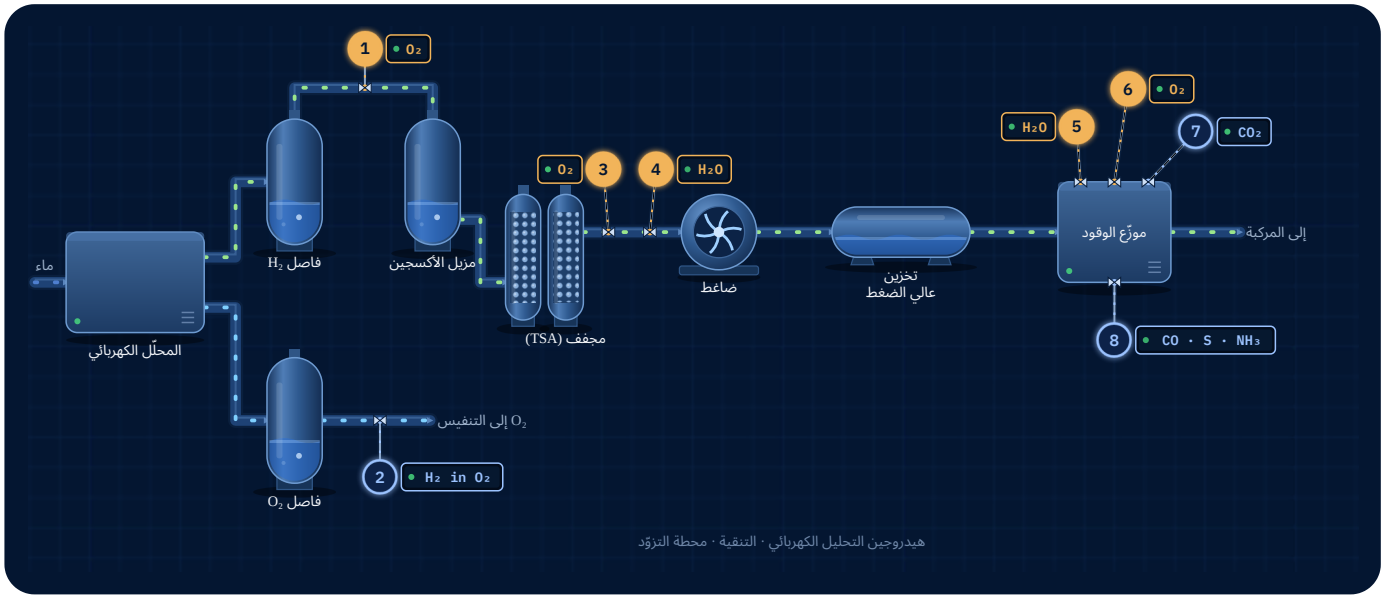
الهيدروجين الأخضر ومحطات التزوّد: أين يُقاس O_2 والرطوبة

تابع الهيدروجين من المحلّل الكهربائي عبر مفاعل إزالة الأكسجين والمجفف حتى موزّع التزوّد. تعرض كل نقطة مرقّمة الحد وسبب أهميته والمحلل المناسب.



جهاز YORK ○ نظام متكامل (يُورَّد عبر YORK)

كيف تعمل العملية

يفصل المحلّل الكهربائي الماء إلى هيدروجين وأكسجين. الهيدروجين الخام رطب ويحمل بعض الأكسجين، لذلك يُنقّى قبل الضغط. وتحتاج مركبات خلايا الوقود هيدروجيناً وفق ISO 14687 الدرجة D بحدود شوائب بالميكرومول/مول.

1. **التحليل الكهربائي.** تنتج الخلايا الهيدروجين في جانب والأكسجين في الجانب الآخر، وتعيد فواصل الغاز والسائل الإلكتروليت أو الماء.
2. **إزالة الأكسجين.** يحوّل مفاعل حفّاز الأكسجين المتبقي في الهيدروجين إلى ماء.
3. **التجفيف.** يزيل مجفف الامتزاز بتأرجح الحرارة (TSA) الماء حتى بضعة ppm.
4. **الضغط والتخزين.** ترفع الضواغط الضغط للتخزين عالي الضغط.
5. **التزويد.** يملأ الموزّع المركبة، ويجب أن يحقق الهيدروجين عند الفوهة ISO 14687 الدرجة D.

النسخة التفاعلية المتحركة:
https://www.yorkinstrument.ae/ar/guides/green-hydrogen-refuelling-measurement-points/

نقاط القياس

#	النقطة	يقيس	القيمة النموذجية / الحد	الحل المقترح
1	الهيدروجين الخام قبل مزيل الأكسجين	الأكسجين في الهيدروجين (%)	0.3–0.15 % مولياً O_2 في الهيدروجين الخام من محلّل قلوي (دراسة تصميمية)	PGA500-EX
2	جانب الأكسجين في المحلّل	الهيدروجين في الأكسجين	تُحدَّد مستويات الإنذار والإيقاف وفق مفهوم السلامة للمحلّل	نظام متكامل: محلل H_2 في O_2 بالتوصيلية الحرارية
3	بعد مزيل الأكسجين والمجفف	آثار الأكسجين	< 5 ppm (هدف تصميمي في دراسة لسلسلة التنقية)	PGA500-EX
4	بعد مزيل الأكسجين والمجفف	آثار الماء	< 5 ppm (هدف تصميمي في دراسة لسلسلة التنقية)	DPT990-EX
5	موزّع الوقود (ISO 14687 الدرجة D)	الماء	≥ 5 ميكرومول/مول (≈ 65 °C− نقطة صقيع عند 1 atm)	DPT990-EX, DPT-600 Plus-EX
6	موزّع الوقود (ISO 14687 الدرجة D)	الأكسجين	≥ 5 ميكرومول/مول	PGA500-EX
7	موزّع الوقود (ISO 14687 الدرجة D)	ثاني أكسيد الكربون	≥ 2 ميكرومول/مول	نظام متكامل: آثار CO_2 بالكروماتوغرافيا الغازية أو مطيافية الليزر
8	موزّع الوقود (ISO 14687 الدرجة D)	شوائب أخرى ومؤشر الهيدروجين	CO ≤ 0.2؛ الكبريت الكلي ≥ 0.004؛ الفورمالديهايد ≥ 0.2؛ NH_3 ≤ 0.1 ميكرومول/مول؛ مؤشر الهيدروجين ≥ 99.97 %	نظام متكامل: كروماتوغرافيا غازية بعدة كواشف، أو مطيافية الحلقة التجويفية أو FTIR

قيم نموذجية من معايير ولوائح وأدبيات فنية منشورة. تبقى مواصفة العقد أو المرخِّص أو المصنع هي المرجع دائماً. توفر YORK الأنظمة المتكاملة عبر مصنع التكامل الشريك.

أهم المراجع

1. Hydrogen Fuel Regulations (Sec. 4181) — California Department of Food & Agriculture
2. MetroHyVe / HYDRAITE report on ISO/TC 197 hydrogen quality — SINTEF
3. Spatolisano & Pellegrini, A technical analysis of the H_2 purification trains downstream of alkaline electrolyzers, Energies (2025) — Politecnico di Milano