۱۶ب-۴ اندازه‌گیری نمکها

مقدارکل نمک موجود در یک محلول را می‌توان با یک تیتراسیون اسید/باز، با صحّت و سرعت اندازه‌گیری کرد. نمک را با عبور از یک ستون پُرشده با رزین تبادل یونی به اسید یا باز هم‌ارز تبدیل می‌کنند (مشروح این کاربرد در بخش ۳۳د بررسی شده است).

محلول استاندارد اسید یا باز را می‌توان با رزین تبادل یونی نیز تهیه کرد. در این حالت، محلول محتوی جرم معیّنی از یک ترکیب خالص، مانند سدیم کلرید را از ستون رزین عبور می‌دهند و سپس تا حجم معیّن رقیق می‌کنند. نمک به مقدار هم‌ارز خود اسید یا باز آزاد می‌کند، و امکان محاسبه مولاریته واکنشگر را به شکل مستقیم فراهم می‌آورد.

WEB WORKS

با استفاده از مرورگر وب با

http:// chemistry.brookscole.com/skoogfac/. ارتباط برقرار کنید. از Chapter Resource menu، Web Works را انتخاب کنید. بخش chapter 16 را پیدا کنید، و بر روی جمعبندی Lake Champlain Basin Agricultural Watersheds Project کلیک کنید. این گزارش، پروژهٔ مربوط به افزایش کیفیت آب دریاچهٔ چامپلین در ورمانت و نیویورک را جمعبندی می‌کند. بر پایه مطالعه گزارش، نخستین عاملی که ظاهراً موجب آلودگی دریاچه چامپلین می‌شود، چیست؟ چه نوع صنایعی بانی این آلودگی هستند؟ چه اقداماتی برای کاهش آلودگی انجام شده است؟ یک طرح آزمایشی اجمالی مطرح کنید که معلوم نماید آیا این اقدامات مؤثر بوده است. اندازه‌گیریهای نیتروژن کل کلدال (TKN) یکی از کمیتهایی است که در این مطالعه به‌کار رفته است. به سه کمیّت دیگر اشاره کنید. توضیح دهید که TKN چگونه معیاری از آلودگی را در دریاچه فراهم می‌آورد. بر پایه اندازه‌گیری مقادیر TKN و سایر داده‌ها در گزارش، آیا اقدامات انجام‌شده برای کاهش آلودگی، مؤثر بوده است؟ پیشنهادات نهایی گزارش چیست؟

۱۶ج سؤالات و مسائل

---

*۱۶-۱ دمای جوش HCl و CO_2 تقریباً برابرند (−۸۵°C و −۷۸°C). توضیح دهید چرا می‌توان CO_2 را با مختصر جوشش از محلول آبی خارج کرد، درحالی که اصولاً هیچ مقدار HCl، حتّی با ۱ ساعت یا بیشتر جوشش از محیط خارج نمی‌شود.

۱۶-۲ چرا از HNO_3 به‌نُدرت برای تهیه محلول استاندارد اسید استفاده می‌شود؟

*۱۶-۳ روش تهیه Na_2CO_3 استاندارد اولیه را از $NaHCO_3$ استاندارد اولیه شرح دهید.

۱۶-۴ چرا در استاندارد کردن Na_2CO_3 با اسید، معمولاً محلول را در نزدیکی نقطه هم‌ارزی می‌جوشانند؟

*۱۶-۵ برای برتر بودن $KH(IO_3)_2$ نسبت به بنزوییک‌اسید به‌عنوان استاندارد اوّلیه برای تیتراسیون محلول ۰٫۰۱۰M NaOH، دو دلیل بیاورید.

۶-۱۶ اجمالاً، وضعیتی را شرح دهید که در آن مولاریته محلول سدیم هیدروکسید با جذب کربن دیوکسید، تغییر نمی‌کند.

۷-۱۶ چه نوع ترکیبات آلی نیتروژن‌دار، بدون انجام اقدام پیشگیرانه خاص، نتیجهٔ پایینی را با روش کلدال به‌دست می‌دهند؟

***۸-۱۶** ۲٫۰۰L از محلولهای زیر چگونه تهیه می‌شوند:

(الف) KOH با ۰٫۱۵M از مادّه جامد آن؟

(ب) $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$ با ۰٫۰۱۵M از مادّه جامد آن؟

(ج) ۰٫۲۰۰M HCl از واکنشگری با چگالی ۱٫۰۵۷۹g/mL و با ۱۱٫۵۰٪(w/w) از HCl.

۹-۱۶ ۵۰۰٫۰mL از محلولهای زیر چگونه تهیه می‌شوند:

(الف) ۰٫۲۵۰M H_2SO_4 از واکنشگری با چگالی ۱٫۵۳۹g/mL و با ۲۱٫۸٪(w/w) از H_2SO_4؟

(ب) ۰٫۳۰M NaOH از نوع جامد آن؟

(ج) ۰٫۰۸۰۰۰M Na_2CO_3 از نوع جامد خالص آن؟

***۱۰-۱۶** استانداردکردن محلولی از سدیم هیدروکسید با پتاسیم هیدروژن فتالات (KHP) به نتایج زیر منجر شده است.

جرم KHP، g	۰٫۷۹۸۷	۰٫۸۳۶۵	۰٫۸۱۰۴	۰٫۸۰۳۹	۰٫۸۰۳۹
جرم NaOH، mL	۳۸٫۲۹	۳۹٫۹۶	۳۸٫۵۱	۳۸٫۲۹	

موارد زیر را محاسبه کنید:

(الف) مولاریته میانگین باز را.

(ب) انحراف استاندارد و ضریب تغییر برای داده‌ها را.

(ج) پراکندگی داده‌ها را.

۱۱-۱۶ مولاریته محلولی از پرکلریک‌اسید با تیتراسیون توسط سدیم کربنات استاندارد اوّلیه، تعیین شد (محصول: CO_2). داده‌های زیر به‌دست آمد:

جرم Na_2CO_3، g	۰٫۲۰۶۸	۰٫۱۹۹۷	۰٫۲۲۴۵	۰٫۲۱۳۸	
حجم $HClO_4$، mL	۳۶٫۳۱	۳۵٫۱۱	۳۹٫۰۰	۳۷٫۵۴	

(الف) مولاریته میانگین برای اسید را محاسبه کنید.

(ب) انحراف استاندارد و ضریب تغییر داده‌ها را محاسبه کنید.

(ج) آیا توجیه آماری برای رَد نتیجهٔ دورافتاده وجود دارد؟

۱۲-۱۶* اگر ۱٫۰۰۰L از ۰٫۱۵۰۰M NaOH پس از استانداردشدن در جریان هوا قرارگیرد و ۱۱٫۲ میلی‌مول CO_2 جذب کند، مولاریته جدید آن در صورت استانداردشدن با محلول استاندارد HCl و با شناساگرهای زیر چه خواهد بود:

(الف) فنول‌فتالئین؟

(ب) سبز بروموکرزول؟

۱۳-۱۶ محلولی از NaOH بلافاصله پس از استانداردشدن، ۰٫۱۰۱۹M است. دقیقاً مقدار ۵۰۰٫۰mL از آن را برای چند روز در جریان هوا قرار می‌دهند، که ۰٫۶۵۲g CO_2 جذب می‌کند. خطای نسبی کربنات را در اندازه‌گیری استیک‌اسید با این محلول محاسبه کنید، مشروط بر آنکه تیتراسیون در حضور فنول‌فتالئین انجام شود.

***۱۴-۱۶** غلظت مولار محلول رقیق HCl را محاسبه کنید اگر

(الف) ۵۰٫۰۰mL از محلول مقدار ۰٫۶۰۱۰g از AgCl تولید کند.

(ب) تیتراسیون ۲۵٫۰۰mL از ۰٫۰۴۰۱۰M $Ba(OH)_2$ به ۱۹٫۹۲mL از اسید نیاز داشته باشد.

(ج) تیتراسیون ۰٫۲۶۹۴g از Na_2CO_3 با درجه استاندارد اولیه به ۳۸٫۷۷mL اسید نیاز داشته باشد (محصول: CO_2 و H_2O).

۱۵-۱۶ مولاریته محلول رقیق $Ba(OH)_2$ را محاسبه کنید اگر

(الف) ۵۰٫۰۰mL از محلول مقدار ۰٫۱۶۸۴g از $BaSO_4$ تولید کند.

(ب) تیتراسیون ۰٫۴۸۱۵g از پتاسیم هیدروژن فتالات (KHP) با درجه استاندارد اوّلیه، به ۲۹٫۴۱mL باز نیاز داشته باشد.

(ج) افزایش ۵۰٫۰۰mL باز به ۰٫۳۶۱۴g از بنزوییک‌اسید، به ۴٫۱۳mL از ۰٫۰۵۳۱۷M HCl در تیتراسیون معکوس نیاز داشته باشد.

۱۶-۱۶ گستره‌ای از جرم نمونه را پیشنهاد دهید که برای مواد زیر با کیفیت استاندارد اوّلیه، حجمی بین ۳۵ الی ۴۵mL از محلول تیترکننده را مصرف نماید:

*(الف) تیتراسیون محلول ۰٫۱۵۰M $HClO_4$ با Na_2CO_3 (محصول CO_2).

(ب) تیتراسیون محلول ۰٫۰۷۵M HCl با $Na_2C_2O_4$:

$$Na_2C_2O_4 \longrightarrow Na_2CO_3 + CO$$

$$CO_3^{2-} + 2H^+ \longrightarrow H_2O + CO_2$$

*(ج) تیتراسیون محلول ۰٫۲۰M NaOH با بنزوییک‌اسید.

(د) تیتراسیون محلول ۰٫۰۳۰M $Ba(OH)_2$ با $KH(IO_3)_2$.

*(ه) تیتراسیون محلول ۰٫۰۴۰M $HClO_4$ با TRIS.

(و) تیتراسیون محلول ۰٫۰۸۰ مولار H_2SO_4 ۰٫۰۸۰M با ۰٫۰۸۰ $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$. واکنش:

$$B_4O_7^{2-} + 2H_3O^+ + 3H_2O \longrightarrow 4H_3BO_3$$

*۱۶-۱۷ انحراف استاندارد نسبی را برای مولاریتهٔ محاسبه‌شدهٔ ۰٫۰۲۰۰M HCl را در صورتی به‌دست آورید که این اسید توسط جرمهای مطرح‌شده در مثال ۱۶ـ۱۶ استاندارد شده باشد: (الف) TRIS، (ب) Na_2CO_3، و (ج) $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$. فرض کنید که انحراف استاندارد مطلق در اندازه‌گیری جرم، برابر با ۰٫۰۰۰۱g باشد و اینکه این اندازه‌گیری دقت مولاریته محاسبه‌شده را محدود می‌کند.

۱۶-۱۸ (الف) جرمهای پتاسیم هیدروژن فتالات (۲۰۴٫۲۲g/ mol)، پتاسیم هیدروژن یدات (۳۸۹٫۹۱g/ mol) و بنزوییک‌اسید (۱۲۲٫۱۲g/ mol) مورد نیاز برای استانداردکردن ۰٫۳۰ mL از ۰٫۰۴۰۰M NaOH را با یکدیگر مقایسه کنید.

(ب) انحراف استاندارد نسبی در مولاریتهٔ باز چه خواهد بود اگر انحراف استاندارد در اندازه‌گیری جرم در بند (الف) برابر با ۰٫۰۰۲g باشد و آیا این عدم قطعیت، دقت محاسبه را محدود می‌کند؟

*۱۶-۱۹ ۵۰٫۰۰ mL از یک نمونه شراب سفید برای رسیدن به نقطه پایانی فنول‌فتالئین به ۲۱٫۴۸ mL ۰٫۰۳۷۶M NaOH نیاز دارد. قدرت اسیدی شراب را برحسب گرم تارفریک‌اسید ($H_2C_4H_4O_6$، ۱۵۰٫۰۹g/ mol) در ۱۰۰ mL شراب محاسبه کنید (فرض کنید هر دو پروتون اسیدی تیتر شوند).

۱۶-۲۰ ۲۵٫۰۰ mL از یک سرکه را در یک بالن حجم‌سنجی ۲۵۰ میلی‌لیتری رقیق می‌کنند. تیتراسیون ۵۰٫۰ mL از این محلول رقیق، به‌طور متوسط ۳۴٫۸۸ mL ۰٫۰۹۶۰۰M NaOH مصرف می‌کند. قدرت اسیدی سرکه را برحسب درصد استیک‌اسید (w/v) محاسبه کنید.

*۱۶-۲۱ تیتراسیون یک نمونهٔ ۰٫۷۴۳۹ گرمی از $Na_2B_4O_7$ ناخالص، مقدار ۳۱٫۶۴ mL از ۰٫۱۰۸۱M HCl مصرف می‌کند (برای واکنش به مسئله ۱۶f-۱۶ مراجعه کنید). نتیجه این تجربه را برحسب درصد هر یک از مواد زیر محاسبه کنید:

(الف) $Na_2B_4O_7$.

(ب) $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$.

(ج) B_2O_3.

(د) B.

۱۶-۲۲ یک نمونهٔ ۰٫۶۳۳۴ گرمی از جیوه (II) اکسید ناخالص را در مقدار اضافی اندازه‌گیری‌نشده‌ای از پتاسیم یدید حل می‌کنند. واکنش:

$$HgO(s) + 4I^- + H_2O \longrightarrow HgI_4^{2-} + 2OH^-$$

اگر تیتراسیون هیدروکسید آزادشده به ۴۲٫۵۹ mL از ۰٫۱۱۷۸M HCl نیاز داشته باشد، درصد HgO در نمونه را محاسبه کنید.

*۱۶-۲۳ فرمالدهید موجود در یک آفت‌کُش را با توزین ۰٫۳۱۲۴g از نمونهٔ مایع آن در یک بالن محتوی ۵۰٫۰ mL ۰٫۰۹۹۶M NaOH و ۵۰٫۰ mL از ۳٪ H_2O_2 اندازه‌گیری می‌کنند. در اثر گرمادادن واکنش زیر انجام می‌شود:

$$OH^- + HCHO + H_2O_2 \longrightarrow HCOO^- + 2H_2O$$

پس از سردشدن، باز اضافی را با ۲۳٫۳ mL از ۰٫۰۵۲۵۰M H_2SO_4 تیتر می‌کنند. درصد HCHO(۳۰٫۰۲۶g/ mol) را در نمونه محاسبه کنید.

۱۶-۲۴ بنزوییک‌اسید استخراج‌شده از ۱۰۶٫۳g سُس گوجه‌فرنگی را با ۱۴٫۷۶ mL از ۰٫۰۵۱۴M NaOH تیتر می‌کنند. نتیجه این تجزیه را برحسب درصد سدیم بنزوات (۱۴۴٫۱۰g/ mol) ارائه دهید.

*۱۶-۲۵ مادّهٔ مؤثره در آنتابیوز[1]، دارویی که در درمان الکلی‌بودن حادّ مصرف می‌شود، تتراتیل تیورام (۲۹۶٫۵۴g mol) است:

$$(C_2H_5)_2NCSSCN(C_2H_5)_2$$

گوگرد موجود در یک نمونه ۰٫۴۳۲۹ گرمی داروی آنتابیوز را با اکسایش به SO_2 تبدیل می‌کنند، که با جذب آن در H_2O_2 به H_2SO_4 تبدیل می‌شود. اسید را با ۲۲٫۱۳ mL باز ۰٫۰۳۷۳۶M تیتر می‌کنند. درصد مادّه فعال را در دارو محاسبه کنید.

۱۶-۲۶ یک نمونهٔ ۲۵٫۰۰ میلی‌لیتری از یک محلول شستشوی

---

1. Antabuse

خانگی را در یک بالن حجم‌سنجی تا ۲۵۰٫۰ mL رقیق می‌کنند. ۵۰٫۰۰ mL از این محلول برای رسیدن به نقطه پایانی سبز بروموکرزول، مقدار ۴۰٫۳۸ mL از ۰٫۲۵۰۶M HCl مصرف می‌کند. درصد وزنی/حجمی NH_3 را در نمونه محاسبه کنید. (فرض کنید تمامی قدرت قلیایی به آمونیاک مربوط است).

۱۶-۲۷* یک نمونهٔ ۰٫۱۴۰۱گرمی از یک کربنات خالص‌سازی‌شده را در ۵۰٫۰۰ mL ۰٫۱۱۴۰M HCl حل می‌کنند و می‌جوشانند تا CO_2 خارج شود. تیتراسیون معکوس HCl اضافی به ۲۴٫۲۱ mL از ۰٫۰۹۸۰۲M NaOH نیاز دارد. نوع کربنات را مشخص کنید.

۱۶-۲۸ محلول رقیقی از یک اسید ضعیف ناشناخته در تیتراسیون تا نقطه پایانی فنول‌فتالئین، به ۲۸٫۶۲ mL از ۰٫۱۰۸۴M NaOH نیاز دارد. محلول تیترشده را تا خشک‌شدن تبخیر می‌کنند. در صورتی که وزن نمک سدیم ۰٫۲۱۱۰g باشد، وزن هم‌ارز اسید را محاسبه کنید (به متن حاشیه در صفحه ۵۰۶ مراجعه کنید).

۱۶-۲۹* ۳٫۰۰L از نمونه هوای شهر را از داخل ۵۰٫۰ mL از محلول ۰٫۰۱۱۶M $Ba(OH)_2$ عبور می‌دهند، که باعث می‌شود CO_2 موجود در نمونه به‌صورت $BaCO_3$ رسوب کند. باز اضافی را تا نقطه پایانی-فنول‌فتالئین توسط ۲۳٫۶ mL از ۰٫۰۱۰۸M HCl تیتراسیون معکوس می‌کنند. غلظت CO_2 را در هوا برحسب قسمت در میلیون (یعنی: $mL\ CO_2/10^6\ mL\ air$) محاسبه کنید: چگالی CO_2 را ۱٫۹۸g/L در نظر بگیرید.

۱۶-۳۰ هوا را با سرعت ۳۰٫۰L در دقیقه از درون یک تلهٔ محتوی ۷۵ mL از ۱٪H_2O_2 عبور می‌دهند ($H_2O_2 + SO_2 \longrightarrow H_2SO_4$). پس از ۱۰٫۰ دقیقه، H_2SO_4 را با ۱۱٫۱ mL از ۰٫۰۰۲۰۴M NaOH تیتراسیون می‌کنند. غلظت SO_2 را برحسب ppm محاسبه کنید (یعنی: $mL\ SO_2/10^6\ mL\ ari$). چگالی SO_2 را برابر با ۰٫۰۰۲۸۵g/mL در نظر بگیرید.

۱۶-۳۱* هضم یک نمونهٔ ۰٫۱۴۱۷ گرمی از مادّه محتوی فسفر در مخلوطی از HNO_3 و H_2SO_4 موجب تشکیل CO_2، H_2O و H_3PO_4 می‌شود. افزایش آمونیوم مولیبدات، مادّه جامدی را با ترکیب $(NH_4)PO_4 \cdot 12MoO_3$ (۱۸۷۶٫۳g/mol) تولید می‌کند. این رسوب را صاف می‌کنند، می‌شویند و در ۵۰٫۰۰ mL از ۰٫۲۰۰۰M NaOH حل می‌کنند:

$$(NH_4)PO_4 \cdot 12MoO_3(s) + 26OH^- \longrightarrow HPO_4^{2-} + 12MoO_4^{2-} + 14H_2O + 3NH_3(g)$$

پس از جوشاندن محلول برای خروج NH_3، NaOH اضافی را با ۱۴٫۱۷ mL از ۰٫۱۷۴۱M HCl تا نقطه پایانی فنول‌فتالئین تیتر می‌کنند. درصد فسفر را در نمونه محاسبه کنید.

۱۶-۳۲* یک نمونهٔ ۰٫۸۱۶۰ گرمی محتوی دی‌متیل‌فتالات $C_6H_4(COOCH_3)_2$ (۱۹۴٫۱۹g/mol) وگونه‌های واکنش‌ناپذیر را با ۵۰٫۰۰ mL از ۰٫۱۰۳۱M NaOH بازروانی می‌کنند تا گروههای استری آبکافت شوند (این فرایند را صابونی‌کردن می‌نامند).

$$C_6H_4(COOCH_3)_2 + 2OH^- \longrightarrow C_6H_4(COO)^{2-} + H_2O$$

پس از تکمیل واکنش، NaOH اضافی را با ۳۲٫۲۵ mL از ۰٫۱۲۵۱M HCl تیتراسیون معکوس می‌کنند. درصد دی‌متیل فتالات را در نمونه محاسبه کنید.

۱۶-۳۳* نئوهِترآمین، $C_{16}H_{21}ON_3$ (۲۸۵٫۳۷g/mol)، یک آنتی‌هیستامین متعارف است. یک نمونه ۰٫۱۵۳۲ گرمی محتوی این مادّه را با روش کلدال تجزیه می‌کنند. آمونیاک تولیدشده را در BO_3H_3 جمع‌آوری می‌کنند. $H_2BO_3^-$ حاصل را با ۳۶٫۶۵ mL از ۰٫۱۵۲۲M HCl تیتراسیون می‌کنند. درصد نئوهترآمین را در نمونه محاسبه کنید.

۱۶-۳۴ شاخص مِرک (Merck Index) نشان می‌دهد که ۱۰ mg گوانیدین، CH_5N_3، را می‌توان برای هر کیلوگرم وزن بدن برای درمان ضعف عضلانی تجویز کرد. نیتروژن موجود در چهار قرص با وزن کلّ ۷٫۵۰g را با روش کلدال به آمونیاک تبدیل و سپس به داخل ۱۰۰٫۰ mL از ۰٫۱۷۵۰M HCl تقطیر می‌کنند. تجزیه را با تیترکردن اسید اضافی با ۱۱٫۳۷ mL از ۰٫۱۰۸۰M NaOH تکمیل می‌کنند. چه تعداد از این قرصها نمایانگر دَز مناسب برای بیمار با وزن (الف) ۱۰۰ پوند، (ب) ۱۵۰ پوند، و (ج) ۲۷۵ پوند است؟

۱۶-۳۵* یک نمونهٔ ۰٫۹۹۲ گرمی از یک کنسرو ماهی تُن را با روش کلدال تجزیه می‌کنند. مقدار ۲۲٫۶۶ mL از ۰٫۱۲۲۴M HCl برای تیتراسیون آمونیاک آزادشده مصرف می‌شود. درصد نیتروژن را در نمونه محاسبه کنید.

۱۶-۳۶ در مثال ۱۶ـ۳۵، جرم را برحسب گرم پروتئین در ۶٫۵۰ اونس (oz) از کنسرو تُن محاسبه کنید.

***۱۶-۳۷** یک نمونهٔ ۰٫۵۸۴۳ گرمی از یک واحد تولید مواد غذایی را برای نیتروژن موجود در آن، با روش کلدال تجزیه و NH_3 آزادشده را در ۵۰٫۰۰ mL از ۰٫۱۰۶۲M HCl جمع‌آوری می‌کنند. اسید اضافی در تیتراسیون معکوس به ۱۱٫۸۹ mL از ۰٫۰۹۲۵M NaOH نیاز دارد. نتایج حاصل از تجزیه را به‌صورت درصدهای زیر محاسبه کنید:

(الف)* N. (ج) $(NH_4)_2SO_4$

(ب) اوره، H_2NCONH_2. (د) $(NH_4)_3PO_4$

۱۶-۳۸ یک نمونهٔ ۰٫۹۰۹۲ گرمی آرد گندم را با روش کلدال تجزیه می‌کنند. آمونیاک تشکیل‌شده را به داخل ۵۰٫۰۰ mL از ۰٫۰۵۰۶۳M HCl تقطیر می‌کنند. در تیتراسیون معکوس مقدار ۷٫۴۶ mL از ۰٫۰۴۹۱۷M NaOH مصرف می‌شود. درصد پروتئین را در آرد محاسبه کنید.

***۱۶-۳۹** یک نمونهٔ ۱٫۲۱۹ گرمی محتوی NH_4NO_3، $(NH_4)_2SO_4$ و مواد واکنش‌ناپذیر را در یک بالن حجم‌سنجی تا ۲۰۰ mL رقیق می‌کنند. ۵۰٫۰۰ mL از آن را با باز قوی قلیایی و NH_3 آزادشده را به داخل ۳۰٫۰۰ mL از ۰٫۰۸۴۲۱M HCl تقطیر می‌کنند. اسید اضافی ۱۰٫۱۷ mL از ۰٫۰۸۸۰۲M NaOH مصرف می‌کند. ۲۵٫۰۰ mL دیگر از نمونه را پس از افزایش آلیاژ دوارد و کاهش NO_3^- به NH_3، قلیایی می‌کنند. سپس NH_3 به‌دست آمده از NH_4^+ و NO_3^- را به داخل ۳۰٫۰۰ mL اسید استاندارد تقطیر و با ۱۴٫۱۶ mL باز، تیتراسیون معکوس می‌کنند. درصد $(NH_4)_2SO_4$ و NH_4NO_3 را در نمونه محاسبه کنید.

***۱۶-۴۰** یک نمونهٔ ۱٫۲۱۷ گرمی از KOH تجاری آلوده‌شده به K_2CO_3 را در آب حلّ و محلول به‌دست آمده را تا ۵۰۰٫۰ mL رقیق می‌کنند. ۵۰٫۰۰ mL از این محلول را تحت تأثیر ۴۰٫۰۰ mL از ۰٫۰۵۳۰۴M HCl قرار می‌دهند و می‌جوشانند تا CO_2 آن خارج شود. اسید اضافی مقدار ۴٫۷۴ mL از ۰٫۰۴۹۸۳M NaOH مصرف می‌کند (شناساگر فنول‌فتالئین). به ۵۰٫۰۰ mL دیگر از محلول به مقدار اضافی $BaCl_2$ خنثی می‌افزایند تا کربنات به‌صورت $BaCO_3$ رسوب کند. سپس محلول را با ۲۸٫۵۶ mL اسید تا نقطه پایانی فنول‌فتالئین تیتر می‌کنند. درصد KOH، K_2CO_3 و H_2O را در نمونه با این فرض که اینها تنها مواد موجود در نمونه‌اند، محاسبه کنید.

۱۶-۴۱ یک نمونهٔ ۰٫۵۰۰ گرمی محتوی $NaHCO_3$، Na_2CO_3 و H_2O را حلّ و تا ۲۵۰٫۰ mL رقیق می‌کنند. سپس ۲۵٫۰۰ mL از این محلول را با ۵۰٫۰۰ mL از ۰٫۱۲۵۵M HCl می‌جوشانند. پس از سردشدن، برای خنثی‌کردن اسید اضافی مقدار ۲٫۳۴ mL از ۰٫۱۰۶۳M NaOH برای رسیدن به نقطه پایانی فنول‌فتالئین مصرف می‌شود. ۲۵٫۰۰ mL دیگر از محلول را تحت تأثیر مقدار اضافی $BaCl_2$ و ۲۵٫۰۰ mL از همان باز قرار می‌دهند. تمامی کربنات رسوب می‌کند، و تیتراسون باز اضافی مقدار ۷٫۶۳ mL از HCl را مصرف می‌کند. ترکیب مخلوط را محاسبه کنید.

***۱۶-۴۲** حجم ۰٫۰۶۱۲۲M HCl مورد نیاز برای تیتراسیونهای زیر را محاسبه کنید:

(الف) ۱۰٫۰۰، ۱۵٫۰۰، ۲۵٫۰۰، و ۴۰٫۰۰ mL از ۰٫۰۵۵۵۵M Na_3PO_4 تا نقطه پایانی تیمول فتالئین.

(ب) ۱۰٫۰۰، ۱۵٫۰۰، ۲۰٫۰۰، و ۲۵٫۰۰ mL از ۰٫۰۵۵۵۵M Na_3PO_4 تا نقطه پایانی سبز بروموکرزول.

(ج) ۲۰٫۰۰، ۲۵٫۰۰، ۳۰٫۰۰، و ۴۰٫۰۰ mL از محلولی که ۰٫۰۲۱۰۲M Na_3PO_4 نسبت به ۰٫۰۱۶۵۵M Na_2HPO_4 است تا نقطه پایانی سبز بروموکرزول.

(د) ۱۵٫۰۰، ۲۰٫۰۰، ۳۵٫۰۰، و ۴۰٫۰۰ mL از محلولی که ۰٫۰۲۱۰۲M Na_3PO_4 نسبت به ۰٫۰۱۶۵۵M NaOH است تا نقطه پایانی تیمول فتالئین.

۱۶-۴۳ حجم ۰٫۰۷۷۳۱M NaOH مورد نیاز برای تیتراسیونهای زیر را محاسبه کنید:

(الف) ۲۵٫۰۰ mL از محلولی که ۰٫۰۳۰۰۰M نسبت به HCl و ۰٫۰۱۰۰۰M نسبت به H_3PO_4 است، تا نقطه پایانی سبز بروموکرزول.

(ب) محلول در بند (الف) تا نقطه پایانی تیمول فتالئین.

(ج) ۱۰٫۰۰، ۲۰٫۰۰، ۳۰٫۰۰، و ۴۰٫۰۰ mL محلول ۰٫۰۶۴۰۷M $Na_2H_2PO_4$ تا نقطه پایانی تیمول فتالئین.

(د) ۲۰٫۰۰، ۲۵٫۰۰، و ۳۰٫۰۰ mL از محلولی که ۰٫۰۲۰۰۰M H_3PO_4 و ۰٫۰۳۰۰۰M نسبت به NaH_2PO_4 است تا نقطه پایانی تیمول فتالئین.

***۱۶-۴۴** یک سری محلولهای محتوی NaOH، Na_2CO_3، و $NaHCO_3$، به‌صورت تنها و یا در ترکیب سازگار با هم را با محلول

۰٫۱۲۰۲M HCl تیتراسیون می‌کنند. حجمهای اسید مورد نیاز برای تیتراسیون ۲۵٫۰۰ mL از هر یک از محلولها تا نقطه پایانی (۱) فنول فتالئین و (۲) سبز بروموکرزول در جدول زیر مندرج است. با استفاده از این اطلاعات، ترکیب محلولها را استنتاج کنید. ضمناً، غلظت هر ماده حل‌شده را برحسب میلی‌گرم در هر میلی‌لیتر محلول محاسبه کنید.

	(۱)	(۲)
(الف)	۲۲٫۴۲	۲۲٫۴۴
(ب)	۱۵٫۶۷	۴۲٫۱۳
(ج)	۲۹٫۶۴	۳۶٫۴۲
(د)	۱۶٫۱۲	۳۲٫۲۳
(ه)	۰٫۰۰	۳۳٫۳۳۳

۱۶-۴۵ یک سری محلولهای محتوی NaOH، Na_3AsO_4، و $NaHAsO_4$، به‌صورت تنها و یا در ترکیب سازگار با هم را با محلول ۰٫۰۸۶۰۱M HCl تیتراسیون می‌کنند. حجمهای اسید مورد نیاز برای تیتراسیون ۲۵٫۰۰ mL از هر یک از محلولها تا نقطه پایانی (۱) فنول‌فتالئین و (۲) سبز بروموکرزول در جدول زیر مندرج است. با استفاده از این اطلاعات، ترکیب محلولها را استنتاج کنید. ضمناً، غلظت هر ماده حلّ‌شده را برحسب میلی‌گرم در هر میلی‌لیتر محلول محاسبه کنید.

	(۱)	(۲)
(الف)	۰٫۰۰	۱۸٫۱۵
(ب)	۲۱٫۰۰	۲۸٫۱۵
(ج)	۱۹٫۸۰	۳۹٫۶۱
(د)	۱۸٫۰۴	۱۸٫۰۳
(ه)	۱۶٫۰۰	۳۷٫۳۷

***۱۶-۴۶** وزن هم‌ارزِ (الف) یک اسید و (ب) یک باز را تعریف کنید.

۱۶-۴۷ وزن هم‌ارز اکسالیک‌اسید دوآبه

$$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O \text{ ،}۱۲۶٫۱ \text{g/ mol}$$

را هنگامی که تا (الف) نقطه پایانی سبز بروموکرزول و (ب) تا نقطه پایانی فنول‌فتالئین تیتر می‌شود، محاسبه کنید.

۱۶-۴۸ ۱۰٫۰۰ mL از یک نمونه سرکه (استیک‌اسید، CH_3COOH) را با پی‌پت به داخل یک بالن منتقل می‌کنند، دو قطره شناساگر فنول‌فتالئین می‌افزایند و با ۰٫۱۰۰۸M NaOH تیتراسیون می‌کنند:

(الف) اگر برای تیتراسیون به ۴۵٫۶۲ mL باز نیاز باشد، غلظت مولار استیک‌اسید در نمونه چه مقدار است؟

(ب) اگر چگالی محلول استیک‌اسید برداشته‌شده با پی‌پت، ۱٫۰۰۴g/ mL باشد، درصد استیک‌اسید در نمونه چه مقدار است؟

۱۶-۴۹ مسئلهٔ چالشی

(الف) چرا شناساگرها فقط به‌صورت محلول رقیق مصرف می‌شوند؟

(ب) فرض کنید که محلول ۰٫۱٪ قرمز متیل (جرم مولی ۲۶۹g/ mol) به‌عنوان شناساگر در یک تیتراسیون برای تعیین ظرفیت خنثی‌سازی اسید دریاچه‌ای در اُهایو استفاده شود. پنج قطره (۰٫۲۵ mL) محلول قرمز متیل را به ۱۰۰ mL نمونه آب می‌افزایند. مقدار ۴٫۷۴ mL از ۰٫۰۱۰۷۲M HCl مصرف می‌شود تا شناساگر را به نقطه میانی گسترهٔ تغییررنگ برساند. اگر فرض کنیم که شناساگر عاری از خطا باشد، در آن صورت ظرفیت خنثی‌سازی اسید دریاچه برحسب میلی‌گرم کلسیم بی‌کربنات در هر لیتر نمونه چه مقدار است؟

(ج) اگر شناساگر از ابتدا در شکل اسیدی باشد، خطای شناساگر برحسب درصدی از ظرفیت خنثی‌سازی چه مقدار خواهد بود؟

(د) مقدار صحیح برای اندازه‌گیری ظرفیت خنثی‌سازی اسید چیست؟

(ه) چهار گونه دیگر غیر از کربنات یا بی‌کربنات را که ممکن است در ظرفیت خنثی‌سازی اسید نقش داشته باشند، ذکر کنید.

(و) معمولاً فرض می‌شود که گونه‌های غیر از کربنات یا بی‌کربنات نقش چندانی در ظرفیت خنثی‌سازی اسید ندارند. شرایطی را که ممکن است این فرض صادق نباشد، پیشنهاد کنید.

(ز) ذرات جامد ممکن است نقش قابل‌توجهی در ظرفیت خنثی‌سازی اسید داشته باشند. در مورد چگونگی پرداختن به این مسئله توضیح دهید.

(ح) چگونگی تعیین مقدار مشارکتِ ذرات جامد وگونه‌های انحلال‌پذیری را به‌طور جداگانه، در ظرفیت خنثی‌سازی اسید، شرح دهید.