Тұрақтылар

Авогадро саны, N_A	6.022×10^{23} моль$^{-1}$
Элементар заряд, e	1.602×10^{-19} Кл
Әмбебап газ тұрақтысы, R	8.314 Дж моль$^{-1}$ К$^{-1}$
Фарадей тұрақтысы, F	$96\,485$ Кл моль$^{-1}$
Планк тұрақтысы, h	6.626×10^{-34} Дж с
Кельвиндегі температура (К)	$T_{\text{К}} = T_{\circ\text{C}} + 273.15$
Ангстрем, Å	1×10^{-10} м
пико, п	1 пм $= 1 \times 10^{-12}$ м
нано, н	1 нм $= 1 \times 10^{-9}$ м
микро, мк	1 мкм $= 1 \times 10^{-6}$ м

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

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

Олимпиада ережелері:

Сізге химия пәнінен 2025-2026 жылғы республикалық олимпиаданың есептер жинағы берілді. Төмендегі нұсқаулар мен ережелердің барлығын **мұқият** оқып шығыңыз. Олимпиада тапсырмаларын орындау үшін сізде **5 астрономиялық сағат (300 минут)** беріледі. Сіздің жалпы нәтижеңіз - тапсырмалардың ұпай санын ескере отырып, әрбір тапсырма бойынша ұпайлар сомасы болып табылады.

Сіз шимайпарақта есептерді шеше аласыз, бірақ барлық шешімдерді жауап парақтарына көшіруді ұмытпаңыз. **Арнайы белгіленген жолақтардың ішіне жазған шешімдер ғана тексеріледі**. Шимайпарақтар **тексерілмейді**. Шешімдерді жауап парақтарына көшіру үшін сізге **қосымша уақыт берілмейтінін** ескеріңіз.

Сізге графикалық немесе инженерлік калькуляторды пайдалануға **рұқсат етіледі**.

Сізге кез келген анықтамалық материалдарды, оқулықтарды немесе жазбаларды пайдалануға **тыйым салынады**.

Сізге ішкі жадты немесе интернеттен жүктеп алынған мәтіндік, графикалық және аудио пішімінде ақпаратты сақтауға қабілетті кез келген байланыс құрылғыларын, смартфондарды, смарт сағаттарды немесе кез келген басқа гаджеттерді пайдалануға **тыйым салынады**.

Осы тапсырмалар жинағына кірмейтін кез келген материалдарды, соның ішінде периодтық кесте мен ерігіштік кестесін **пайдалануға рұқсат етілмейді**. **Мұқаба бетінде** периодтық жүйенің нұсқасы беріледі.

Кезең соңына дейін олимпиаданың басқа қатысушыларымен сөйлесуге **рұқсат етілмейді**. Ешбір материалдарды, соның ішінде кеңсе керек-жарақтарын өзара алмаспаңыз. Кез келген ақпаратты жеткізу үшін ымдау тілін қолданбаңыз.

Осы ережелердің кез келгенін бұзғаныңыз үшін сіздің жұмысыңыз **автоматты түрде 0 ұпаймен** бағаланады және бақылаушылар сізді аудиториядан шығаруға құқылы.

Жауап парақтарыңызға шешімдерді **анық** әрі **түсінікті** етіп жазыңыз. Қорытынды жауаптарды қарындашпен дөңгелектеу ұсынылады. **Өлшем бірліктерін көрсетуді ұмытпаңыз (өлшем бірліктері жазылмаған жауап есептелмейді)**. Арифметикалық амалдарда сандық мәліметтерді қолдану ережелерін сақтаңыз. Басқаша айтқанда, маңызды сандар бар екені есіңізде болсын.

Сәйкес есептерді бермей шешімнің соңғы нәтижесін ғана көрсетсеңіз, онда жауап дұрыс болса да **0** ұпай аласыз.

№1 Есеп. Олеум геометриясы

Автор: Ахметов Н.

1.1	1.2	1.3	1.4	Барлығы	Үлесі(%)
3	6	1	2	12	10

1.1 (3 ұпай)

Реакцияны жазайық:

$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$

Судың бірінші порциясының массасы x г болсын, онда реакцияға түскен күкірт (VI) оксидінің массасы

$$\frac{80x}{18} \approx 4{,}444x$$

Әр қосқан сайын бос SO_3-тің массалық үлесі 2 есе азаятындықтан, бірінші су қосылғаннан кейін ол 0,10-ға тең болады. Осыдан теңдеу құрамыз:

$$\frac{(1000 * 0,2 - 4,444x)}{1000 + x} = 0,1$$

Бұл теңдеуден:

$$x = 22 \text{ г}$$

Теңдеу үшін — 1 балл

Дұрыс жауап үшін — 1 балл

Коэффициенттерімен дұрыс жазылған реакция үшін — 1 балл

Барлығы — 3 балл

1.2 (6 ұпай)

n-ші кезеңнен кейінгі массалық үлесті геометриялық прогрессия түрінде жазуға болады:

$$\omega_n = \omega_0 \cdot (0{,}5)^n \omega_n = \omega_0 \cdot (0{,}5)^n \omega_n = \omega_0 \cdot (0{,}5)^n {}_{\omega_n = \omega_0 \cdot (0{,}5)^n}$$

n-ші кезеңнен кейін ерітіндідегі SO_3-тің массалық үлесіне арналған екінші өрнек:

$$\omega_n = \frac{m_0\omega_0 - kW_n}{m_0 + W_n}$$

мұндағы k — стехиометриялық коэффициент,

$$k = \frac{M_r(SO_3)}{M_r(H_2O)}$$

W_n — қосылған судың жалпы массасы.

$$\omega_n m_0 + \omega_n W_n = m_0\omega_0 - kW_n \;\Rightarrow\; W_n(k + \omega_n) = m_0(\omega_0 - \omega_n)$$

өрнегін қойып, қорытынды формуланы аламыз:

$$W_n = \frac{m_0\omega_0\,(1 - 0,5^n)}{k + \omega_0 0,5^n}$$

үшін екі дұрыс өрнекке — барлығы 2 балл

Қорытынды формуланы дұрыс шығару үшін — 4 балл

1.3 (1 ұпай)

$$W_{14} = \frac{1000 \cdot 0{,}2 \cdot \left(1 - \frac{1}{16384}\right)}{4{,}444 + \frac{0{,}2}{16384}} \approx \frac{200}{4{,}444} \approx 45{,}00 \text{ г}$$

Дұрыс жауап үшін — 1 балл

1.4 (2 ұпай)

Бұл модель бос SO_3-тің есептелген мөлшері бір молекуланың массасынан кіші болған кезде жұмысын тоқтатады. Нақты тәжірибеде реакция соңғы SO_3 молекуласы толық реакцияға түскен сәтте аяқталады, себебі зат дискретті бөлшектерден тұрады. Осыған байланысты үздіксіз функцияға негізделген модель микро деңгейде қолдануға келмейді.

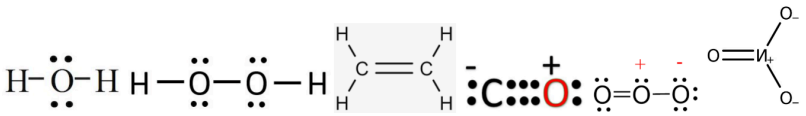
№2 Есеп. Октет ережесі

Автор: Бегдаир С.

2.1	2.2	Барлығы	Үлесі(%)
12	9	21	12

2.1 (12 ұпай)

Төменде Льюис құрылымдары көрсетілген:



Әрбір толық Льюис құрылымы үшін – 2 балл. Льюис құрылымы толық беріліп, бірақ формальды зарядтар көрсетілмесе – 1 балл (бұл тек CO, O_3, NO_3^- үшін қолданылады).

2.2 (9 ұпай)

Октет ережесінен ауытқу дегеніміз – молекуладағы белгілі бір атомның немесе бірнеше атомның айналасында сегізден өзгеше электрон санының болуы.

1-зат – молярлық массасы шамамен 29 г моль$^{-1}$-дан (ауаның молярлық массасы) сәл жоғары болатын бірнеше газ бар, мысалы NO, C_2H_6. Олардың ішінде тек азот монооксиді октет ережесінен ауытқиды, себебі онда электрондар саны тақ немесе сегізге жетпейді.

2-зат – газдың молярлық массасын табамыз:

$$M(2) = 3.03 \cdot 22.4 = 67.87 \text{ г моль}^{-1}$$

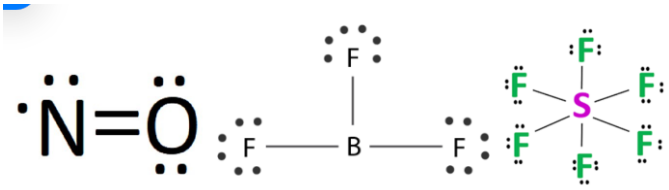
Бұл молярлық массаға бірден сәйкес келетін затты табу қиын. Зат молекуласында қандай да бір атомда сегізден кем немесе сегізден артық электрон болуы тиіс. Егер электрон жетіспеушілігін ескерсек, бұл бор қосылысы болуы мүмкін, нақтырақ айтқанда оның фториді – BF_3. Бұл қосылыста орталық бор атомының октетке дейін тек алты электроны бар.

3-зат – газдың молярлық массасын анықтаймыз:

$$M(2) = 6.51 \cdot 22.4 = 145.82 \text{ г моль}^{-1}$$

Алдыңғы екі жағдайда октетке дейін электрон жетіспеушілігі байқалды, ал үшінші затта электрондардың артық болуы керек. Демек, молекулада төрттен артық байланыс немесе

электрон жұптары мен байланыстардың осындай комбинациясы болуы қажет, нәтижесінде электрондар саны сегізден асады. Мұндай байланыстарды күкірт пен фосфор түзе алады. Зат полярсыз молекула болып табылады, яғни молекула симметриялы. Күкірт үшін сәйкес келетін жалғыз нұсқа – SF_6. Бұл қосылыста октет ережесінен электрондардың артық болуы байқалады.



Затты және оның Льюис құрылымын дұрыс анықтағаны үшін – әр затқа 2 балл. Ауытқудың себебін түсіндіргені үшін – әр затқа 1 балл. Егер бірінші және екінші мысалдағы ауытқуды түсіндіру бірдей болса, 1 балл шегеріледі.

№3 Есеп. АБВГДейка

Автор: Бегдаир С.

3.1	3.2	3.3	3.4	Барлығы	Үлесі(%)
4	10	3	14	31	16

3.1 (4 ұпай)

А затында бір натрий атомы бар деп есептейік. Онда заттың молярлық массасы:

$$M = \frac{M(Na)}{w(Na)} = \frac{22.99}{0.608} = 37.8\ \text{г моль}^{-1}$$

А заты – органикалық реакцияларда қолданылатын тотықсыздандырғыш. Бұл заттың құрамында, ең ықтимал жағдайда, гидрид-ионы болады. Барлық мүмкін нұсқалардың ішінде сипаттамасына және молярлық массасына сәйкес келетін зат – натрий боргидриді, яғни $NaBH_4$.

X_1 анионының формуласын анықтаймыз: ондағы күкірттің массалық үлесі 50.0% құрайды, бұл заттағы күкірт пен оттектің қатынасы 1:2 екенін білдіреді. SO_2^- анионы тұрақты түрде болмайды, алайда дитионит анионы бар – $S_2O_4^{2-}$.

Жүретін химиялық реакция:

$$NaBH_4 + 8\,NaHSO_3 = NaBO_2 + 4\,Na_2S_2O_4 + 6\,H_2O$$

Қажетті натрий боргидридінің массасын табамыз: $m(NaHSO_3) = 100 \cdot 0.156 = 15.6$ г
$n(NaHSO_3) = \frac{15.6}{104} = 0.15$ моль $n(NaBH_4) = \frac{n(NaHSO_3)}{8} = \frac{0.15}{8} = 0.018\,75$ моль
$m(NaBH_4) = n(NaBH_4) \cdot M(NaBH_4) = 0.01875 \cdot 37.8 = 0.71$ г

Дұрыс жауапқа әкелетін есептеулер үшін – 2 балл. Заттың массасын дұрыс анықтағаны үшін – 2 балл. (Бұл тармақта реакция мен заттың формуласы үшін балл берілмейді.)

3.2 (10 ұпай)

А заты мен **X1** анионы алдыңғы тармақта анықталған. Егер 1-ерітіндіге қышқыл қоссақ, екі тұнба түзіледі: бор қышқылы және күкірт. Олардың біреуі суда ериді, ал екіншісі ерімейді. Суда еритін зат – бор қышқылы, демек **Б** – H_3BO_3, ал екінші зат **В** – S.

Дитионит анионы бар ерітіндіге қышқыл қосқанда, ол диспропорцияланып элементар күкірт пен сульфит ионына (дәлірек айтқанда, гидросульфитке) айналады. Егер сульфит ионы бар ерітіндіге артық мөлшерде қышқыл қосылса, күкіртті газ түзіледі. Сондықтан **Г** – SO_2.

Әрбір затты дұрыс анықтағаны үшін – 2 балл (барлығы 8 балл). Аниондарды дұрыс анықтағаны үшін – 2 балл.

3.3 (3 ұпай)

Кәдімгі қышқылдар сутек иондарын қышқыл молекуласының өз диссоциациясы арқылы түзеді. Ал бор қышқылы сутек иондарын судан гидроксид-ионын бөліп алу арқылы түзеді:

$$H_3BO_3 + H_2O = B(OH)_4^- + H^+$$

Реакцияны жазғаны немесе сутек иондарының түзілу механизмін сөзбен дұрыс түсіндіргені үшін – 3 балл.

3.4 (14 ұпай)

$$NaBH_4 + 8\,NaHSO_3 = NaBO_2 + 4\,Na_2S_2O_4 + 6\,H_2O \ (1)$$

$$2\,Na_2S_2O_4 + HCl + H_2O = 3\,NaHSO_3 + S + NaCl \ (2 \text{ или } 3)$$

$$NaBO_2 + H_2SO_4 + H_2O = NaHSO_4 + H_3BO_3 \ (3 \text{ или } 2)$$

$$NaHSO_3 + HCl = NaCl + SO_2 + H_2O \ (4)$$

$$3\,Na_2S_2O_4 + 6\,NaOH = Na_2S + 5\,Na_2SO_3 + 3\,H_2O \ (5)$$

$$Na_2S + 2\,HCl = 2\,NaCl + H_2S \ (6 \text{ или } 7)$$

$$Na_2SO_3 + 2\,HCl = 2\,NaCl + SO_2 + H_2O \ (7 \text{ или } 6)$$

Әрбір дұрыс жазылған реакция үшін – 2 балл (барлығы 14 балл). Егер реакция теңестірілмесе – 1.5 балл. (2 және 3, сондай-ақ 6 және 7 реакциялары орын ауыстыра алады, екі нұсқа да дұрыс деп есептеледі.) (Гидросульфит сульфитпен алмастырылуы мүмкін; егер реакция дұрыс теңестірілсе, толық балл беріледі.)

№4 Есеп. Стандартты қосу әдісі

Автор: Ахметов Н.

4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	Барлығы	Үлесі(%)
5	2	2	3	4	16	14

4.1 (5 ұпай)

Есепте берілген екі теңдеуден теңдеулер жүйесін құрамыз:

$$\begin{cases} A_1 = k * C \\ A_2 = k * (C_x + \Delta C) \end{cases}$$

Осы жүйені шешу арқылы келесі өрнекті аламыз:

$$A_2 = \frac{A_1 * (C_x + \Delta C)}{C_x}$$

Мұндағы

$$\Delta C = \frac{C_0 \cdot V_2}{V_1 + V_2}$$

Барлық мәндерді қойып, C_x-ті өрнектейміз:

$$C_x = \frac{A_1 \cdot C_0 \cdot V_2}{(A_2 - A_1) * (V_1 + V_2)}$$

Теңдеулер жүйесін құрғаны үшін – 1 балл.

ΔC өрнегін дұрыс жазғаны үшін – 2 балл.

Қорытқы формуланы дұрыс шығарғаны үшін – 2 балл.

4.2 (2 ұпай)

$\Delta C = \frac{0,5*2}{100+2} = 0,009804$моль/л

$C_x = \frac{0,24*0,009804}{0,52-0,24} = 8,4 * 10^{-3}$моль/л

Дұрыс есептеулер үшін жалпы – 2 балл.

Егер өлшем бірліктері көрсетілмесе – 1 балл.

4.3 (2 ұпай)

Қателікті есептеу үшін соңғы көлем өзгермейді деп алып, жуықталған есептеулер жүргіземіз:

$\Delta C_2 = \frac{C_0 * V_2}{V_1}$

$C_{x2} = \frac{0,24*0,01}{0,52-0,24} = 8,571 * 10^{-3}$

$\varepsilon = |C_{2x} - C_x|/C_x = 2$

Қателікті көлемдер арқылы да есептеуге болатын еді. Формула үшін – 1 балл, жауап үшін – 1 балл.

4.4 (3 ұпай)

Реакция теңдеуін жазамыз:

$Cu^{+2} + H_2S = CuS + 2H^+$

$n(CuS) = n(Cu^{+2}) = V_1 * C_x = 8,4 * 10^{-4} mol$

$m(CuS) = n(CuS)*Mr(CuS) = 0,0803$ g

Теңестірілген реакция үшін – 1 балл (егер жоқ болса – 0). Дұрыс сандық жауап үшін – 2 балл.

4.5 (4 ұпай)

Аспап сигналының (A) қосылған стандарт ерітіндінің концентрациясына ($C_{қос}$) тәуелділік графигі түзу сызық (сызықтық функция) болып табылады және жоғары қарай өседі.

Нөлдік қосу кезінде де суда мыс бар болғандықтан, түзу координаталар басынан өтпейді, ал Y осін A_1 нүктесінде (бастапқы үлгінің сигналы) қиып өтеді. Қосымша концентрация артқан сайын сигнал пропорционалды түрде өседі.

X осімен қиылысу нүктесі $-C_x$ мәніне сәйкес келеді.

Сызықтық график үшін – 2 балл.

C_x-ті анықтау тәсілін түсіндіргені үшін – 2 балл.

Егер шешім график арқылы көрсетілсе, түсіндіру талап етілмейді (негізгі нүктелер дұрыс белгіленіп, график дұрыс салынуы жеткілікті).

Ал егер жауап мәтін түрінде берілсе, түсіндіру міндетті; онсыз қорытынды балл – 0.

№5 Есеп. Кім қышқылырақ?

Автор: Каиров Н.

5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	Барлығы	Үлесі(%)
6	4	3	3	4	3	23	18

5.1 (23 ұпай)

Берілген

Үш стаканның барлығында қышқылдың концентрациясы

$$c = 0{,}01 \text{ моль/л}.$$

- HCl — күшті қышқыл (диссоциациясы толық).
- H_2SO_4 — бірінші сатысы толық, екінші сатысы үшін: $K_{a2} = 1{,}2 \cdot 10^{-2}$.
- H_3PO_4 — тек бірінші сатысы ескеріледі: $K_{a1} = 7{,}1 \cdot 10^{-3}$ (2-ші және 3-ші сатыларды елемейміз).

1. Әр стакандағы ерітінділердің pH-ын есептеу

(a) HCl

$$\mathrm{HCl} \rightarrow \mathrm{H^+} + \mathrm{Cl^-}, \qquad [\mathrm{H^+}] = c = 0{,}01.$$

$$\mathrm{pH} = -\log(0{,}01) = 2{,}00.$$

(b) H_2SO_4

Бірінші саты толық:

$$[\mathrm{H^+}]_0 = c, \qquad [\mathrm{HSO_4^-}]_0 = c.$$

Екінші саты:

$$\mathrm{HSO_4^-} \rightleftharpoons \mathrm{H^+} + \mathrm{SO_4^{2-}}.$$

Екінші сатыда қосымша x моль/л диссоциацияланды деп алайық. Онда:

$$[\mathrm{H^+}] = c + x, \quad [\mathrm{SO_4^{2-}}] = x, \quad [\mathrm{HSO_4^-}] = c - x.$$

$$K_{a2} = \frac{(c + x)\,x}{c - x}.$$

$c = 0{,}01$ және $K_{a2} = 1{,}2 \cdot 10^{-2}$ қойып, квадрат теңдеуді шешеміз:

$$x = \frac{-(c + K_{a2}) + \sqrt{(c + K_{a2})^2 + 4K_{a2}c}}{2} \approx 0{,}00452.$$

$$[H^+] = 0{,}01 + 0{,}00452 = 0{,}01452, \qquad pH = -\log(0{,}01452) \approx 1{,}84.$$

(c) H_3PO_4

Тек бірінші сатыны ескереміз:

$$H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^-.$$

Тепе-теңдікте $x = [H^+]$ болсын. Онда:

$$[H^+] = x, \quad [H_2PO_4^-] = x, \quad [H_3PO_4] = c - x.$$

$$K_{a1} = \frac{x^2}{c - x}.$$

Осыдан:

$$x^2 + K_{a1}x - K_{a1}c = 0, = \frac{-K_{a1} + \sqrt{K_{a1}^2 + 4K_{a1}c}}{2}.$$

$K_{a1} = 7{,}1 \cdot 10^{-3}$ және $c = 0{,}01$ қойсақ:

$$x \approx 5{,}59 \cdot 10^{-3}, \qquad pH = -\log(5{,}59 \cdot 10^{-3}) \approx 2{,}25.$$

1-пункттің жауабы

$$pH(H_2SO_4) \approx 1{,}84, \quad pH(HCl) = 2{,}00, \quad pH(H_3PO_4) \approx 2{,}25.$$

pH-тың өсу реті:

$$H_2SO_4 < HCl < H_3PO_4.$$

Бағалау критерийлері (6 балл)

HCl — 2 б; H_2SO_4 — 2 б; H_3PO_4 — 2 б. (Есептеу қателігі болса да, модель дұрыс болса — сәйкес қышқыл үшін 1 баллға дейін.)

2. pH = 3,5-ке дейін сұйылту

Қажетті сутек иондарының концентрациясы:

$$[H^+]_{қаж} = 10^{-3{,}5} = 3{,}16 \cdot 10^{-4}\ \text{М}.$$

Ерітіндіні n есе сұйылтқанда ($V_{соң} = nV$) барлық еріген бөлшектердің, соның ішінде H^+ концентрациясы да пропорционал түрде азаяды:

$$[H^+]_{кейін} = [H^+]_{баст} \cdot \frac{1}{n}.$$

Осыдан:

$$n = \frac{[H^+]_{баст}}{[H^+]_{қаж}}.$$

Көлемдік қатынас:

$$V : V_{су} = 1 : (n - 1).$$

(a) HCl

$$[\mathrm{H}^+]_{\text{баст}} = 0{,}01, \quad n = \frac{0{,}01}{3{,}16 \cdot 10^{-4}} \approx 31{,}62.$$

$$V : V_{\text{су}} = 1 : 30{,}62.$$

(b) H_2SO_4

Берілген $[\mathrm{H}^+] = H$ үшін аналитикалық концентрацияны C арқылы өрнектейміз. Бірінші саты толық болғанда, екінші саты үшін:

$$K_{a2} = \frac{(C + x)x}{C - x}, \qquad H = C + x, \qquad x = H - C.$$

Орнына қою арқылы:

$$K_{a2} = \frac{H(H - C)}{2C - H} \quad \Rightarrow \quad C = \frac{H(H + K_{a2})}{H + 2K_{a2}}.$$

$H = 3{,}16 \cdot 10^{-4}$ үшін:

$$C \approx 1{,}60 \cdot 10^{-4}\ \text{М}.$$

$$n = \frac{0{,}01}{1{,}60 \cdot 10^{-4}} \approx 62{,}43, \qquad V : V_{\text{су}} = 1 : 61{,}43.$$

(c) H_3PO_4

Әлсіз қышқыл (тек 1-саты):

$$K_{a1} = \frac{H^2}{C - H} \quad \Rightarrow \quad C = H + \frac{H^2}{K_{a1}}.$$

$H = 3{,}16 \cdot 10^{-4}$ үшін:

$$C \approx 3{,}30 \cdot 10^{-4}\ \text{М}.$$

$$n = \frac{0{,}01}{3{,}30 \cdot 10^{-4}} \approx 30{,}27, \qquad V : V_{\text{су}} = 1 : 29{,}27.$$

2-пункттің жауабы

HCl: 1 : 30,62; $\mathrm{H_2SO_4}$: 1 : 61,43; $\mathrm{H_3PO_4}$: 1 : 29,27.

Бағалау критерийлері (4 балл)

- pH бойынша $[\mathrm{H}^+]_{\text{каж}}$ дұрыс табылса — 1 б.
- Сұйылту идеясы/көлемдік қатынас — 1 б.
- HCl үшін сандық нәтиже — 1 б.
- Әлсіз қышқылдардың кемінде бірі үшін дұрыс есеп (H_2SO_4 немесе H_3PO_4) — 1 б.

3. Барлық ерітінділерді 10 есе сұйылту

Сұйылтқаннан кейін: $c' = 0{,}001$ М.

(a) HCl

$$[H^+] = 0{,}001, \qquad pH = 3{,}00.$$

(b) H_2SO_4

$c' = 0{,}001$ үшін екінші сатыны қайта есептейміз:

$$K_{a2} = \frac{(c' + x)x}{c' - x} \Rightarrow x^2 + x(c' + K_{a2}) - K_{a2}c' = 0.$$

$$x \approx 8{,}65 \cdot 10^{-4}.$$

$$[H^+] = c' + x \approx 0{,}001865, \qquad pH \approx 2{,}73.$$

(c) H_3PO_4

$$K_{a1} = \frac{x^2}{c' - x} \Rightarrow x^2 + K_{a1}x - K_{a1}c' = 0.$$

$$x \approx 8{,}89 \cdot 10^{-4}.$$

$$pH \approx 3{,}05.$$

3-пункттің жауабы

$$pH(HCl) = 3{,}00; \quad pH(H_2SO_4) \approx 2{,}73; \quad pH(H_3PO_4) \approx 3{,}05.$$

pH өзгерісі ең үлкені — HCl үшін (күшті қышқылды 10 есе сұйылтқанда pH дәл 1-ге артады).

Бағалау критерийлері (3 балл)

HCl — 1 б; H_2SO_4 — 1 б; H_3PO_4 — 1 б.

4. H_3PO_4 ерітіндісіне NaH_2PO_4 қосу

Бірінші сатының тепе-теңдігі:

$$H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^-, \qquad K_{a1} = \frac{[H^+][H_2PO_4^-]}{[H_3PO_4]}.$$

NaH_2PO_4 қосқанда $[H_2PO_4^-]$ артады (ортақ ион), сондықтан тепе-теңдік солға ығысады да $[H^+]$ азаяды, яғни pH өседі. Ерітінді буферлік қасиетке ие болады ($H_3PO_4/H_2PO_4^-$ жұбы), сондықтан pH өзгерісі аз.

4-пункттің жауабы

pH аздап өседі (ортақ ион әсері, буферлік әсер).

Бағалау критерийлері (3 балл)

pH өзгерісінің бағыты — 1 б; ортақ ион арқылы түсіндіру — 1 б; буферлік қасиетті/өзгерістің аздығын атап өту — 1 б.

5. Артық $CaCl_2$ қосу (тұнбалар, K_{sp})

HCl бар стакан

Ерітіндіде негізінен Cl^- бар; кальций хлоридтері жақсы ериді. Тұнба түзілмейді.

H_2SO_4 бар стакан

Ерітіндіде SO_4^{2-} иондары бар (екінші сатыдан). Мүмкін тұнба:

$$Ca^{2+} + SO_4^{2-} \rightleftharpoons CaSO_4(s), \qquad K_{sp}(CaSO_4) = [Ca^{2+}][SO_4^{2-}].$$

1-пункттен $[SO_4^{2-}] \approx 4{,}52 \cdot 10^{-3}$. Артық $CaCl_2$ қосқанда $[Ca^{2+}]$ үлкен болады, сондықтан

$$Q = [Ca^{2+}][SO_4^{2-}] > K_{sp} = 2{,}4 \cdot 10^{-5},$$

яғни $CaSO_4$ тұнбасы түзіледі.

H_3PO_4 бар стакан

Есеп шартында тек бірінші саты ескерілген, сондықтан ерітіндіде негізінен $H_2PO_4^-$ бар, ал PO_4^{3-} концентрациясы қышқыл ортада өте аз. Сәйкесінше,

$$Q = [Ca^{2+}]^3[PO_4^{3-}]^2 > K_{sp}$$

шарты орындалмайды, сондықтан (осы модельде) $Ca_3(PO_4)_2$ тұнбасы түзілмейді.

5-пункттің жауабы

Тұнба екінші стаканда (H_2SO_4): $CaSO_4\downarrow$. Бірінші (HCl) және үшінші (H_3PO_4, қабылданған жуықтауда) стакандарда тұнба түзілмейді.

Бағалау критерийлері (4 балл)

Қай стаканда тұнба бар/жоқ — 1 б; $CaSO_4$ теңдеуі — 1 б; Q және K_{sp} қолдану — 1 б; қышқыл ортада PO_4^{3-} басылатыны туралы түсіндірме — 1 б.

6. HCl және HNO_2 қоспасы (әрқайсысы 0,20 M)

HCl — күшті қышқыл:

$$[H^+]_{HCl} = 0{,}20.$$

HNO_2 үшін:

$$HNO_2 \rightleftharpoons H^+ + NO_2^-, \qquad K_a = \frac{[H^+][NO_2^-]}{[HNO_2]}.$$

Үлкен $[H^+]$ салдарынан әлсіз қышқылдың диссоциациясы басылады (ортақ ион әсері). $x = [NO_2^-]$ деп алып, $[H^+] \approx 0{,}20$ және $[HNO_2] \approx 0{,}20$ үшін:

$$K_a \approx \frac{(0{,}20)\,x}{0{,}20} = x \Rightarrow x \approx 4{,}0 \cdot 10^{-4}.$$

$x \ll 0{,}20$ болғандықтан, HNO_2 үлесі аз, сондықтан

$$[H^+]_{\text{жалпы}} \approx 0{,}20, \qquad \text{pH} = -\log(0{,}20) \approx 0{,}70.$$

6-пункттің жауабы

$$pH \approx 0{,}70,$$

HNO_2 үлесі ортақ ион H^+ әсерінен өте аз.

Бағалау критерийлері (2 балл)

HCl бойынша pH — 1 б; ортақ ион әсерін түсіндіру/ *х* бағалау — 1 б.