

KEEMIAÜLESANNETE LAHENDAMISE LAHTINE VÕISTLUS

Noorem rühm (9. ja 10. klass)

Tallinn, Tartu, Kuressaare, Narva, Pärnu, Kohtla-Järve 5. november 2011

1. Liias võetud soolhappesse visati ükshaaval võrdse massiga magneesiumi või tsingi lehekesi ning mõõdeti eraldunud gaasi ruumala. Keskmised näidud, mis võeti ühe minuti jooksul iga 10 sekundi järel, on toodud juuresolevas tabelis.

aeg, s	V(gaas), mL	
	Mg	Zn
10	14	3
20	24	5
30	36	6
40	39	8
50	40	10
60	40	12

- a) Kujutage graafikul magneesiumi ja tsingi reageerimisel eraldunud gaasi ruumala sõltuvust ajast (x-telg: 10 sekundile vastab 2 cm; y-telg: 10 milliliitrile vastab 2 cm).
- b) Kirjutage kummagi metalliga toimuva reaktsiooni võrrandid.
- c) Kumba metalliga toimub reaktsioon kiiremini? Miks?
- d) Kumb metall jõuab ühe minuti jooksul täielikult lahustuda? Põhjendage vastust.
- e) Arvutage kasutatud metallilehekeste mass. ($V(\text{gaas})=22,4 \text{ L/mol}$) **(8)**
2. Sool **X** sisaldab 43,7% elementi **A**, kusjuures element **A** esineb nii katiooni kui ka aniooni koostises. Selle soola lagundamisel saadakse kahe-aatomiline gaas **B** ja üks levinud oksiid **C**. Gaasi **B** reageerimisel ühe teise levinud kaheaatomilise gaasiga **D** kõrgel temperatuuril (üle 2000 °C) moodustub oksiid **E**, mis hapniku juuresolekul läheb kiiresti üle oksiidiks **F**. Oksiidi **F** reageerimisel oksiidiga **C** moodustuvad happed **G** ja **H**. Happe **G** reageerimisel tsingiga moodustub sool **Y** ja aine **Z**, milles elemendi **A** sisaldus on 35,0%.
- a) Määrake (nomenklatuurne nimetus ja valem) element **A**, ained **B-H**, **X** ja **Y**.
- b) Kirjutage tekstis toodud reaktsioonide tasakaalustatud võrrandid.
- c) Kumb hape on tugevam: **F** või **G**? Põhjendage lühidalt. **(10)**
3. Keemik Kalle soovis kontrollida, kui palju C-vitamiini (askorbiinhape, $M=176 \text{ g/mol}$) sisaldavad C-vitamiini tabletid (250 mg/1 tablett). Selleks lahustas ta neli C-vitamiini tabletti 100 cm³ 0,5 M väävelhappes ning lahjendas saadud lahust destilleeritud veega 2,5 korda. Siis võttis Kalle sealt lahusest 20 cm³ ning lisas sellele 5 cm³ KI 1,0 M lahust ning 25,0 cm³ 0,0120 M KIO₃ lahust, mille tulemusel tekib lahusesse $\frac{1}{2}$. On teada, et askorbiinhape reageerib $\frac{1}{2}$ moolsuhtes 1:1. Askorbiinhappega reageerimata jäänud $\frac{1}{2}$ hulga leidis Kalle tiitrides, kasutades selleks Na₂S₂O₃ lahust.
- a) Leidke C-vitamiini määramisel toimunud reaktsioonide võrrandites joodi ja vääveli oksüdatsiooniastmed ning redutseerija ja oksüdeerija.
- i) $\text{IO}_3^- + 5\text{I}^- + 6\text{H}^+ = 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
- ii) $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$
- b) Leidke C-vitamiini kogus ühes C-vitamiini tabletis, kui tiitrimisel kulus Kallel 28,0 cm³ 0,0500 M Na₂S₂O₃ lahust.
- c) Mitu 150 g kaaluvat õuna peaks keemik Kalle sööma, et saada õunadest sama kogus C-vitamiini kui sisaldub ühes C-vitamiini tabletis (6 mg C-vitamiini 100 g õunas)? **(10)**

4. Kasutatud nikkel-kaadmium akud on keskkonnale ohtlikud ja seetõttu töödeldakse nad ümber. Samuti on kaadmium haruldane element, mille varud maakoos looduslikult ammenduvad. Akus olevate metallide maksumus on järgmine: Cd: 5 euro/kg; Fe, Co, Ni 0,2 euro/kg.

Tüüpiline tühi aku sisaldab kaadmium(II)hüdrosiidi, nikkel(II)hüdrosiidi, terasest kesta, paber- ja plastipakendeid ja KOH lahust. Metallide sisaldus on akus järgmine: Cd 23%, Ni 16%, Fe 35%, Co 1%. Ühe tonni akude ümbertöötlemine koosneb demontaažist ja mehaanilisest töötlemisest, mis toimuvad võimsusel 20 kW ning kestavad kokku üks tund; aurustamisest eelneva redutseerimisega (kolm tundi, 500 kW) ja metallide eraldamisest magnetiga (pool tundi, 10 kW). Elektrienergia maksab 0,10 euro/kWh.

- Pärast hüdrosiidi lagundamist (i) kaadmiumi oksidi redutseeritakse söega (ii) ning metall aurustatakse (iii). Kirjutage vastavate protsesside reaktsioonivõrrandid.
- Kui suur on ühe tonni Ni-Cd akude ümbertöötlemise maksumus?
- Arvutage ühest tonnist Ni-Cd akudest eraldatud metallide maksumus ja ümbertöötamise tasuvus eurodes.
- Milline metall Ni-Cd akus on keskkonnale kõige ohtlikum ja kuidas selle leket kahjutuks teha? (12)

5. Seoses fossiilsete kütuste piiratud varude ja nende kasutamise negatiivsete keskkonnamõjudega loodetakse need suures osas asendada biokütustega. Põhja-Euroopa tingimustes on üks võimalik alternatiiv fossiilsetele kütustele rapsist toodetav biodiislikütus. Rapsiõlist sünteesitud biodiislikütus koosneb rasvhapete estritest (näiteks $C_{17}H_{33}COOCH_3$). Biodiislikütuse põletamisel vabaneb energiat 9,1 kWh 1 liitri kütuse kohta. 1 hektari suuruselt rapsipõllult saab Eesti keskmise saagikuse juures aasta jooksul 500 liitrit biodiislikütust.

- Kirjutage ühendi $C_{17}H_{33}COOCH_3$ täieliku põlemise tasakaalustatud reaktsioonivõrrand.
- Kui diislikütus asendada sama energiahulka andva biodiislikütusega, siis mitu korda väheneb atmosfääri paisatava CO_2 hulk? Eeldage, et 1 ruumalaühiku biodiislikütuse tootmiseks kulub Eestis energiahulk, mis saadakse 0,75 ruumalaühiku fossiilse diislikütuse põletamisel. Biodiislikütuse põletamisel eraldub ruumalaühiku kohta 9% vähem energiat kui diislikütuse puhul ning biodiislikütuse põletamisel eralduvat CO_2 hulka ei pea loodusliku süsinikuringe tõttu arvestama. Vastus andke kahe tüvenumbri täpsusega.
- Kui palju biodiislikütusesse salvestatud energiat saab Eestis täpselt 1 m² rapsipõllult aasta jooksul? Vastus andke ühikutes 1 kWh/(m²·aasta).
 - Hinnake arvutustega, kas aasta jooksul on võimalik samalt pindalalt saada rohkem energiat biodiislikütusesse salvestatuna või elektrienergiانا päikeseplatade abil? Eeldage, et Eestis langeb ühele ruutmeetrile aastas 900 kWh päikeseenergiat ja päikeseplatade abil on võimalik muuta sellest elektrienergiaks 10%.
2010. aastal Eestis tarbitud diislikütuse põletamisel eraldus 22 000 TJ energiat soojusena.
 - Hinnake arvutustega, kui suure pindalaga rapsipõldu oleks vaja sellise energiahulga tootmiseks.
 - Kas on realistlik rakendada Eestis tarbitava diislikütusena ainult kohaliku päritoluga biodiislikütust?

Kasulikud ühikute teisendused: 1 kWh = 3,6 · 10⁶ J, 1 TJ = 10¹² J, 1 ha = 10 000 m². Eesti riigi pindala on 45 200 km². (12)

6. Mitu cm³ NaOH 18,0% lahust (1,197 g/cm³) tuleb lisada 135 cm³ NaOH 42,0% lahusele (1,449 g/cm³), et saada 30,0% lahus? Proovige leida antud lähteandmete jaoks väikseima töömahuga lahendustee. Põhjendage seda.

(8)

ОТКРЫТЫЕ СОРЕВНОВАНИЯ ПО ХИМИИ

Младшая группа (9 и 10 класс)

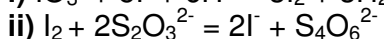
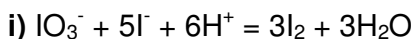
Таллин, Тарту, Курессааре, Нарва, Пярну, Кохтла-Ярве

5 ноября 2011

1. Во взятую с избытком соляную кислоту бросали по одной одинаковые по массе пластинки магния или цинка и измеряли объём выделившегося газа. Средние показатели, которые были сняты в течение одной минуты через каждые 10 секунд, приведены в таблице справа.

время, с	V(газ), мл	
	Mg	Zn
10	14	3
20	24	5
30	36	6
40	39	8
50	40	10
60	40	12

- a) Изобразите на графике зависимость выделившегося при реакции магния и цинка объёма газа от времени (ось x: 10 секундам соответствует 2 см; ось y: 10 миллилитрам соответствует 2 см).
- b) Приведите проходящие с обоими металлами уравнения реакций.
- c) С каким из металлов реакция протекает быстрее? Почему?
- d) Какой из металлов успеет полностью раствориться за одну минуту? Обоснуйте ответ.
- e) Рассчитайте массу используемых металлических пластинок. ($V(\text{газа})=22,4$ л/моль) **(8)**
2. Соль **X** содержит 43,7% элемента **A**, причём элемент **A** присутствует как в составе катиона, так и в составе аниона. При разложении этой соли получается двухатомный газ **B** и один распространённый оксид **C**. При реакции газа **B** с другим распространённым двухатомным газом **D** при высокой температуре (выше 2000 °C) образуется оксид **E**, который в присутствии кислорода быстро превращается в оксид **F**. При реакции оксида **F** с оксидом **C** образуются кислоты **G** и **H**. При реакции кислоты **G** с цинком образуется соль **Y** и вещество **Z**, в котором содержание элемента **A** составляет 35,0%.
- a) Определите элемент **A**, вещества **B**, **H**, **X** и **Y**. Приведите их номенклатурные названия и формулы.
- b) Напишите уравнения приведённых в тексте реакций.
- c) Какая кислота сильнее: **F** или **G**? Кратко обоснуйте. **(10)**
3. Химик Калле хотел проверить, сколько витамина С (аскорбиновая кислота, $M=176$ г/моль) содержат таблетки витамина С (250 мг/1 таблетка). Для этого он растворил 4 таблетки витамина С в 100 см³ 0,5 М серной кислоты и разбавил полученный раствор в 2,5 раза дистиллированной водой. Затем Калле взял 20 см³ этого раствора и добавил в него 5 см³ 1,0 М раствора KI и 25,0 см³ 0,0120 М раствора KIO₃, в результате чего в раствор выделился I₂. Известно, что аскорбиновая кислота реагирует с I₂ в молярном соотношении 1:1. Количество непрореагировавшего с аскорбиновой кислотой I₂ Калле определил титрованием, используя для этого раствор Na₂S₂O₃.
- a) Найдите в проходивших при определении витамина С уравнениях реакции степени окисления йода и серы, а также окислитель и восстановитель.



- b) Найдите количество витамина С в одной таблетке витамина С, если для титрования Калле потребовалось $28,0 \text{ см}^3$ $0,0500 \text{ М}$ раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.
- c) Сколько весящих 150 г яблок должен съесть химик Калле, чтобы получить из яблок то же количество витамина С, которое содержится в одной таблетке витамина С (в 100 г яблок содержится 6 г витамина С)?

(10)

4. Используемые никель-кадмиевые аккумуляторы опасны для природы, поэтому их перерабатывают. Кадмий также является редким элементом, запасы которого в земной коре в ближайшем будущем истощатся. Стоимость используемых в аккумуляторах металлов следующая: Cd 5 евро/кг ; Fe, Co, Ni $0,2 \text{ евро/кг}$. Типичный пустой аккумулятор содержит гидроксид кадмия(II), гидроксид никеля(II), оболочку из стали, бумажную и пластиковую упаковку и раствор KOH. Содержание металлов в аккумуляторе следующее: Cd 23% , Ni 16% , Fe 35% , Co 1% . Переработка одной тонны аккумуляторов состоит из демонтажа и механической обработки, которые проходят при мощности 20 кВт и длятся в целом один час; из испарения металлов с предшествующим их восстановлением редуцирования (три часа, 500 кВт) и из отделения металлов магнитом (полчаса, 10 кВт). Электроэнергия стоит $0,10 \text{ евро/кВт}\cdot\text{ч}$.

- a) После разложения гидроксида (i) оксид кадмия восстанавливают углём (ii) и металл испаряют(iii). Напишите уравнения реакций этих процессов.
- b) Какова стоимость переработки одной тонны никель-кадмиевых аккумуляторов?
- c) Рассчитайте стоимость металлов, выделенных из одной тонны никель-кадмиевых аккумуляторов, и суммарную выручку от переработки металлов в евро.
- d) Какой металл из никель-кадмиевых аккумуляторов самый опасный для окружающей среды, и как его обезвредить в случае утечки?

(12)

5. В связи с ограниченными запасами ископаемых топлив и с негативными влияниями их использования на окружающую среду, их большую часть надеются заменить биотопливами. В условиях северной Европы одной из возможных альтернатив ископаемым топливам является производимое из рапса биодизельное топливо. Синтезируемое из рапсового масла биодизельное топливо состоит из сложных эфиров жирных кислот (например, $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOCH}_3$). При сгорании биодизельного топлива в виде тепла высвобождается $9,1 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ энергии на 1 литр топлива. С рапсового поля площадью 1 га при средней урожайности Эстонии за год можно получить 500 литров биодизельного топлива.

- a) Запишите уравненное уравнение реакции полного сгорания соединения $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOCH}_3$.
- b) Если дизельное топливо заменить дающим такое же количество энергии биодизельным топливом, во сколько раз уменьшится количество выбрасываемого в атмосферу CO_2 ? Предположите, что для производства одной единицы объёма биодизельного топлива в Эстонии затрачивается количество энергии, получаемое при сгорании $0,75$ единиц объёма ископаемого дизельного топлива. При сгорании биодизельного топлива выделяется на 9% меньше энергии на единицу объёма, чем при сгорании ископаемого дизельного топлива, а количество выделяющегося при сгорании биодизельного топлива CO_2 не нужно учитывать из-за круговорота углерода в природе. Ответ выразите с точностью до двух значащих цифр.

с) i) Сколько сохранённой в биозельном биотопливе энергии получают в Эстонии ровно с 1 м^2 рапсового поля за год? Ответ дайте в единицах $1 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$. **ii)** Оцените при помощи расчётов, возможно ли за год с той же площади получить больше энергии, сохранённой в виде биодизельного топлива, или в виде электроэнергии при помощи солнечных батарей? Предположите, что в Эстонии за год на один квадратный метр попадает $900 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ солнечной энергии, и при помощи солнечных батарей 10% этой энергии можно превратить в электроэнергию.

d) В 2010 году при сгорании потребляемого в Эстонии дизельного топлива $22\,000 \text{ ТДж}$ энергии выделилось в виде тепла. **i)** Оцените при помощи расчётов, рапсовое поле какой площади потребуется для производства такого количества энергии. **ii)** Реалистично ли в Эстонии в качестве дизельного топлива использовать только биодизельное топливо местного производства?

Полезные преобразования единиц: $1 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$, $1 \text{ ТДж} = 10^{12} \text{ Дж}$, $1 \text{ га} = 10\,000 \text{ м}^2$. Площадь Эстонии $45\,200 \text{ км}^2$. **(12)**

6. Сколько см^3 $18,0\%$ раствора NaOH ($1,197 \text{ г}/\text{см}^3$) надо добавить к 135 см^3 $42,0\%$ раствора NaOH ($1,449 \text{ г}/\text{см}^3$), чтобы получить $30,0\%$ раствор? Попробуйте найти решение с минимальным затратам работы. Обоснуйте его.

(8)