np -	<sup>94</sup> Pu -	<sup>95</sup> Am -	<sup>96</sup> Cm -	<sup>97</sup> Bk -	<sup>98</sup> Cf -	<sup>99</sup> Es -	<sup>100</sup> Fm -	<sup>101</sup> Md -	<sup>102</sup> No -	<sup>103</sup> Lr -

## Тест отборочного тура (30 баллов)

Вопросы 1-5	Вопросы 6-10	Вопросы 11-15	Всего	Вес(%)
1	2	3	30	100

Представленные ниже вопросы имеют лишь один правильный вариант ответа.

1. Выберите верное высказывание о строении атома. (1 балл)

- (a) Атом состоит из нейтрально заряженных протонов, положительно заряженных нейтронов и отрицательно заряженных электронов
- (b) Почти весь объем и масса атома приходится на электроны
- (c) У нейтрально заряженного атома количество протонов равно количеству электронов
- (d) Почти вся масса атома приходится на электроны

Ответ: **с**. Атом — нейтральная частица; следовательно, количество положительно заряженных частиц (протонов) равно количеству отрицательно заряженных частиц (электронов). Вариант **а** неверный, потому что протоны заряжены положительно, а нейтроны не имеют заряда (заряжены нейтрально). Варианты **b** и **d** неверны, потому что большая часть массы атома приходится на его ядро.

2. Назовите направление в периодической таблице, в котором увеличивается первая энергия ионизации. (1 балл)

- (a) Направо по периоду и вниз по группе
- (b) Направо по периоду и вверх по группе
- (c) Налево по периоду и вниз по группе
- (d) Налево по периоду и вверх по группе

Ответ: **b**. Направо по периоду увеличивается эффективный заряд ядра, поэтому тратится больше энергии на высвобождение внешнего электрона. Следовательно, в этом направлении значение первой энергии ионизации растет. Вверх по группе заряд ядра уменьшается, но это компенсируется тем, что радиус атома и экранирование внешнего электрона уменьшаются. Поэтому, вверх по группе значение первой энергии ионизации тоже растет.

3. Назовите направление в периодической таблице, в котором увеличивается атомный радиус элемента. (1 балл)

- (a) Направо по периоду и вниз по группе
- (b) Направо по периоду и вверх по группе
- (c) Налево по периоду и вниз по группе
- (d) Налево по периоду и вверх по группе

Ответ: **с**. Налево по периоду эффективный заряд ядра атома уменьшается. Следовательно, сила, с которой электроны притягиваются к нему, уменьшается, а атомный радиус увеличивается. Вниз по группе у атома появляется новый энергетический уровень, что значительно увеличивает атомный радиус элемента.

4. Что такое изотопы? (1 балл)

- (a) Атомы с одинаковым количеством протонов и нейтронов
- (b) Атомы с разным количеством протонов, но одинаковым количеством нейтронов
- (c) Атомы с разным количеством протонов, но с одинаковым количеством электронов
- (d) Атомы с одинаковым количеством протонов, но с разным количеством нейтронов

Ответ: **d**. По определению, изотопы — это атомы одного элемента (значит, количество протонов равно), у которых разное количество нейтронов.

5. Выберите вещество, которое является слабой кислотой. (1 балл)

- (a)  $\text{HClO}_4$
- (b)  $\text{H}_3\text{PO}_4$
- (c)  $\text{HCl}$
- (d)  $\text{H}_2\text{SO}_4$

Ответ: **b**. Кислоты в остальных вариантах являются сильными.

6. Выберите элемент с самым большим атомным радиусом. (2 балла)

- (a) Mg
- (b) Cl
- (c) Be
- (d) F

Ответ: **a**. Пользуясь ответом из Вопроса 3, можно сделать вывод, что достаточно выбрать элемент, который находится левее и ниже всех.

7. Какое соединение образует белый осадок при добавлении к нему  $\text{AgNO}_3$ ? (2 балла)

- (a)  $\text{NaCl}$
- (b)  $\text{CaSO}_4$
- (c)  $\text{HI}$
- (d)  $\text{K}_3\text{PO}_4$

Ответ: **a**. При добавлении  $\text{AgNO}_3$  в раствор с хлорид-ионами, образуется нерастворимый белый осадок  $\text{AgCl}$ . В варианте **b** осадка не образуется. В вариантах **c** и **d** образуются желтые осадки  $\text{AgI}$  и  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$ .

8.  $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \xrightarrow[t^\circ]{\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.})} \text{X}$ . Выберите продукт реакции X. (2 балла)

- (a)  $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$
- (b)  $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$
- (c)  $\text{HC}\equiv\text{CH}$
- (d)  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$

**Ответ: b.** При данных условиях протекает реакция дегидратации — должна отщепляться молекула  $\text{H}_2\text{O}$ . Подходит только вариант **b**.

9. Даны два атома —  ${}^{85}_{35}\text{X}$  и  ${}^{134}_{65}\text{Y}$ . Назовите количество нейтронов в атоме X и количество электронов в атоме Y. (2 балла)

- (a) 50 и 65, соответственно
- (b) 35 и 65, соответственно
- (c) 85 и 69, соответственно
- (d) 35 и 134, соответственно

**Ответ: a.** Количество нейтронов равно разнице между относительной атомной массой и количеством протонов элемента. Количество электронов равно количеству протонов в атоме. Следовательно, количество нейтронов в атоме X равно  $85 - 35 = 50$ , а количество электронов в атоме Y равно 65.

10. В раствор органического соединения X добавили  $\text{NaOH}$  и  $\text{CuSO}_4$ , после чего нагрели раствор. В получившемся растворе образовался красный осадок. Какое соединение может быть соединением X? (2 балла)

- (a)  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CHBr}-\text{COOH}$
- (b)  $\text{NaO}-\text{CH}_2-\text{CHO}$
- (c)  $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CHOH}-\text{CH}_3$
- (d)  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_3$

**Ответ: b.** В данной реакции добавляется реактив Бенедикта — качественная реакция на альдегидную группу ( $-\text{CHO}$ ), которая присутствует только в соединении из варианта **b**.

11. Посчитайте среднюю атомную массу элемента X, используя относительную распространенность его изотопов:  ${}^{85}\text{X} - 37.87\%$ ,  ${}^{86}\text{X} - 12.31\%$ ,  ${}^{83}\text{X} - 49.82\%$ . (3 балла)

- (a) 83.492
- (b) 84.127
- (c) 84.892
- (d) 85.101

**Ответ: b.**  $85 \cdot 0.3787 + 86 \cdot 0.1231 + 83 \cdot 0.4982 = 84.127$ .

12. Реакция между иодидом калия (KI) и броматом калия (KBrO<sub>3</sub>) в кислотной среде длилась 15 минут при температуре 25 °С. Сколько времени она будет длиться при 50 °С, если ее температурный коэффициент  $\gamma$  равен 2? (3 балла)
- (a) 2.65 мин  
 (b) 10.2 мин  
 (c) 1.30 мин  
 (d) 3.45 мин

Ответ: **a**. Эта задача решается по формуле Вант-Гоффа

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{v_1}{v_2} = \gamma^{-\frac{T_2-T_1}{10}} = 2^{-\frac{50-25}{10}} = 2^{-2.5}$$

$$t_2 = t_1 \cdot 2^{-2.5} = 15 \text{ мин} \cdot 2^{-2.5} \approx 2.65 \text{ мин}$$

13. Какой объем занимает 5.32 г гелия (He) при температуре 38 °С и давлении 0.8 атм? (3 балла)
- (a) 5.18 л  
 (b) 0.0424 л  
 (c) 42.4 л  
 (d) 0.00518 л

Ответ: **c**. Состояние идеального газа определяется уравнением  $pV = nRT$ . Выразив объем гелия из этой формулы и подставив нужные значения, получим верный ответ.

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{5.32 \text{ г} \times 8.314 \text{ Дж моль}^{-1} \text{ К}^{-1} \times (273 + 38) \text{ К}}{4.00 \text{ г моль}^{-1} \times 0.8 \times 101325 \text{ Па}} = 0.0424 \text{ м}^3 = 42.4 \text{ л}$$

14. При смешении 200 мл 0.1 М раствора HBr и 150 мл 0.15 М раствора AgNO<sub>3</sub> образовался осадок, нерастворимый в кислотах, который отфильтровали и подвергли полному термическому разложению. Вычислите массу металла, образующегося в результате упомянутых действий. (3 балла)
- (a) 2.022 г  
 (b) 4.533 г  
 (c) 3.760 г  
 (d) 2.158 г

Ответ: **d**. Между HBr и AgNO<sub>3</sub> протекает следующая реакция:



Термическое разложение осадка происходит по следующей схеме:



Количество металла равно количеству осадка, т.е.  $n(\text{AgBr}) = n(\text{Ag})$ , поэтому достаточно лишь вычислить количество последнего.

$$n(\text{HBr}) = c(\text{HBr}) \cdot V(\text{HBr}) = 0.2 \text{ л} \cdot 0.1 \text{ М} = 0.02 \text{ моль}$$

$$n(\text{AgNO}_3) = c(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3) = 0.15 \text{ л} \cdot 0.15 \text{ М} = 0.0225 \text{ моль}$$

Так как  $n(\text{HBr}) < n(\text{AgNO}_3)$  расчёт ведём по HBr. Тогда:

$$m(\text{Ag}) = n(\text{HBr}) \cdot M_w(\text{Ag}) = 0.02 \text{ моль} \cdot 107.9 \text{ г/моль} = 2.158 \text{ г}$$

15. Какой объём разбавленного раствора 12%-ной азотной кислоты с плотностью 1.07 г/мл необходим для растворения медной монетки массой 2 г? (3 балла)

- (a) 15.6 мл
- (b) 30.8 мл
- (c) 41.2 мл
- (d) 61.8 мл

Ответ: **с**. Разбавленная (12%-ная) азотная кислота реагирует согласно следующей химической реакции:



Тогда:

$$m(\text{HNO}_3) = \frac{8}{3} \cdot \frac{m(\text{Cu})}{M_w(\text{Cu})} \cdot M_w(\text{HNO}_3) = \frac{8}{3} \cdot \frac{2 \text{ г}}{63.55 \text{ г/моль}} \cdot 63.02 \text{ г/моль} = 5.29 \text{ г}$$

$$m(\text{HNO}_3 \text{ разб}) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{0.12} = \frac{5.29 \text{ г}}{0.12} = 44.08 \text{ г}$$

$$V(\text{HNO}_3 \text{ разб}) = \frac{m(\text{HNO}_3 \text{ разб})}{\rho} = \frac{44.08 \text{ г}}{1.07 \text{ г/мл}} = 41.2 \text{ мл}$$