



# CHEMIE VŠECHNO MĚNÍ

Odhalená Coca-Cola...

Původní článek: Leo Gros  
Další materiál: Keith Healey  
a Eva Stratilová Urválková

Původní jazyk článku: němčina  
Anglický překlad: Leo Gros a Keith Healey  
Český překlad: Marek Čtrnáct a Hana Čtrnáctová

CITIES (*Chemistry and Industry for Teachers in European Schools*) je projekt COMENIUS, který vytváří vzdělávací materiály pro učitele. Jejich cílem je udělat hodiny chemie zajímavější ukázkou předmětu v kontextu chemického průmyslu a jejich každodenních životů.

Partnery projektu CITIES jsou následující instituce:

- Goethe-Universität Frankfurt, Německo, <http://www.chemiedidaktik.uni-frankfurt.de>
- Česká chemická společnost, Praha, Česká republika, <http://www.csch.cz/>
- Jagellonská univerzita, Kraków, Polsko, [http://www.chemia.uj.edu.pl/index\\_en.html](http://www.chemia.uj.edu.pl/index_en.html)
- Hochschule Fresenius, Idstein, Německo, <http://www.fh-fresenius.de>
- Evropská skupina chemických zaměstnavatelů (ECEG), Brusel, Belgie, <http://www.eceg.org>
- Královská chemická společnost, Londýn, Velká Británie, <http://www.rsc.org/>
- Evropská federace dělníků v důlním, chemickém a energetickém průmyslu (EMCEF), Brusel, Belgie, <http://www.emcef.org>
- Nottingham Trent University, Nottingham, Velká Británie, <http://www.ntu.ac.uk>
- Gesellschaft Deutscher Chemiker GDCh, Frankfurt/Main, Německo, <http://www.gdch.de>
- Institut Químic de Sarriá (IQS), Universitat Ramon Llull, Barcelona, Španělsko, <http://www.iqs.url.edu>

Další instituce spojené s projektem CITIES jsou:

- Newcastle-under-Lyme School, Staffordshire, Velká Británie
- Masarykova střední škola chemická, Praha, Česká republika
- Astyle linguistic competence, Vídeň, Rakousko
- Karlova univerzita, Praha, Česká republika



**Tento projekt byl financován podporou Evropské komise. Tato publikace odráží pouze názory autora/ů a Komise nenese zodpovědnost za jakékoli použití zde uvedených informací. Tým CITIES doporučuje, aby byl každý uživatel experimentálního materiálu CITIES seznámen s příslušnými bezpečnostními pravidly, která jsou součástí správného profesionálního chování a příslušných národních a institučních nařízení, a dodržoval je. CITIES nemůže nést zodpovědnost za žádné škody vzniklé nevhodným použitím těchto procedur.**

---

## ODHALENÁ COCA-COLA .....

---

- no, aspoň zčásti



### Úvod

Jaké je tajemství možná nejpopulárnějšího nealkoholického nápoje na světě? Teď nemluvíme o vodě, ale o Coca-Cole, jinak též známé jako "Coke".

Tento nápoj existuje už hodně přes sto let a prodělal za tu dobu řadu změn; v přísadách, ve tvaru lahve – dokonce i ve jménu.

### Kdy to všechno začalo?



Prvním, kdo vyrobil a prodával tento nápoj, byl lékárník John Stith Pemberton. V roce 1886 ji začal prodávat u pultu s nápoji v Jacobově drogerii. Zpočátku prodej nevypadal nijak slibně: každý den prodal pouze 9 sklenic. Po prvním roce byl obrat z prodeje pouhých padesát dolarů!

Před spuštěním marketingu existovala Coca-Cola ve formě, která byla založená na alkoholu. Původní nápoj obsahoval koku (z níž se dají získávat drogy na bázi kokainu), ořechy kola (které obsahují kofein) a damianu. Tato kombinace dávala nápoji povzbuzující a analgetické účinky.

(Vyskytly se názory, že použití koky bylo způsobeno Pembertonovou závislostí na opiátech po jeho zranění v pozdějších fázích Americké občanské války.)

Coca-Cola se od roku 1894 prodávala v lahvích a od roku 1955 v plechovkách.

Z těchto skromných začátků se Coca-Cola stala pravděpodobně nejpopulárnějším nealkoholickým nápojem všech dob. Dnes se prodává ve více než 200 zemích a každý den se po celém světě prodá přes jednu miliardu lahví a plechovek!

### Je to vážně chemie?

Inu, stačí se podívat na nálepku, co Coca-Cola obashuje. Přísady jsou uvedeny jako: voda, cukr, oxid uhličitý, barevný karamel E150d, kyselina fosforečná, aroma a kofein.

Použití slova "aroma" ponechává hodně prostoru představivosti. Skutečné složení této přísady je stále záhadou – někdy se jí říká "tajná přísada".

Kyselina fosforečná dává nápoji jeho hořkou, pronikavou chuť. Karamel (E150) mu dodává tmavou barvu. Cukr a aroma pomáhají zlepšit chuť. Oxid uhličitý poskytuje osvěžující perlivost. Kofein působí jako stimulant.



Během let se objevila řada pokusů o okopírování chuti Coca-Coly, především ze strany jejího nejbližšího rivala, Pepsi-Coly (dnes známé jenom jako "Pepsi"). Skutečné složení Coca-Coly nebude pravděpodobně známo nikdy, ledaže bychom naváděli k průmyslové špionáži!

### Takže, chcete něco zkusit?

Velmi jednoduchým testem, který si můžete udělat doma, je předvedení kyselosti Coca-Coly. Jediné, co k tomu potřebujete, je špinavá "měděná" mince, například britská pence, americký cent nebo evropský cent. Takové mince můžete na pár minut ponořit do Coca-Coly. Kyselina fosforečná reaguje se sloučeninami mědi, které na povrchu mince vytvářejí matný povlak. Ty se pak rozpustí ve zbytku nápoje a mince bude lesklá a čistá.

[POZNÁMKA: Coca-Colu, která zůstane, nepijte – obsahuje jedovaté měďnaté soli!]

Kyselost nápoje lze také ukázat tak, že do něj ponoříte malý proužek univerzálního indikátorového papírku. Ten se zbarví dočervena, což značí překvapivě nízké pH, možná jenom 2.

## Jak se vyrábí?

Ted', když se Coca-Cola prodává po celém světě, je nezbytné, aby měla pro usnadnění transportu co nejmenší objem. Tím pádem se voda, cukr a oxid uhličitý přidávají až v příslušné zemi. Ostatní přísady Coca-Cola Company vyváží ve formě sirupového koncentráту, který se před stáčením do lahví či plechovek mísí se zbývajícími přísadami. To také pomáhá chránit složení "tajné přísady".

Je třeba zajistit, že voda má vždy stejné složení, jaké specifikuje Coca-Cola Company. Jinak by se totiž finální výsledek lišil podle toho, kde byl vyroben. To může zahrnovat filtraci, sterilizaci vody chlórem a/nebo ozónem, přidání různých minerálů, například síranu hořečnatého, chloridu draselného, atd. a dezodorizaci.

## Jaké jsou výhody/rizika?

Za ta léta má Coca-Cola milióny spokojených zákazníků. Každý z nich by vám tvrdil, že pravidelné pití Coca-Coly má mnoho výhod. Ty mohou sahat od léčivých účinků, zmírňování bolesti, osvěžení, až k obyčejné oblíbené chuti. Žádné z těchto tvrzení není snadné vědecky prokázat. Nepochybně byly milióny – ne-li miliardy – lidí, kteří si Coca-Colu užívali.

Na počátku byla jedním z důvodů, proč lidé Coca-Colu kupovali, skutečnost, že obsahovala kokain – ten však mezi přísadami už od roku 1903 není.

Jeden s velkých problémů s Coca-Colou je velmi vysoký obsah cukru. Plechovka nápoje o objemu 330 ml obvykle obsahuje 35 gramů cukru. To může vést k obezitě, zubnímu kazu, ba dokonce cukrovce. Kyselina fosforečná v nápoji může způsobit erozi zubní skloviny, a také problémy s ledvinami nebo osteoporózu.

## Jak to bude dál?

Od uvedení Coca-Coly na trh před více než sto lety se objevila řada novinek. Jednou z těch velkých bylo zavedení dietní koly. Ta neobsahuje vůbec žádný cukr. Spoléhá na umělá sladidla, jako je aspartam.

V budoucnu budou možná uvedena na trh další převratná sladidla, která by se dala použít v kole.

Za ta léta se objevilo mnoho variant základní koly. K těm patří:

- Cherry Coke (třešňová kola)
- Kola s citrónem
- Kola s limetkou
- Kola s vanilkou
- Coke zero (žádný cukr a nula kalorií!)

Kdo může říct, kde skončí touha vytvářet nové variace na základní chuť Coca-Coly? Bude následovat stejnou cestu jako bramborové lupínky, například v podobě koly s příchutí čili? A co čokoládové/kávové varianty? Návrhy neberou konce.

Nakonec to budou zákazníci, kdo rozhodnou, zda nějaké nové verze budou mít budoucnost nebo ne.

### **Zaujalo vás, co jste si přečetli?**

Pokud ano, můžete najít ještě mnohem víc zajímavostí na:

[www.coca-cola.com](http://www.coca-cola.com)

<http://en.wikipedia.org/wiki/Coca-cola>

<http://www.youtube.com/watch?v=hKoB0MHVBvM>

Cukr v kole: <http://www.youtube.com/watch?v=yKZ2ZqBYlrI>

<http://www.youtube.com/watch?v=BkrLoQj71Kc> (Čínská varianta)

<http://recipes.howstuffworks.com/coca-cola.htm>

<http://www.medindia.net/news/Sugar-sweetened-Drinks-Boost-Type-2-Diabetes-Risk-39912-1.htm>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Diabetes>

<http://www.naturalnews.com/004416.html>,

<http://www.cspinet.org/liquidcandy/>

<http://www.beverageinstitute.org/ingredients/glossary.shtml>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Osteoporosis>

<http://yourtotalhealth.ivillage.com/soft-drinks-hazardous-your-health.html>

<http://www.webmd.com/osteoporosis/features/soda-osteoporosis>).

<http://joshmadison.com/article/will-coke-dissolve-a-nail-experiment/>

Mentos: <http://www.youtube.com/watch?v=hKoB0MHVBvM>

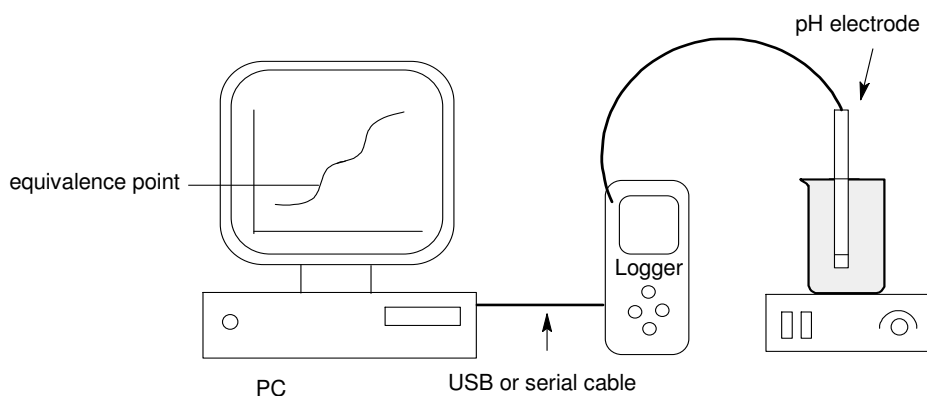
## Dodatek: Titrace koly (Eva Stratilová Urválková)

**Poněkud detailnější průzkum můžeme provést v chemické laboroři: Kolik oxidu uhličitého a kyseliny fosforečné můžeme najít v jedné kole? (Zeleně psaná vysvětlení jsou pro učitele)**

**Cíl:** Vyšetřit acidobazickou titraci s kolou přímo z lahve a porovnat ji s kolou převařenou a s kolou, která byla na chvíli ponechána otevřená. Popište titrační křivku, která vznikla, a zjistěte/vypočítejte přibližné množství oxidu uhličitého v čerstvém nápoji a kyseliny fosforečné v obou nápojích.

**Materiály a vybavení:** kola, NaOH (0,2 mol/l); kádinky (250 ml, 50 ml), odměrný válec 100 ml; kahan, trojnožka, tyčinka, mikropipeta (0,3 ml), datový záznamník, pH elektroda

### Schéma:



[PC – počítač

equivalence point – bod ekvivalence

USB or serial cable – USB nebo sériový kabel

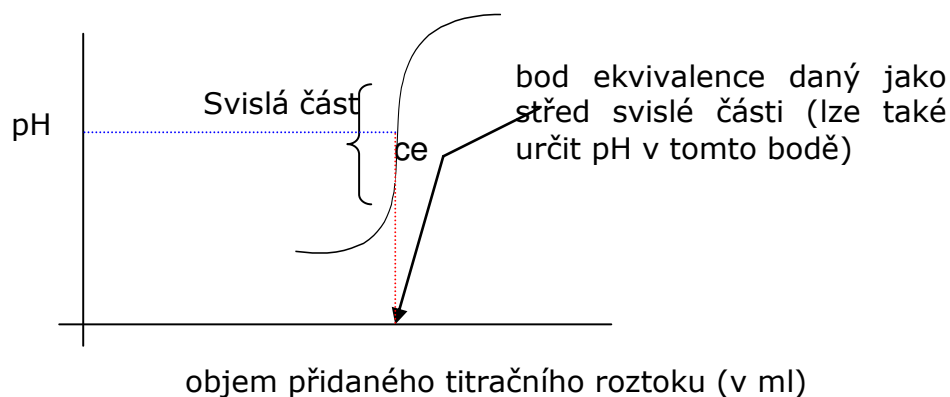
Logger – záznamník

pH electrode – pH elektroda]

Datový záznamník je elektronické zařízení používané spolu s počítačem. Lze k němu připojit různé sondy, které měří celou řadu veličin, například teplotu, pH, absorpci světla, objem plynu, hmotnost atd.

**Pozadí:** Titrace je metodou kvantitativní analýzy. Často se používá k určení neznámé koncentrace specifické látky ve vzorku o známém objemu. Titrace je proces, při kterém se k roztoku neznámé koncentrace přidává známá látka ve známé koncentraci (volumetrický roztok), dokud nepozorujeme bod ekvivalence. Bod ekvivalence je okamžik, kdy má daná reakce přesný poměr stechiometrických koeficientů. Bod ekvivalence lze identifikovat mnoha způsoby. Nejsnadnějším z nich je používat kyselinové/zásadové indikátory, které v bodu ekvivalence reagují a mění barvu. Tuto změnu barvy bohužel vidí každý jinak, protože vnímání barev je u každého jedinečné. Přesnost také závisí na zvoleném indikátoru. Tyto důvody nás vedou k používání objektivních detekčních metod, kdy se bod ekvivalence indikuje nějakou fyzickochemickou metodou. Jednou z těchto metod je potenciometrie, která využívá faktu, že v blízkosti bodu

ekvivalence se dramaticky mění pH. Tento bod maximální změny je takzvaný "inflexní bod", ve kterém titrační křivka mění svůj tvar (z konvexního na konkávní a naopak). Je to bod uprostřed mezi dvěma ohyby na titrační křivce (viz obrázek níže), a proto se titrace provádí hodně za bod ekvivalence. Bod ekvivalence lze odhalit prostým odečtením z grafu. Graf pH (na ose y) proti objemu titračního roztoku (na ose x) vytváří u jednosytné kyseliny tuto křivku:



V jiných případech křivka závisí na množství dostupných vodíkových iontů. Titrační křivka kyseliny fosforečné by například měla vypadat následovně: Protože se jedná o trojsytnou kyselinu, měli bychom dostat tři body ekvivalence, jak je zde ukázáno.

V praxi uvidíme pouze dva z nich, protože kyselina se titruje pouze na první dvě stádia – to třetí nelze snadno detekovat (odkazuje na velmi slabou kyselinu; a skleněná pH elektroda navíc nebude schopná v tak silně zásaditém roztoku přesně změřit pH).

Neznámou koncentraci pak můžeme zjistit tak, že známe objem v každém z bodů ekvivalence, koncentraci volumetrického roztoku a objem použitého vzorku. L vypočtení množství kyseliny fosforečné lze použít kterýkoli z bodů, pokud si pamatujeme stechiometrii příslušné reakce.

Z křivky lze vyčíst ještě jednu hodnotu:  $pK_a$  – záporně vzatý logaritmus disociační konstanty  $K_a$ , který popisuje sílu kyseliny. Tato hodnota udává pH titrační směsi v polovině cesty k bodu ekvivalence (tedy mezi počátkem a prvním bodem ekvivalence, a potom mezi prvním a druhým bodem ekvivalence).  $pK_a$  je důležitou charakteristikou slabé kyseliny; používá se, když se počítá pH slabé kyseliny nebo tlumicího preparátu.

Když je ve vzorku víc než jeden typ kyseliny, změní se tvar vzniklé titrační křivky. Pokud mají kyseliny podobná  $pK_a$ , jsou i body ekvivalence v podobné oblasti a vliv různých kyselin se sčítá. Známe-li  $pK_a$  a  $pT$ , pomůže nám to při interpretaci smíšených titračních křivek.

V kolovém nápoji se vyskytují různé kyseliny: kyselina uhličitá (vzniká z  $CO_2$ , který se do nápoje přidává, aby perlil – asi 3 g/l) a kyselina fosforečná, která stabilizuje pH (tlumicí látka).

Kyselina uhličitá a kyselina fosforečná mají následující hodnoty  $pK_a$ :

([www.sanderkok.com/techniques/laboratory/pka\\_pkb.html](http://www.sanderkok.com/techniques/laboratory/pka_pkb.html)):

	$pK_{a1}$	$pK_{a2}$	$pK_{a3}$
Kyselina fosforečná	2.12	7.21	12.67
Kyselina uhličitá	6.37	10.25	



$pK_{a2}$  kyseliny fosforečné a  $pK_{a1}$  kyseliny uhličité leží příliš blízko u sebe, takže první bod ekvivalence kyseliny uhličité interferuje s druhým bodem ekvivalence kyseliny fosforečné. Druhý bod kyseliny fosforečné je tedy ovlivněn přítomností kyseliny uhličité. Pokud však kyselinu uhličitou z roztoku vyvaříme, vzniklá křivka se bude vztahovat pouze na kyselinu fosforečnou. Rozdíl v objemu zásady použité pro druhý bod ekvivalence je úměrný množství kyseliny uhličité ve vzorku. Z těchto křivek tedy můžeme vypočítat obsah kyseliny fosforečné a kyseliny uhličité, stejně jako množství oxidu uhličitého.

**Nastavení počítače:** vzorek/10 sekund, souvislé měření; mikropipeta: 0,3 ml

**Postup:** 1. Sestavte aparát, jak je ukázáno výše.

2. Nalijte 100 ml do kádinky, zahřívejte až k varu a nechte vychladnout.

3. Nalijte 100 ml vzorku (kola) do jiné kádinky, postavte ji na míchač a 2 minuty míchejte.

4. Nalijte volumetrický roztok NaOH do malé kádinky.

5. Nastavte parametry měření v počítačovém softwaru.

6. Změřte pH vzorku nápoje *před* přidáním zásady. Začněte s titrací: přidávejte k roztoku vzorku stálý objem volumetrického roztoku (0,3 ml mikropipetou) v desetisekundových intervalech. Přidávejte NaOH, dokud nebude změřena celá titrační křivka; na počítačové obrazovce uvidíte stoupající křivku. Ujistěte se, že zajdete až daleko za bod ekvivalence.

7. Titrujte vzorky převařené a ochlazené koly stejným způsobem jako první vzorek.

8. Určete body ekvivalence na obou křivkách. Vypočítejte množství kyseliny fosforečné v nápoji a z rozdílu ve spotřebě NaOH vypočítejte množství kyseliny uhličité (oxidu uhličitého) v kole.

### Laboratorní úkoly:

1) Proč jste druhý vzorek koly převařili?

Var odstraní ze vzorku oxid uhličitý. Po převaření je jedinou kyselinou v roztoku kyselina fosforečná. Druhá titrační křivka se tedy vztahuje pouze k jedné kyselině.

2) Zapište rovnici rozpouštění oxidu uhličitého ve vodě.

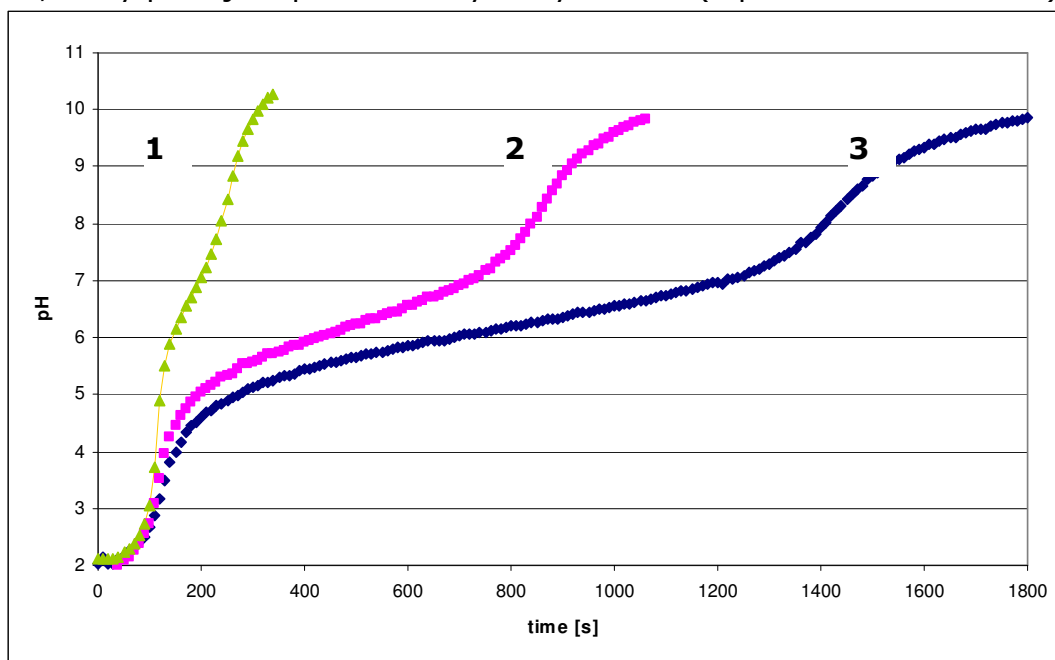
S pomocí této rovnice se pokuste interpretovat, co se stane při přidání silné zásady k roztoku vzorku.



Hydroxidový ion postupně neutralizuje kyselinu uhličitou ve vzorku: neutralizování  $\text{H}^+$  způsobuje, že se rovnovážný stav reakce posunuje doprava: aby se rovnováha obnovila, rozpustí se v roztoku další molekula  $\text{CO}_2$ , čímž se rovnováha posune směrem k produktům, dokud není z reakce vytitrován veškerý  $\text{CO}_2$ .

3) Popište následující graf tří titračních křivek pro tři měření koly. Vzorky se liší podle svého stavu, například jestli se jedná o kolu čerstvou, otevřenou nebo převařenou. Které kyseliny byly ve kterém nápoji? Označte v grafu body

ekvivalence a  $pK_a$  u všech tří křivek a okomentujte spotřebu volumetrického roztoku, který použijete pro určení kyseliny uhličité (a poté oxidu uhličitého).



[čas [s]]

1) Titrační křivka převařené koly: v roztoku je pouze  $H_3PO_4$  a spotřeba titračního roztoku po druhý bod ekvivalence ( $HPO_4^{2-}$ ) bude tedy dvojnásobkem spotřeby u prvního bodu ekvivalence ( $H_2PO_4^-$ ).

2) Titrační křivka otevřené koly: druhý bod ekvivalence je ovlivněn přítomností  $H_2CO_3$  (resp.  $CO_2$ ), a proto se posouvá ve směru osy x (spotřeba NaOH = čas).

3) Titrační křivka čerstvé koly: druhý bod ekvivalence je ovlivněn přítomností  $H_2CO_3$  (resp.  $CO_2$ ), a proto se posouvá ve směru osy x (spotřeba NaOH = čas). V čerstvém nápoji je mnohem víc  $H_2CO_3$  než v otevřeném, takže spotřeba volumetrického roztoku je vyšší než u dvou předchozích vzorků.

První bod ekvivalence je pro všechny tři vzorky stejný, což znamená, že není ovlivněn přítomností  $H_2CO_3$  a způsobuje ho tedy pouze  $H_3PO_4$  (vytváří ionty  $H_2PO_4^-$ ), protože  $pK_{a1}$  kyseliny fosforečné je 2,12, zatímco  $pK_{a1}$  kyseliny uhličité je 6,37. V rozsahu pH od 7 jsou obě kyseliny titrovány společně –  $H_3PO_4$  na svůj druhý bod ekvivalence a  $H_2CO_3$  na svůj první bod ekvivalence. Proto je ovlivněn pouze druhý bod na titrační křivce, a proto závisí na množství ostatních kyselin (mimo fosforečné), které jsou v roztoku přítomny.

4) Nyní zjistěte obsah kyseliny uhličité a oxidu uhličitého v otevřeném nápoji..

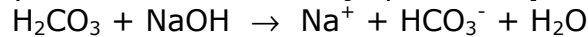
$c(NaOH) = 0.201 \text{ mol/l}$

$V(NaOH)$  pro druhý bod ekvivalence během titrace otevřené koly:  $820s/10s = 82$   
addition  $\times 0.3 \text{ ml} = 24.6 \text{ ml}$

$V(NaOH)$  pro druhý bod ekvivalence během titrace převařené koly:  $230s/10s = 23$   
addition  $\times 0.3 \text{ ml} = 6.9 \text{ ml}$

$V(NaOH)$  odpovídající  $H_2CO_3$  (viz bod 3):  $24.6 \text{ ml} - 6.9 \text{ ml} = 17.7 \text{ ml}$   
NaOH

Určete hmotnost kyseliny uhličitě ve vzorku otevřené koly z reakčního poměru. Nezapomeňte, že kyselina uhličitá se titruje pouze do **prvního** bodu ekvivalence:



První bod ekvivalence:  $n(\text{H}_2\text{CO}_3) = n(\text{NaOH})$

$$m(\text{H}_2\text{CO}_3)/M(\text{H}_2\text{CO}_3) = c(\text{NaOH}) \times V(\text{NaOH})$$

$$m(\text{H}_2\text{CO}_3) = c(\text{NaOH}) \times V(\text{NaOH}) \times M(\text{H}_2\text{CO}_3)$$

$$m(\text{H}_2\text{CO}_3) = 0.201 \text{ mol/l} \times 0.0177 \text{ l} \times 62.024 \text{ g/mol} = \mathbf{0.2207 \text{ g H}_2\text{CO}_3}$$

(ve 100 ml vzorku)

Určete obsah oxidu uhličitěho ve vzorku z hmotnosti kyseliny uhličitě ve vzorku. Konečnou odpověď udejte v **g/l**:

$$M_r(\text{H}_2\text{CO}_3) = 62.024 \text{ g/mol}$$

$$M_r(\text{CO}_2) = 44 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{H}_2\text{CO}_3) = 0,22066 \text{ g} \dots M_r(\text{H}_2\text{CO}_3) = 62.024 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{CO}_2) = ? \text{ g} \dots M_r(\text{CO}_2) = 44 \text{ g/mol}$$

$$m_r(\text{CO}_2) = 44 \text{ g/mol} \times 0.22066 \text{ g} / 62.024 \text{ g/mol} = 0.1565 \text{ g CO}_2 \dots \text{ve 100 ml vzorku}$$

$$\mathbf{c_m(\text{CO}_2) = 1.565 \text{ g/l}}$$

5) Jaká je hmotnostní koncentrace kyseliny fosforečné v kole?

První bod ekvivalence:  $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$

$$c(\text{NaOH}) = 0.201 \text{ mol/l}$$

$$V(\text{NaOH}) \text{ pro první bod ekvivalence: } 130\text{s}/10\text{s} = 13 \text{ addition} \times 0.3 \text{ ml} = 3.9 \text{ ml}$$

$$M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98 \text{ g/mol}$$

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = n(\text{NaOH})$$

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4)/M(\text{H}_3\text{PO}_4) = c(\text{NaOH}) \times V(\text{NaOH})$$

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = c(\text{NaOH}) \times V(\text{NaOH}) \times M(\text{H}_3\text{PO}_4)$$

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0.201 \text{ mol/l} \times 0.0039 \text{ l} \times 98 \text{ g/mol} = 0.0768 \text{ g} / 100 \text{ ml}$$

$$\mathbf{m(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0.768 \text{ g/l}}$$

**Závěr:** Otevřená kola obsahuje 0,22 gramů kyseliny uhličitě (ve 100 ml vzorku). Koncentrace  $\text{CO}_2$  v otevřeném vzorku byla 1,565 g/l. Koncentrace kyseliny fosforečné byla 0,768 g/l.