

Agilent GC/MS

Hydrogen Safety



Notices

© Agilent Technologies, Inc. 2022

No part of this manual may be reproduced in any form or by any means (including electronic storage and retrieval or translation into a foreign language) without prior agreement and written consent from Agilent Technologies, Inc. as governed by United States and international copyright laws.

Manual Part Number

G7006-90053

Edition

First edition, July 2022

Printed in USA

Agilent Technologies, Inc.
5301 Stevens Creek Boulevard
Santa Clara, CA 95052

Safety Notices

CAUTION

A **CAUTION** notice denotes a hazard. It calls attention to an operating procedure, practice, or the like that, if not correctly performed or adhered to, could result in damage to the product or loss of important data. Do not proceed beyond a **CAUTION** notice until the indicated conditions are fully understood and met.

WARNING

A **WARNING** notice denotes a hazard. It calls attention to an operating procedure, practice, or the like that, if not correctly performed or adhered to, could result in personal injury or death. Do not proceed beyond a **WARNING** notice until the indicated conditions are fully understood and met.

Contents

1	Hydrogen Safety	4
2	水素使用時の注意事項	11
3	氢气安全	18
4	Précautions relatives à l'hydrogène	24
5	Sicurezza dell'idrogeno	32
6	Wasserstoff-Sicherheit.....	41
7	Medidas de seguridad para el hidrógeno.....	50
8	Меры предосторожности при работе с водородом.....	58
9	Segurança no Uso de Hidrogênio.....	67
10	수소 안전.....	75

Hydrogen Safety

WARNING

The use of hydrogen as a GC carrier gas, detector fuel gas, or in the optional JetClean system, is potentially dangerous.

WARNING

When using hydrogen (H₂) as the carrier gas or fuel gas, be aware that hydrogen gas can flow into the GC oven and create an explosion hazard. Therefore, be sure that the supply is turned off until all connections are made and ensure that the inlet and detector column fittings are either connected to a column or capped at all times when hydrogen gas is supplied to the instrument.

Hydrogen is flammable. Leaks, when confined in an enclosed space, may create a fire or explosion hazard. In any application using hydrogen, leak test all connections, lines, and valves before operating the instrument. Always turn off the hydrogen supply at its source before working on the instrument.

Hydrogen is a commonly used GC carrier gas, detector fuel gas, and reactive cleaning gas for the optional JetClean system. Hydrogen is potentially explosive and has other dangerous characteristics.

- Hydrogen is combustible over a wide range of concentrations. At atmospheric pressure, hydrogen is combustible at concentrations from 4% to 74.2% by volume.
- Hydrogen has the highest burning velocity of any gas.
- Hydrogen has a very low ignition energy.
- Hydrogen that is allowed to expand rapidly from high pressure can self-ignite.
- Hydrogen burns with a nonluminous flame which can be invisible under bright light.

GC precautions

When using hydrogen as a carrier gas, remove the large round plastic cover for the GC/MS interface located on the GC left side panel. In the unlikely event of an explosion, this cover may dislodge.

Dangers unique to GC/MS operation

Hydrogen presents a number of dangers. Some are general, others are unique to GC or GC/MS operation. Dangers include, but are not limited to:

- Combustion of leaking hydrogen.
- Combustion due to rapid expansion of hydrogen from a high-pressure cylinder.
- Accumulation of hydrogen in the GC oven and subsequent combustion. (See your GC documentation and the label on the top edge of the GC oven door.)
- Accumulation of hydrogen in the MS and subsequent combustion.

Hydrogen accumulation in an MS

WARNING

The MS cannot detect leaks in inlet and/or detector gas streams. For this reason, it is vital that column fittings should always be either connected to a column or have a cap or plug installed.

WARNING

The MS cannot detect leaks in the valves for the optional JetClean system. It is possible that hydrogen can leak into the MS from this cleaning system. Always turn off the JetClean system and close the manual hydrogen shutoff valve to the JetClean mass flow controller (MFC) and ensure good vacuum before venting the MS.

All users should be aware of the mechanisms by which hydrogen can accumulate ([Table 1](#) on page 6) and know what precautions to take if they know or suspect that hydrogen has accumulated. Note that these mechanisms apply to *all* mass spectrometers.

Table 1 Hydrogen accumulation mechanisms

Mechanism	Results
Mass spectrometer turned off	A mass spectrometer can be shut down deliberately. It can also be shut down accidentally by an internal or external failure. A mass spectrometer shutdown does not shut off the flow of carrier gas. As a result, hydrogen may slowly accumulate in the mass spectrometer.
Mass spectrometer automated isolation valves closed	Some mass spectrometers are equipped with automated diffusion pump isolation valves, automated shutoff valves for the calibration vial, optional JetClean system, and the reagent gases. In these instruments, deliberate operator action or various failures can cause the isolation valves to close. Isolation valve closure does not shut off the flow of carrier gas. As a result, hydrogen may slowly accumulate in the mass spectrometer.
Mass spectrometer manual isolation valves closed	Some mass spectrometers are equipped with manual diffusion pump isolation valves. In these instruments, the operator can close the isolation valves. Closing the isolation valves does not shut off the flow of carrier gas. As a result, hydrogen may slowly accumulate in the mass spectrometer.
GC off	A GC can be shut down deliberately. It can also be shut down accidentally by an internal or external failure. Different GCs react in different ways. If an 8890, 9000, or 7890 GC equipped with Electronic Pressure Control (EPC) is shut off, the EPC stops the flow of carrier gas. If the carrier flow is not under EPC control, the flow increases to its maximum. This flow may be more than some mass spectrometers can pump away, resulting in the accumulation of hydrogen in the mass spectrometer. If the mass spectrometer is shut off at the same time, the accumulation can be fairly rapid.
Power failure	If the power fails, both the GC and mass spectrometer shut down. The carrier gas, however, is not necessarily shut down. As described previously, in some GCs a power failure may cause the carrier gas flow to be set to maximum. As a result, hydrogen may accumulate in the mass spectrometer.

WARNING

Once hydrogen has accumulated in a mass spectrometer, extreme caution must be used when removing it. Incorrect startup of a mass spectrometer filled with hydrogen can cause an explosion.

WARNING

After a power failure, the mass spectrometer may start up and begin the pumpdown process by itself. This does not guarantee that all hydrogen has been removed from the system or that the explosion hazard has been removed.

Precautions

Take the following precautions when operating a GC/MS system with hydrogen carrier gas, or when operating the MS with the JetClean option that supplies hydrogen to the MS from a MFC located on the analyzer.

Equipment precautions

WARNING

You **MUST** remove the plastic cover over the glass window on the front of an MS. In the unlikely event of an explosion, this cover may dislodge.

WARNING

You **MUST** make sure the front side-plate thumbscrew is fastened finger-tight. On a triple quad the top thumbscrew on the rear analyzer side plate must also be fastened finger-tight. Do not over-tighten the thumbscrew; it can cause air leaks.

WARNING

Failure to secure your MS as described above greatly increases the chance of personal injury in the event of an explosion.

WARNING

On a Triple Quad MS you **MUST** leave the collision cell chamber top plate shipping brackets fastened. Do not remove the shipping brackets from the top plate for normal operation; they secure the top plate in the event of an explosion.

WARNING

If hydrogen is plumbed to any connection on the GC or MS:

- The hydrogen supply to the system entry connection(s), such as from the hydrogen gas cylinder, hydrogen generator or other hydrogen supply, must be shut off when the system is powered off/vented.
- During the venting process it is important to open the manual vent valve.
- Before pumping the MS system down: Open the analyzer/sideplate door(s) 45 degrees or more for 10 minutes before powering the MS system on to begin the pump down process. This action is intended to prevent accumulation of hydrogen within the MS analyzer before MS power on in the event of a hydrogen leak.

WARNING

MS Gas Flow:

Never exceed 50 mL/min of total H₂/methane flow to the MS, including column and/or reagent gas.

WARNING

Foreline Pumps:

- Use only Agilent approved pumps.
- Agilent IDP pumps must be purchased through Agilent with GC/MS part numbers (i.e., part number begins with "G") reflecting their compatible use with Agilent GC/MS systems. Pumps ordered directly through Agilent Vacuum division or another provider may not have the correct gas ballast installed.
- Agilent IDP pumps must be fitted with the supplied inlet valve that will close in a power outage.
- Pfeiffer Duo and MVP pumps should be operated with gas ballast closed with Agilent GC/MS systems.
- Edwards RV5 pumps should be operated with gas ballast closed with Agilent GC/MS systems.

WARNING

GC configuration:

- Ensure hydrogen is configured in the firmware for all gas channels using hydrogen. An EPC that is not configured for hydrogen when hydrogen is used could affect the hydrogen safety portion of the GC.
- Ensure all column connection(s) are configured correctly on the GC firmware, especially for any connection(s) to the MS system.
- When available, ensure LVDS cable is connected to GC. This tells the GC to shut off carrier gas if the MS has a pump failure or is powered off.

General laboratory precautions

- Avoid leaks in the carrier gas lines, fuel gas, and in the optional JetClean system lines. Use leak-checking equipment to periodically check for hydrogen leaks.
- Eliminate from your laboratory as many ignition sources as possible (open flames, devices that can spark, sources of static electricity, etc.).
- Do not allow hydrogen from a high pressure cylinder to vent directly to atmosphere (danger of self-ignition).
- Use a hydrogen generator instead of bottled hydrogen.

Operating precautions

- Turn off the hydrogen at its source every time you shut down the GC or MS.
- Turn off the hydrogen at its source every time you vent the MS (do not heat the capillary column without carrier gas flow).
- Do not use hydrogen as a collision cell gas on a Triple Quad.
- Turn off the hydrogen at its source every time shutoff valves in an MS are closed (do not heat the capillary column without carrier gas flow).
- Turn off the hydrogen at its source if a power failure occurs.
- If a power failure occurs while the GC/MS system is unattended, even if the system has restarted by itself:
 - 1 Immediately turn off the hydrogen at its source.
 - 2 Turn off the GC.
 - 3 Turn off the MS and allow it to cool for 1 hour.

- 4 Eliminate *all* potential sources of ignition in the room.
- 5 Open the vacuum manifold of the MS to atmosphere.
- 6 Wait at least 10 minutes to allow any hydrogen to dissipate.
- 7 Start up the GC and MS as normal.

When using hydrogen gas, check the system for leaks to prevent possible fire and explosion hazards based on local Environmental Health and Safety (EHS) requirements. Always check for leaks after changing a tank or servicing the gas lines. Always make sure the foreline pump exhaust and GC injection port vents are both vented into a fume hood.

水素使用時の注意事項

警告

水素を GC キャリアガスや検出器燃料ガスとして、またはオプションの JetClean システムで使用すると、危険な場合があります。

警告

キャリアガスあるいは燃料ガスに水素 (H_2) を使用する場合、水素ガスが GC オープンに流入して爆発する危険があることに注意してください。したがって、すべての接続が完了するまで供給をオフにしてください。また水素ガスが機器に供給されているときには、常に GC 注入口と検出器のカラムフィッティングがカラムに接続されているか、またはカラムフィッティングにキャップがかぶせられていることを確認してください。

水素は引火性の高い気体です。漏れた水素が密閉空間にとどまると、引火や爆発の危険があります。水素を使用する場合、機器を稼働させる前にすべての接続、配管、およびバルブのリークテストを実施してください。機器の作業は、必ず水素供給を元栓で止めてから実施します。

水素は、GC キャリアガスや検出器燃料ガス、またオプションの JetClean システムの反応性の洗浄ガスとして一般的に使用されます。水素は爆発の可能性があり、その他にも危険な特性を持っています。

- 水素は幅広い濃度で可燃性を示します。大気圧下では、体積中に 4% から 74.2% の濃度で可燃性を示します。
- 水素はガスの中で最も早い燃焼速度を持っています。
- 水素は非常に小さいエネルギーで発火します。
- 高圧によって急速に膨張する水素は、自然発火することがあります。
- 水素は、燃焼する際に炎が発光しないため、明るい光のもとでは炎が見えません。

GC に関する注意事項

水素をキャリアガスとして使用する場合、GC 左側パネルにある GC/MS インターフェイスの大きな円形のプラスチック製カバーを取り外します。万一爆発が起こった場合、このカバーが外れる可能性があります。

GC/MS 操作に特有な危険性

水素を使用する場合は、危険性が伴います。危険性には、一般的なものと、GC または GC/MS の操作に特有のものがあります。次のような危険性がありますが、これがすべてではありません。

- 水素漏れによる燃焼。
- 高圧シリンダからの水素の急速な膨張による燃焼。
- GC オープン内の水素の蓄積とその結果起こる燃焼 (GC マニュアルおよび GC オープンのドア上部にあるラベルを参照)。
- MS 内の水素の蓄積とその結果起こる燃焼。

MS 内の水素の蓄積

警告

MS は、注入口の漏れや検出器のガスの流れを検出できません。したがって、カラムフィッティングが常にカラムに取り付けられていること、またはキャップや栓が閉まっていることが非常に重要です。

警告

MS は、オプションで付いている JetClean システムのバルブの漏れを検出できません。この洗浄システムから MS 内に水素が漏れる可能性があります。MS のベントを行う前は必ず JetClean システムをオフにし、JetClean マスフローコントローラ (MFC) 用水素シャットオフバルブを手動で閉じて良好な真空状態を確保ください。

すべてのユーザーは、水素が蓄積するメカニズム (13 ページの表 2) に注意を払い、水素が蓄積したと疑われる場合取るべき措置を知っておく必要があります。これらのメカニズムは、すべての質量分析計に適用されることに注意してください。

表2 水素蓄積メカニズム

メカニズム	結果
質量分析計がオフ	質量分析計は意図的に停止できます。内部または外部の障害によって偶発的に停止することもあります。質量分析計が停止しても、キャリアガスの流入が止まることはありません。このため、水素は質量分析計に徐々に蓄積する可能性があります。GCとMSの間のAPGリモートケーブルが接続されている場合、MSがシャットダウンすると、キャリアガスは自動的に停止します。
質量分析計のアイソレーションバルブの自動閉鎖	質量分析計の中には、ディフュージョンポンプの自動アイソレーションバルブや、キャリアレーションバイアル、オプションのJetCleanシステム、試薬ガスの自動シャットオフバルブを備えているものがあります。これらの機器では、オペレータの操作やさまざまな障害によりアイソレーションバルブが閉じる場合があります。アイソレーションバルブが閉じていても、キャリアガスの流入が止まることはありません。このため、水素は質量分析計に徐々に蓄積する可能性があります。
質量分析計のアイソレーションバルブの手動閉鎖	質量分析計の中にはディフュージョンポンプの手動アイソレーションバルブを備えているものがあります。これらの機器では、オペレータがアイソレーションバルブを閉じることができます。アイソレーションバルブを閉じていても、キャリアガスの流入が止まることはありません。このため、水素は質量分析計に徐々に蓄積する可能性があります。
GC オフ	GCは意図的に停止できます。内部または外部の障害によって偶発的に停止することもあります。GCが異なると違った反応を示します。EPCを備えた8890、9000、または7890 GCが停止すると、EPCがキャリアガスの流入を止めます。キャリアガスの流入がEPCによって制御され??場合、流量は最大値まで増大します。その流量が、複数の質量分析計が排出可能な量を超える流量であると、質量分析計内に水素が蓄積してしまいます。同時に質量分析計が停止した場合は、急速に蓄積されます。
電源障害	電源に障害が発生すると、GCおよび質量分析計は停止します。しかし、キャリアガスは必ずしも停止しません。前に説明したように、一部のGCでは、電源障害が発生するとキャリアガスの流量は最大になります。このため、水素が質量分析計内に蓄積する可能性があります。

警告

質量分析計に水素が蓄積してしまうと、水素を除去するときに非常に注意深い対応が必要となります。水素が充満した質量分析計を正しく開始しないと爆発の原因となる場合があります。

警告

電源障害から回復した後、質量分析計が起動して自動的に真空排気処理を開始する場合があります。しかし、このことは水素がシステムからすべて除去されたことや、爆発の危険が去ったことを保証するものではありません。

注意事項

水素キャリアガスで GC/MS システムを運転する場合や、アナライザにある MFC から MS に水素を供給する JetClean オプションと共に MS を運転する場合、以下の注意事項を守ってください。

機器に関する警告

警告

MS 前面のガラス窓からプラスチックのカバーを取り除く必要があります。万一爆発が起こった場合、このカバーが外れる可能性があります。

警告

サイドプレートの前側のつまみねじを指で確実に締めてください。トリプル四重極のリアアナライザのサイドプレートにある上側のつまみねじも手締めしてください。つまみねじを強く締めすぎないでください。空気漏れの原因となることがあります。

警告

MS の安全を上記の説明のように確保しないと、爆発によって人体に被害を与える危険性が増大します。

警告

トリプル四重極 MS で、コリジョンセル内のトッププレートの SHIPPING ブラケットは締めたままにしておきます。通常動作では、付属のブラケットをトッププレートから取り外してはいけません。ブラケットは、万一爆発が起きた場合にトッププレートを保護します。

警告

水素が GC または MS の接続に配管されている場合：

- ・ システムの電源がオフになっているときやシステムのベント時は、水素ガスボンベや水素発生機器、またはその他の水素供給からのシステムの入口接続部への水素の供給を停止する必要があります。
- ・ ベントプロセス中は、マニュアルベントバルブを開くことが重要です。
- ・ MS システムを真空排気する前に：MS システムの電源をオンにして真空排気プロセスを開始する前に、アナライザ / サイドプレート のドアを 45° 以上の角度で 10 分間開いてください。この操作は、水素漏れが発生した場合に、MS の電源をオンにする前に MS アナライザ内に水素が蓄積するのを防ぐために行います。

警告

MS ガス流量：

カラムや試薬ガスを含めて、MS への H₂/ メタンの合計流量が 50 mL/min を超えてはなりません。

警告

フォアラインポンプ：

- ・ Agilent が認可したポンプのみを使用してください。
- ・ Agilent IDP ポンプは、Agilent から Agilent の GC/MS 部品番号（「G」で始まる部品番号）で購入してください。これは、Agilent GC/MS システムとの互換性のある使用法を反映しています。Agilent Vacuum 部門や別のプロバイダーから直接注文したポンプには、適切なガスバラストが取り付けられていない場合があります。
- ・ Agilent IDP ポンプには、付属のインレットバルブを取り付けてください。このバルブは停電時に閉じます。
- ・ Pfeiffer Duo および MVP ポンプは、Agilent GC/MS システムとの使用時はガスバラストを閉じた状態で操作してください。
- ・ Edwards RV5 ポンプは、Agilent GC/MS システムとの使用時はガスバラストを閉じた状態で操作してください。

警告

GC コンフィグレーション：

- 水素を使用するすべてのガスチャンネルのファームウェアで、水素がコンフィグレーションされていることを確認してください。水素の使用時に EPC が水素に対してコンフィグレーションされていないと、GC の水素使用時の安全性に影響する可能性があります。
- すべてのカラム接続、特に MS システムへの接続が正しくコンフィグレーションされていることを GC ファームウェアで確認してください。
- 利用できる場合は、LVDS ケーブルが GC に接続されていることを確認してください。これにより、MS のポンプが故障した場合や電源がオフになった場合に、GC がキャリアガスを停止します。

設置場所での一般的な注意事項

- キャリアガス、燃料ガス、およびオプションの JetClean システムライン内の漏れを防いでください。リークディテクタを使用して定期的に水素漏れが発生していないか確認してください。
- 設置場所から発火源（直火、火花を出す機器、静電気の発生源など）をできるだけ取り除いてください。
- 高圧ボンベから水素を直接大気に排気しないでください（自然発火の危険あり）。
- 高圧ボンベの水素を使用せず、水素発生機器を使用してください。

操作上の注意事項

- GC または MS のどちらかをシャットダウンするときは、必ず水素またはその他のガス供給をオフにしてください。ガス供給源でガス供給をオフにする必要があります。
- GC または MS を停止するときは、必ず水素の元栓を閉めてください。
- MS の大気開放を行うときは、必ず水素の元栓を閉めてください（キャリアガスを流さずにキャピラリカラムを熱しないでください）。
- トリプル四重極では、水素をコリジョンセルガスとして使用しないでください。
- MS のシャットオフバルブを締めるときは、必ず水素の元栓を締めてください（キャリアガスを流さずにキャピラリカラムを熱しないでください）。
- 電源障害が発生した場合、水素の元栓を閉めてください。
- GC/MS システムが無人運転されている間に電源異常が発生した場合は、システムが自動再開している間、以下の処置をしてください。
 - 1 すぐに水素の元栓を閉めます。
 - 2 GC をオフにします。
 - 3 MS をオフにし、1 時間そのままにして冷却します。
 - 4 室内にある発火源を ??? 取り除きます。
 - 5 MS の真空マニフォールドを大気に向けて開きます。
 - 6 水素が拡散するまで少なくとも 10 分間待ちます。
 - 7 GC および MS を正常な状態として開始します。

水素ガスを使用するときには、漏れがないかシステムをチェックして、地域の環境衛生（EHS）要件に基づいて火災および爆発の危険を回避してください。常に漏れを確認してからタンクの変更やガスラインのメンテナンスをしてください。フォアラインポンプの排気と GC 注入口のベントがともに換気ドラフトに取り付けられていることを常に確認します。

氢气安全

警告

使用氢气作为 GC 载气、检测器燃气，或在可选智氢洁离子源系统中使用氢气，都存在潜在危险。

警告

使用氢气 (H₂) 作为载气或燃料气时，应了解氢气可能会流入 GC 柱箱，并具有爆炸的危险。因此，应确保在所有连接均设置好之后再打开供气阀门，还应确保向仪器输送氢气时，进样口和检测器的色谱柱接头始终与一个色谱柱相连，或始终配有封盖。

氢气是易燃气体。如果泄漏的氢气被限制在一个封闭的空间内，可能会有燃烧或爆炸的危险。任何情况下用到氢气时，都应在操作仪器前检查所有连接、管线和阀门是否有泄漏现象。维护仪器前务必始终关闭氢气的供气阀门。

氢气是常用的 GC 载气、检测器燃气和可选的智氢洁离子源系统的反应清洁气。氢气有潜在的爆炸危险，并具有其他的危险特性。

- 氢气在很大的浓度范围内都是易燃的。在大气压力下，氢气的体积浓度在 4% 到 74.2% 之间时是易燃的。
- 氢气的燃烧速度是所有气体中最高的。
- 氢气的点火能非常低。
- 氢气在脱离高压作用迅速膨胀时可以自燃。
- 亮光下不可见的非明火会引燃氢气。

GC 注意事项

使用氢气作为载气时，请取下 GC 左侧面板上的 GC/MS 接口的圆形塑料大外壳。万一发生爆炸，此外壳会脱落。

操作 GC/MS 时的特有危险

使用氢气存在多种危险。有些危险是一般性的，而另外一些则是操作 GC 或 GC/MS 时所特有的。这些危险包括但不限于：

- 泄漏的氢气燃烧。
- 高压汽缸中的氢气迅速膨胀时燃烧。
- GC 柱箱中积聚了氢气并由此燃烧（请参阅 GC 文档和 GC 柱箱盖的顶部边缘上的标签）。
- MS 中积聚了氢气并由此燃烧。

MS 中积聚了氢气

警告

MS 无法检测进样口和 / 或检测器气流管道是否漏气。鉴于此原因，色谱柱接头务必与色谱柱相连，或安装有盖子或塞子，这一点是至关重要的。

警告

MS 无法检测到可选的智氢洁离子源系统中的阀泄漏情况。氢气可能从此清洁系统泄漏到 MS 中。在放空 MS 之前应务必关闭智氢洁离子源系统，并关闭通往智氢洁离子源质量流量控制器 (MFC) 的手动氢气关闭阀，并确保良好的真空环境。

所有用户都应知道造成氢气积聚的各种途径（表 3（第 20 页）），并应知道在确信或怀疑有氢气积聚时采取何种预防措施。请注意，这些途径适用于所有质谱仪。

表 3 氢气积聚途径

途径	结果
质谱仪关闭	可以是有意关闭质谱仪。也可能因内部或外部故障造成意外关闭。质谱仪关闭时并不会切断载气流速。因此，质谱仪中会逐渐积聚氢气。如果 MS 和 GC 之间的 LVDS 电缆正确连接，载气应在 MS 关闭时自动关闭。
质谱仪自动隔离阀关闭	有一些质谱仪配备自动扩散泵隔离阀和自动关闭阀，用于校准样品瓶、可选智氢洁离子源系统以及反应气。在这些仪器中，操作人员的故意操作或各种故障都会导致隔离阀关闭。隔离阀关闭时并不会切断载气流。因此，质谱仪中会逐渐积聚氢气。
质谱仪的手动隔离阀关闭	有些质谱仪配有手动的扩散泵隔离阀。在这些仪器中，操作人员可以关闭隔离阀。关闭隔离阀并不会切断载气流。因此，质谱仪中会逐渐积聚氢气。
GC 关闭	可以是有意关闭 GC。也可能因内部或外部故障造成意外关闭。不同的 GC 反应的方式也不同。如果关闭配有电子压力控制 (EPC) 的 8890、9000 或 7890 GC，则 EPC 会将载气停止。如果载气流速不受 EPC 控制，则载气流速会增加到其最大值。有些质谱仪无法抽走所有载气流速，从而导致质谱仪中积聚氢气。如果同时关闭质谱仪，则积聚速度会非常快。
电源故障	如果电源出现故障，则 GC 和质谱仪会同时关闭。但载气流不一定会切断。如上所述，在有些 GC 中，电源故障可能导致载气流达到最大值。因此，质谱仪中会积聚氢气。

警告

一旦质谱仪中积聚了氢气，排除时必须格外小心。错误启动充满氢气的质谱仪可能会引起爆炸。

警告

电源出现故障后，质谱仪可以自行启动并开始执行抽真空操作。但这并不保证会排除系统中的所有氢气，也不保证不再有爆炸的危险。

预防措施

在操作带有氢气载气的 GC/MS 系统或操作带有智氢洁离子源选件（可从位于分析器上的 MFC 向 MS 提供氢气）的 MS 时，请采取以下预防措施。

设备注意事项

警告

必须取下 MS 前端玻璃窗上的塑料外壳。万一发生爆炸，此外壳会脱落。

警告

确保用手指拧紧前部侧板上的指旋螺钉。在三重四极杆上，后分析器侧板上的顶部指旋螺钉也必须用手指拧紧。请勿过度拧紧指旋螺钉；可能会引起漏气。

警告

如果未按上述说明确保所用 MS 的安全，则发生爆炸造成人身伤害的可能性会激增。

警告

在三重四极杆 MS 上，请务必确保碰撞池室顶部板运输支架被拧紧。在正常操作时，请勿从顶板上卸下装运支架；如果发生爆炸，这些支架可保护顶板安全。

警告

如果氢气通过管道连接到 GC 或 MS 上的任何连接：

- 当系统关闭 / 放空时，必须切断系统入口连接的氢气供应，例如来自氢气钢瓶、氢气发生器或其他氢气供应装置。
- 在放空过程中，请务必打开手动放空阀。
- 对 MS 系统进行抽真空前：将分析仪 / 侧板门打开 45 度或以上，维持 10 分钟，然后打开 MS 系统电源，开始抽真空过程。该操作可防止在发生氢气泄漏时，在 MS 打开前，MS 分析仪内积聚氢气。

警告

MS 载气流量：

流向 MS 的 H₂/ 甲烷总流量切勿超过 50 mL/min，包括色谱柱和 / 或反应气。

警告

前级泵：

- 仅使用经过 Agilent 批准的泵。
- Agilent IDP 泵必须通过 Agilent 购买，而 GC/MS 部件号（即，以“G”开始的部件号）反映了其是否可与 Agilent GC/MS 系统兼容使用。直接从 Agilent 真空部门或其他供应商订购的泵可能未安装正确的气镇装置。
- Agilent IDP 泵必须装有所提供的入口阀，该阀会在停电时关闭。
- 将 Pfeiffer Duo 和 MVP 泵与 Agilent GC/MS 系统搭配使用时，气镇装置应该关闭。
- Edwards RV5 泵与 Agilent GC/MS 系统搭配使用时，气镇装置应该关闭。

警告

GC 配置：

- 确保在固件中为所有使用氢气的气体通道配置了氢气。如果 EPC 未配置氢气，则使用氢气时，可能会影响 GC 的氢气安全部分。
- 确保在 GC 固件中正确配置了所有色谱柱连接，尤其是与 MS 系统的连接。
- 如果可用，请确保将 LVDS 线缆连接到 GC。如果 MS 存在泵故障或已经关闭，信号将命令 GC 切断载气。

常规实验室预防措施

- 避免载气管、燃气以及可选智氢洁离子源系统管路漏气。使用泄漏检查设备定期检查是否有氢气泄漏现象。
- 尽量清除实验室中的所有点火源（明火、可产生火花的设备及静电等）。
- 切勿让高压气体钢瓶中的氢气直接排入大气中（会有自燃的危险）。
- 使用氢气发生器，而不要使用瓶装氢气。

操作预防措施

- 每次关闭 GC 或 MS 时，都要关闭氢气和任何其他气体供应。供气的气体供应源应关闭。
- 每次关闭 GC 或 MS 时都要关闭氢气流。
- 每次放空 MS 时都要关闭氢气流（没有载气流速时，请勿加热毛细管色谱柱）。
- 在三重四极杆上，请勿将氢气作为碰撞池气体。
- 每次关闭 MS 中的关闭阀时都要关闭氢气流（没有载气流速时，请勿加热毛细管柱）。
- 电源出现故障时，关闭氢气流。
- 如果在 GC/MS 系统无人值守的情况下，电源出现故障，则即使系统自己重新启动了，仍要执行以下操作：
 - 1 立即关闭氢气流。
 - 2 关闭 GC。
 - 3 关闭 MS 并让其冷却 1 个小时。
 - 4 清除室内所有潜在点火源。
 - 5 打开 MS 真空歧管系统使其暴露在外。
 - 6 至少等待 10 分钟以散去所有氢气。
 - 7 正常启动 GC 和 MS。

使用氢气时请参照您当地的环境健康与安全 (EHS) 标准对系统进行检查，判断是否有漏气现象，以避免出现燃烧或爆炸的危险。更换储气罐或对供气管线进行维护后务必检查是否存在泄漏现象。务必确保将前级泵废气和 GC 进样口排放到通风橱。

Précautions relatives à l'hydrogène

AVERTISSEMENT

L'utilisation d'hydrogène en tant que gaz vecteur ou gaz de détecteur dans le GC, ou bien dans le système JetClean en option, présente un danger potentiel.

AVERTISSEMENT

Lors de l'utilisation d'hydrogène (H_2) comme gaz vecteur ou combustible, il faut être conscient qu'il existe un risque d'explosion en cas de fuite dans le four du GC. Lorsque l'instrument est alimenté en hydrogène, il faut donc maintenir l'alimentation fermée jusqu'à ce que toutes les connexions aient été effectuées et s'assurer que les raccords de colonne côtés injecteur et détecteur sont soit reliés à une colonne, soit obturés.

L'hydrogène est hautement inflammable. Toute fuite d'hydrogène confinée dans un espace fermé peut entraîner des risques d'incendie ou d'explosion. À chaque utilisation d'hydrogène, vérifier l'étanchéité des connexions, des lignes et des vannes avant de se servir de l'instrument. Avant toute intervention sur l'instrument, coupez toujours l'alimentation en hydrogène à la source.

L'hydrogène est couramment utilisé en tant que gaz vecteur et gaz de détecteur dans le système GC, et gaz de nettoyage réactif dans le système JetClean en option. Il présente un risque d'explosion et possède d'autres caractéristiques dangereuses.

- L'hydrogène est combustible sur une large plage de concentrations. À la pression atmosphérique, il est combustible à des concentrations volumiques comprises entre 4 et 74,2 %.
- De tous les gaz, l'hydrogène est celui qui présente la plus grande vitesse de combustion.
- L'hydrogène possède une très faible énergie d'inflammation.
- En cas de détente brutale, l'hydrogène peut s'enflammer spontanément.
- La flamme de l'hydrogène est peu lumineuse et peut passer inaperçue sous un bon éclairage ambiant.

Précautions d'utilisation du GC

Lorsque le gaz vecteur utilisé est l'hydrogène, enlever le grand couvercle en plastique de l'interface GC/MS situé sur le panneau gauche du GC. Dans l'éventualité peu probable d'une explosion, ce couvercle risquerait de se déplacer.

Risques spécifiques au fonctionnement du système GC/MS

L'hydrogène présente un certain nombre de dangers. Certains sont d'ordre général, tandis que d'autres sont propres au fonctionnement du système GC ou GC/MS. Voici une liste non exhaustive des risques potentiels :

- Combustion de l'hydrogène qui s'échapperait à la suite d'une fuite ;
- Combustion consécutive à une détente rapide de l'hydrogène qui s'échapperait d'une bouteille à haute pression ;
- Combustion de l'hydrogène qui se serait accumulé dans le four du GC (consulter la documentation du GC et l'étiquette apposée sur le bord supérieur de la porte du four du GC) ;
- Combustion de l'hydrogène qui se serait accumulé dans le MS.

Accumulation d'hydrogène dans un MS

AVERTISSEMENT

Le MS ne peut pas détecter les fuites qui pourraient se produire au niveau de l'injecteur ni du détecteur. C'est la raison pour laquelle il est crucial de connecter une colonne sur les raccords de colonne ou bien d'obturer ces derniers.

AVERTISSEMENT

Le MS ne peut pas détecter les fuites qui pourraient se produire au niveau des vannes du système JetClean en option. Il existe un risque de fuite de l'hydrogène vers le MS depuis ce système de nettoyage. Toujours mettre le système JetClean hors tension et fermer la vanne d'arrêt manuelle vers le débitmètre massique (MFC) JetClean et s'assurer que le vide se fait avant de mettre le MS à pression atmosphérique.

Tous les utilisateurs doivent connaître les circonstances conduisant à l'accumulation de l'hydrogène (voir le **Tableau 4** à la page 26) ainsi que les précautions à prendre en cas de suspicion ou de découverte d'une telle accumulation. Il est à noter que tous ces mécanismes s'appliquent à *tous* les spectromètres de masse.

Tableau 4 Circonstances permettant l'accumulation de l'hydrogène

Circonstances	Résultats
Arrêt du spectromètre de masse	Il est possible d'arrêter volontairement un spectromètre de masse. Celui-ci peut aussi s'arrêter fortuitement en raison d'une panne interne ou externe. L'arrêt du spectromètre de masse n'interrompt pas le flux de gaz vecteur. En conséquence, de l'hydrogène peut s'accumuler lentement dans le spectromètre de masse. Si le câble LVDS est correctement raccordé entre le MS et le GC, le gaz vecteur doit automatiquement se couper lors de l'arrêt du MS.
Fermeture des vannes d'isolement automatisées du spectromètre de masse	Certains spectromètres de masse sont munis de vannes d'isolement de la pompe à diffusion automatisées, de vannes d'arrêt automatisées pour le flacon d'étalonnage, le système JetClean en option et les gaz réactifs. Dans ces instruments, une action volontaire ou des pannes diverses entraînent la fermeture des vannes d'isolement. La fermeture des vannes d'isolement n'interrompt pas le flux de gaz vecteur. En conséquence, de l'hydrogène peut s'accumuler lentement dans le spectromètre de masse.
Isolation manuelle du spectromètre de masse du spectromètre de masse	Certains spectromètres de masse sont équipés de vannes d'isolement manuelles des pompes à diffusion. L'opérateur peut fermer les vannes d'isolement de ces instruments. La fermeture des vannes d'isolement n'interrompt pas le flux de gaz vecteur. En conséquence, de l'hydrogène peut s'accumuler lentement dans le spectromètre de masse.
Arrêt du GC	Il est possible d'arrêter volontairement un GC. Celui-ci peut aussi s'arrêter fortuitement en raison d'une panne interne ou externe. La façon dont le GC réagit dépend du modèle. Si un système GC 8890, 9000 ou 7890 équipé d'un système de contrôle électronique de pression (EPC) est arrêté, l'EPC interrompt le flux de gaz vecteur. Si le flux du gaz vecteur nest pas asservi par l'EPC, le débit augmente jusqu'à atteindre son maximum. Ce débit peut dépasser la capacité d'évacuation du spectromètre de masse et entraîner l'accumulation d'hydrogène dans l'instrument. Si le spectromètre de masse est arrêté en même temps, l'accumulation peut être relativement rapide.

Tableau 4 Circonstances permettant l'accumulation de l'hydrogène (suite)

Circonstances	Résultats
Panne de secteur	En cas de panne de secteur, le GC et le spectromètre de masse s'arrêtent tous deux. Toutefois, l'alimentation en gaz vecteur n'est pas nécessairement coupée. Comme décrit précédemment, dans certains systèmes GC, une panne d'alimentation électrique peut entraîner l'augmentation du flux de gaz vecteur jusqu'à sa valeur maximale. En conséquence, de l'hydrogène peut s'accumuler dans le spectromètre de masse.

AVERTISSEMENT

Une fois que de l'hydrogène s'est accumulé dans le spectromètre de masse, il faut prendre d'extrêmes précautions pour l'éliminer. Une procédure erronée de démarrage d'un spectromètre de masse rempli d'hydrogène comporte un risque d'explosion.

AVERTISSEMENT

Après une panne secteur, un spectromètre de masse peut redémarrer et commencer la procédure d'évacuation de façon automatique. Cela ne garantit pas que tout l'hydrogène présent dans le système a été éliminé ni que tout risque d'explosion est écarté.

Précautions à prendre

Respecter les précautions suivantes lors de l'utilisation d'un système GC/MS avec l'hydrogène comme gaz vecteur, ou lors de l'utilisation du MS avec l'option JetClean qui alimente le MS avec de l'hydrogène depuis un MFC situé sur l'analyseur.

Précautions relatives à l'équipement

AVERTISSEMENT

Vous devez retirer le couvercle en plastique de la fenêtre en verre située à l'avant d'un MS. Dans l'éventualité peu probable d'une explosion, ce couvercle risquerait de se déplacer.

AVERTISSEMENT

Il est **IMPÉRATIF** de s'assurer que la vis moletée avant de la plaque latérale est serrée à la main. Sur un système triple quadripôle, la vis moletée en haut de la plaque latérale de la chambre arrière de l'analyseur doit également être serrée à la main. Ne pas trop serrer les vis moletées, cela pourrait entraîner des fuites d'air.

AVERTISSEMENT

Le non-respect des consignes de sécurité décrites ci-dessus augmente grandement le risque de blessures en cas d'explosion.

AVERTISSEMENT

Sur les systèmes MS à triple quadripôle, il faut **IMPÉRATIVEMENT** laisser les supports d'expédition de la plaque supérieure de la cellule de collision attachés. Ne pas retirer les supports d'expédition de la plaque supérieure pendant le fonctionnement normal ; ils sécurisent la plaque supérieure en cas d'explosion.

AVERTISSEMENT

Si l'hydrogène est raccordé à une connexion quelconque sur le GC ou le MS :

- L'alimentation en hydrogène de la ou des connections d'entrée du système, par exemple depuis la bouteille d'hydrogène, le générateur d'hydrogène ou toute autre source d'hydrogène, doit être coupée lorsque le système est coupé/mis à pression atmosphérique.
- Lors du processus de mise à pression atmosphérique, il est important d'ouvrir la vanne de mise à pression atmosphérique manuelle.
- Avant de pomper le système MS : ouvrir la ou les portes de l'analyseur/plaque latérale à 45 degrés ou plus pendant 10 minutes avant de mettre le système MS sous tension pour commencer le processus de mise sous vide. Cette action a pour but d'empêcher l'accumulation d'hydrogène dans l'analyseur du MS avant la mise sous tension du MS en cas de fuite d'hydrogène.

AVERTISSEMENT

Débit de gaz du MS :

Ne jamais dépasser 50 ml/min de débit total de H₂/méthane vers le MS, y compris la colonne et/ou le gaz réactif.

AVERTISSEMENT**Pompes primaires :**

- Utiliser uniquement des pompes approuvées par Agilent.
- Les pompes Agilent IDP doivent être achetées auprès d'Agilent avec des références de GC/MS (c'est-à-dire que la référence commence par « G ») reflétant leur utilisation compatible avec les systèmes Agilent GC/MS. Les pompes commandées directement auprès de la division Vacuum d'Agilent ou d'un autre fournisseur peuvent ne pas avoir la bonne injection d'air installée.
- Les pompes Agilent IDP doivent être équipées de la vanne d'entrée fournie qui se fermera en cas de coupure de courant.
- Les pompes Pfeiffer Duo et MVP doivent être utilisées avec une injection d'air fermée pour les systèmes Agilent GC/MS.
- Les pompes Edwards RV5 doivent être utilisées avec une injection d'air fermée pour les systèmes Agilent GC/MS.

AVERTISSEMENT**Configuration du GC :**

- S'assurer que l'hydrogène est configuré dans le firmware pour tous les canaux de gaz utilisant de l'hydrogène. Un EPC qui n'est pas configuré pour l'hydrogène lorsque de l'hydrogène est utilisé risquerait d'affecter la partie sécurité de l'hydrogène du GC.
- S'assurer que toutes les connexions de colonne sont correctement configurées dans le firmware du GC, notamment pour toute connexion au système MS.
- Le cas échéant, s'assurer que le câble LVDS est connecté au GC. Cela indique au GC de couper le gaz vecteur si le MS présente une panne de pompe ou est coupé.

Précautions générales relatives au laboratoire

- Veiller à éviter toute fuite au niveau des lignes de gaz vecteur, de gaz combustible, et au niveau des lignes du système JetClean en option. S'assurer périodiquement de l'absence de fuite d'hydrogène avec un détecteur de fuites.
- Éliminer le plus grand nombre possible de sources potentielles d'inflammation dans le laboratoire (flammes nues, appareils susceptibles de produire des étincelles, sources d'électricité statique, etc.).
- Ne jamais laisser l'hydrogène provenant d'une bouteille à haute pression s'échapper à l'air libre (risque d'inflammation spontanée).
- Préférer l'utilisation d'un générateur à celle d'une bouteille d'hydrogène.

Précautions d'exploitation

- Couper l'hydrogène ainsi que toute autre alimentation en gaz chaque fois que vous arrêtez le GC ou le MS. L'alimentation doit être coupée à la source de l'alimentation en gaz.
- Fermer l'alimentation en hydrogène à sa source chaque fois que le chromatographe en phase gazeuse ou le MS est arrêté.
- Fermer l'alimentation en hydrogène à sa source chaque fois que le MS est mis à la pression atmosphérique ; toutefois, veiller à ne pas chauffer la colonne capillaire sans flux de gaz vecteur.
- Ne pas utiliser l'hydrogène comme gaz de cellule de collision sur un système triple quadripôle.
- Fermer l'alimentation en hydrogène à sa source chaque fois que les vannes d'arrêt du MS sont fermées ; toutefois, veiller à ne pas chauffer la colonne capillaire sans flux de gaz vecteur.
- Fermer l'hydrogène à sa source en cas de panne secteur.
- Si une panne de l'alimentation électrique survient alors que le système GC/MS est laissé sans surveillance, et même s'il redémarre automatiquement, effectuer la procédure suivante :
 - 1 Couper immédiatement l'hydrogène à sa source.
 - 2 Mettre le chromatographe en phase gazeuse hors tension.
 - 3 Mettre le MS hors tension et le laisser refroidir pendant 1 heure.
 - 4 Éliminer *toutes* les sources potentielles d'inflammation présentes dans la pièce.
 - 5 Mettre le module d'extraction sous vide du MS à la pression atmosphérique.
 - 6 Patienter au moins 10 minutes pour que l'hydrogène se dissipe.
 - 7 Redémarrer le GC et le MS suivant la procédure normale.

Lors de l'utilisation d'hydrogène, contrôlez l'absence de fuite pour éviter le risque d'incendie ou d'explosion, conformément à la réglementation locale en matière d'hygiène, de sécurité et de protection de l'environnement. Après avoir remplacé une bouteille d'hydrogène ou travaillé sur les lignes d'alimentation, vérifier toujours que le système ne comporte pas de fuite. Toujours s'assurer que l'émission de la pompe primaire et les événements d'injecteur du chromatographe en phase gazeuse sont mis à pression atmosphérique dans une hotte aspirante.

Sicurezza dell'idrogeno

AVVERTENZA

L'uso di idrogeno come gas di trasporto GC, gas combustibile per rivelatore o nel sistema JetClean opzionale, è potenzialmente pericoloso.

AVVERTENZA

Quando si utilizza idrogeno (H_2) come gas di trasporto o come gas combustibile, tenere presente che il flusso di idrogeno può raggiungere il forno GC con conseguente pericolo di esplosione. Pertanto, assicurarsi che l'erogazione sia chiusa finché non sono state effettuate tutte le connessioni e che l'iniettore e i raccordi della colonna del rivelatore siano connessi a una colonna o tappati tutte le volte che l'idrogeno viene erogato allo strumento.

L'idrogeno è infiammabile. Eventuali fuoriuscite, se costrette in uno spazio chiuso, possono comportare rischi di incendio o di esplosione. In qualsiasi applicazione che utilizzi l'idrogeno, verificare l'assenza di fuoriuscite in ogni connessione, tubazione e valvola prima di mettere in funzione lo strumento. Disattivare sempre alla fonte l'erogazione di idrogeno prima di eseguire operazioni sullo strumento.

L'idrogeno è comunemente utilizzato come gas di trasporto GC, gas combustibile per rivelatore e gas reattivo di pulizia per il sistema JetClean opzionale. L'idrogeno è un gas potenzialmente esplosivo e che presenta altre caratteristiche di pericolosità.

- L'idrogeno è combustibile in un ampio intervallo di concentrazione. A pressione atmosferica, l'idrogeno è combustibile a concentrazioni che variano da 4% a 74,2% in volume.
- L'idrogeno ha una velocità di combustione superiore a qualsiasi altro gas.
- L'idrogeno è caratterizzato da un'energia di ignizione estremamente bassa.
- Se ha la possibilità di espandersi rapidamente da condizioni di alta pressione, l'idrogeno può dar luogo ad autoaccensione.
- L'idrogeno brucia con una fiamma non luminosa pressoché invisibile in luce diurna.

Precauzioni per l'utilizzo del sistema GC

Quando si utilizza idrogeno come gas di trasporto, rimuovere il grande coperchio circolare in materiale plastico dell'interfaccia GC/MS situato sul pannello laterale sinistro del sistema GC. Nell'improbabile eventualità di un'esplosione, il coperchio potrebbe saltare.

Pericoli specifici relativi al funzionamento dei sistemi GC/MS

L'idrogeno comporta un determinato numero di rischi. Alcuni sono generici, altri strettamente connessi al funzionamento GC o GC/MS. I pericoli comprendono, tra gli altri:

- Combustione di fuoriuscite di idrogeno.
- Combustione dovuta alla rapida espansione dell'idrogeno da una bombola ad alta pressione.
- Accumulo di idrogeno nel forno GC e successiva combustione (vedere la documentazione del sistema GC e l'etichetta sul bordo superiore dello sportello del forno GC).
- Accumulo di idrogeno nel sistema MS e successiva combustione.

Accumulo di idrogeno in un sistema MS

AVVERTENZA

Il sistema MS non è in grado di rilevare fughe di gas nei flussi gassosi dell'iniettore e/o del rivelatore. Per questo motivo, è di vitale importanza che i raccordi delle colonne siano sempre collegati a una colonna o dotati di un cappuccio o di un tappo.

AVVERTENZA

Il sistema MS non è in grado di rilevare fughe nelle valvole per il sistema JetClean opzionale. È possibile che si verifichino infiltrazioni di idrogeno nel sistema MS dal sistema di pulizia. Spegnerne sempre il sistema JetClean e chiudere la valvola manuale di blocco dell'idrogeno al modulo MFC (Mass Flow Controller) JetClean; assicurarsi inoltre che siano presenti buone condizioni di vuoto prima di ventilare il sistema MS.

Tutti gli utenti devono essere al corrente dei meccanismi che possono produrre un accumulo di idrogeno (**Tabella 5** a pagina 34) e conoscere le precauzioni da prendere in caso di accertato o sospetto accumulo di idrogeno. Si noti che questi meccanismi valgono per *tutti* gli spettrometri di massa.

Tabella 5 Meccanismi di accumulo dell'idrogeno

Meccanismo	Risultati
Disattivazione dello spettrometro di massa	Uno spettrometro di massa può essere spento deliberatamente, oppure anche accidentalmente a causa di un guasto interno o esterno. Lo spegnimento dello spettrometro di massa non comporta l'interruzione del flusso del gas di trasporto. Di conseguenza, l'idrogeno può accumularsi lentamente nello spettrometro di massa. Se il cavo LVDS è correttamente collegato tra MS e GC, il gas di trasporto deve chiudersi automaticamente con lo spegnimento dello spettrometro di massa.
Chiusura automatica delle valvole di separazione dello spettrometro di massa	Alcuni spettrometri di massa sono dotati di valvole di separazione automatiche per le pompe diffusive, per il vial di calibrazione, per il sistema JetClean opzionale e per i gas reagenti. In questi strumenti, l'intervento diretto dell'operatore o una serie di guasti possono causare la chiusura delle valvole di separazione. La chiusura delle valvole di separazione non comporta l'interruzione del flusso del gas di trasporto. Di conseguenza, l'idrogeno può accumularsi lentamente nello spettrometro di massa.
Separazione manuale spettrometro di massa dello spettrometro di massa	Alcuni spettrometri di massa sono dotati di valvole di separazione manuali delle pompe diffusive. In questi strumenti, l'operatore può chiudere le valvole di separazione. La chiusura delle valvole di separazione non comporta l'interruzione del flusso del gas di trasporto. Di conseguenza, l'idrogeno può accumularsi lentamente nello spettrometro di massa.

Tabella 5 Meccanismi di accumulo dell'idrogeno (continua)

Meccanismo	Risultati
GC spento	Un GC può essere spento deliberatamente oppure anche accidentalmente a causa di un guasto interno o esterno. I GC reagiscono in modi diversi a seconda del tipo. Se si spegne un sistema GC 8890, GC 9000 o GC 7890 dotato di EPC (Electronic Pressure Control), l'EPC interrompe il flusso del gas di trasporto. Se il flusso del gas di trasporto non è controllato mediante EPC, il flusso aumenta fino a raggiungere il livello massimo, che può essere superiore a quanto alcuni spettrometri di massa sono in grado di smaltire, con conseguente accumulo di idrogeno nello spettrometro di massa. Se allo stesso tempo si spegne lo spettrometro di massa, l'accumulo può avvenire piuttosto rapidamente.
Interruzione di corrente	In caso di interruzione di corrente, sia il sistema GC che lo spettrometro di massa si spengono, ma non si arresta necessariamente anche il flusso del gas di trasporto. Come descritto in precedenza, in alcuni sistemi GC l'interruzione di corrente può comportare il raggiungimento del livello massimo del flusso del gas di trasporto. Di conseguenza, l'idrogeno può accumularsi nello spettrometro di massa.

AVVERTENZA

In presenza di un accumulo di idrogeno nello spettrometro di massa, è necessario rimuoverlo con estrema cautela. L'avvio non corretto di uno spettrometro di massa riempito di idrogeno può provocare un'esplosione.

AVVERTENZA

Dopo un'interruzione di corrente, lo spettrometro di massa può avviarsi ed iniziare la procedura di messa a vuoto da solo. Tale procedura non garantisce la rimozione completa dell'idrogeno dal sistema o l'eliminazione di qualsiasi rischio di esplosione.

Precauzioni

Adottare le seguenti precauzioni per il funzionamento di un sistema GC/MS che utilizza idrogeno come gas di trasporto oppure per il funzionamento del sistema MS con l'opzione JetClean che prevede l'erogazione di idrogeno allo spettrometro di massa da un modulo MFC collocato sull'analizzatore.

Precauzioni relative all'attrezzatura

AVVERTENZA

Rimuovere il coperchio in materiale plastico dal finestrino in vetro sul lato anteriore del sistema MS. Nell'improbabile eventualità di un'esplosione, il coperchio potrebbe saltare.

AVVERTENZA

È NECESSARIO verificare che la vite a testa zigrinata anteriore della piastra laterale sia serrata a mano. In un sistema a triplo quadrupolo anche la vite a testa zigrinata in alto sulla piastra laterale dell'analizzatore posteriore deve essere stretta a mano. Non stringere eccessivamente la vite a testa zigrinata per evitare infiltrazione di aria.

AVVERTENZA

La mancata protezione del sistema MS come descritto in precedenza aumenta notevolmente la possibilità di lesioni personali in caso di esplosione.

AVVERTENZA

In un sistema MS a triplo quadrupolo È NECESSARIO lasciare serrate le staffe della piastra superiore della camera della cella con collisione usate per la spedizione. Non rimuovere le staffe di spedizione dalla piastra superiore per il normale funzionamento, in quanto fissano la piastra superiore in caso di esplosione.

AVVERTENZA

Precauzioni in caso di idrogeno collegato in qualsiasi modo al sistema GC o MS:

- La fornitura di idrogeno verso i punti di collegamento di ingresso del sistema, proveniente per esempio dalla bombola di idrogeno gassoso, dal generatore di idrogeno o da altra fornitura di idrogeno, deve essere interrotta quando il sistema viene spento/ventilato.
- Durante il procedimento di ventilazione è importante aprire la valvola di sfiato manuale.
- Prima della messa a vuoto del sistema MS: aprire lo sportello o gli sportelli dell'analizzatore o della piastra laterale di 45 gradi o più per 10 minuti prima di accendere il sistema MS per iniziare il procedimento di messa a vuoto. Questa operazione ha lo scopo di impedire l'accumulo di idrogeno all'interno dell'analizzatore MS prima dell'accensione del sistema MS in caso fosse presente una perdita di idrogeno.

AVVERTENZA

Flusso di gas del sistema MS:

Non superare mai il valore di 50 mL/min per il flusso totale di H₂/metano, inclusi gas nella colonna o gas reagente, verso il sistema MS.

AVVERTENZA**Pompe meccaniche:**

- Utilizzare esclusivamente pompe approvate da Agilent.
- Le pompe IDP Agilent devono essere acquistate tramite Agilent e avere codici corrispondenti a prodotti per GC/MS (cioè codici che iniziano con la lettera "G"), a indicare che sono compatibili per l'uso con i sistemi GC/MS Agilent. Pompe ordinate direttamente tramite la divisione Agilent Vacuum o altro fornitore, potrebbero non essere equipaggiate con il corretto regolatore del gas.
- Le pompe IDP Agilent devono avere installata la valvola di ingresso fornita, che si chiude in caso di interruzione della corrente elettrica.
- Le pompe Pfeiffer Duo ed MVP devono essere azionate con il regolatore del gas chiuso con i sistemi GC/MS Agilent.
- Le pompe Edwards RV5 devono essere azionate con il regolatore del gas chiuso con i sistemi GC/MS Agilent.

AVVERTENZA**Configurazione di GC:**

- Assicurarsi che nel firmware sia configurato l'idrogeno per tutti i canali per gas che utilizzano l'idrogeno. Un controllo elettronico della pneumatica (EPC) non configurato per l'idrogeno quando viene utilizzato l'idrogeno potrebbe avere effetti sulla parte del sistema GC che si occupa della sicurezza dell'uso di idrogeno.
- Assicurarsi che tutti i collegamenti alla colonna siano configurati correttamente nel firmware del sistema GC, specialmente per quanto riguarda qualsiasi collegamento al sistema MS.
- Assicurarsi che il cavo LVDS, se disponibile, sia collegato al sistema GC. Questo comanda al sistema GC di interrompere il gas di trasporto in caso il sistema MS presenti un guasto della pompa o venga spento.

Precauzioni generali di laboratorio

- Evitare perdite nelle linee del gas di trasporto, del gas combustibile e del sistema JetClean opzionale. Utilizzare attrezzature di controllo per verificare periodicamente che non vi siano perdite di idrogeno.
- Eliminare dal laboratorio il maggior numero possibile di fonti di accensione (fiamme libere, dispositivi che possono formare scintille, fonti di elettricità statica, ecc.).
- Evitare lo sfiato diretto in atmosfera dell'idrogeno contenuto in una bombola ad alta pressione (pericolo di autoaccensione).
- Utilizzare un generatore di idrogeno anziché bombole di idrogeno.

Precauzioni relative al funzionamento

- Chiudere l'alimentazione dell'idrogeno e di eventuali altri gas ogni volta che si spegne il gascromatografo o lo spettrometro di massa. L'alimentazione deve essere chiusa alla sorgente dell'alimentazione del gas.
- Arrestare il flusso di idrogeno alla sorgente ogni volta che si spegne il sistema GC o MS.
- Arrestare il flusso di idrogeno alla sorgente ogni volta che si sfiata il sistema MS (non riscaldare la colonna capillare in assenza di flusso del gas di trasporto).
- Non utilizzare idrogeno come gas per la cella con collisione in un sistema a triplo quadrupolo.
- Arrestare il flusso di idrogeno alla sorgente ogni volta che si chiudono le valvole di blocco del sistema MS (non riscaldare la colonna capillare in assenza di flusso del gas di trasporto).
- Arrestare il flusso di idrogeno alla sorgente in caso di interruzione di corrente.
- Se si verifica un'interruzione di corrente mentre il sistema GC/MS non è sorvegliato, anche se il sistema si è riavviato autonomamente:
 - 1 Arrestare immediatamente il flusso di idrogeno alla sorgente.
 - 2 Spegnere il sistema GC.
 - 3 Spegnere il sistema MS e lasciarlo raffreddare per 1 ora.
 - 4 Eliminare *tutte* le potenziali fonti di accensione presenti nel locale.
 - 5 Aprire all'atmosfera il collettore sottovuoto del sistema MS.
 - 6 Attendere 10 minuti per consentire la dissipazione dell'idrogeno.
 - 7 Avviare normalmente i sistemi GC e MS.

Quando si utilizza idrogeno verificare che non vi siano perdite nel sistema per evitare rischi di incendio e di esplosione in base alle normative locali in materia di ambiente, salute e sicurezza. Verificare sempre l'assenza di perdite dopo aver sostituito una bombola o effettuato un intervento tecnico sui tubi del gas. Assicurarsi sempre che lo scarico della pompa meccanica e gli sfiati delle porte di iniezione GC sfoghino in una cappa aspirante.

Wasserstoff-Sicherheit

WARNUNG

Die Verwendung von Wasserstoff als GC-Trägergas, Detektor-Brenngas oder in dem optionalen JetClean-System birgt potentielle Gefahren.

WARNUNG

Wenn Sie Wasserstoff (H₂) als Träger- oder Brenngas verwenden, muss Ihnen bewusst sein, dass Wasserstoffgas in den Ofen des GC strömen und dort eine Explosion auslösen kann. Stellen Sie deshalb sicher, dass die Gasversorgung solange geschlossen bleibt, bis Sie alle Verbindungen hergestellt haben. Stellen Sie weiterhin sicher, dass immer, wenn dem Gerät Wasserstoffgas zugeführt wird, die Armaturen an Einlass und Detektorsäule entweder an eine Säule angeschlossen oder verschlossen sind.

Wasserstoff ist leicht entzündlich. In geschlossenen Räumen können undichte Stellen eine Feuer- oder Explosionsgefahr verursachen. Bei jeder Applikation, in der Sie Wasserstoff verwenden, müssen Sie erst alle Anschlüsse, Leitungen und Ventile auf Leckagen untersuchen, bevor Sie mit dem Gerät arbeiten. Schalten Sie die Wasserstoffversorgung stets an ihrer Quelle aus, bevor Sie Arbeiten am Gerät vornehmen.

Wasserstoff wird häufig als GC-Trägergas, Detektor-Brenngas und reaktives Reinigungsgas für das optionale JetClean-System verwendet. Wasserstoff ist potentiell explosiv und hat noch weitere gefährliche Eigenschaften.

- Wasserstoff ist in vielen Konzentrationen brennbar. Bei Atmosphärendruck ist Wasserstoff in Konzentrationen von 4 % bis 74,2 % nach Volumen brennbar.
- Wasserstoff hat von allen Gasen die höchste Brenngeschwindigkeit.
- Wasserstoff hat eine sehr niedrige Zündenergie.
- Wasserstoff, der sich mit hohem Druck schnell ausdehnen kann, kann sich selbst entzünden.
- Wasserstoff brennt mit einer nicht leuchtenden Flamme, die in hellem Licht unter Umständen unsichtbar ist.

GC-Vorsichtsmaßnahmen

Wenn Sie Wasserstoff als Trägergas verwenden, entfernen Sie die große, runde Kunststoffabdeckung für das GC/MS-Interface auf der linken Seitenabdeckung des GC. Im unwahrscheinlichen Fall einer Explosion kann sich diese Abdeckung ggf. lösen.

Gefahren im Zusammenhang mit dem GC/MS-Betrieb

Wasserstoff birgt eine Reihe von Gefahren. Einige dieser Gefahren bestehen ganz allgemein, andere bestehen speziell beim Betrieb von GC- oder GC/MS-Systemen. Zu den Gefahren gehören unter anderem:

- Die Verbrennung von austretendem Wasserstoff.
- Die Verbrennung aufgrund schneller Ausdehnung von Wasserstoff aus einem Hochdruckzylinder.
- Ansammlung von Wasserstoff im GC-Ofen mit anschließender Verbrennung (siehe GC-Dokumentation und das Etikett an der oberen Kante der Ofentür des GC).
- Ansammlung von Wasserstoff im MS mit anschließender Verbrennung.

Wasserstoffansammlung in einem MS

WARNUNG

Das MS kann keine Lecks in Einlass- und/oder Detektorgasströmen feststellen. Aus diesem Grund ist es äußerst wichtig, dass die Säulenarmaturen entweder stets an eine Säule angeschlossen oder mit einem Deckel oder einem Stopfen verschlossen sind.

WARNUNG

Das MS kann keine Leckagen in den Ventilen des optionalen JetClean-Systems feststellen. Es ist möglich, dass Wasserstoff aus diesem Reinigungssystem in das MS austritt. Schalten Sie das JetClean-System stets aus und schließen Sie das manuelle Wasserstoff-Absperrventil zum JetClean Mass Flow Controller (MFC) und vergewissern Sie sich, dass das Vakuum ausreichend ist, bevor Sie das MS belüften.

Alle Benutzer müssen die Mechanismen kennen, die zu einer Wasserstoffansammlung führen können (**Tabelle 6** auf Seite 43), und wissen, welche Vorkehrungen zu treffen sind, wenn bekannt ist oder vermutet wird, dass sich Wasserstoff angesammelt hat. Es ist zu beachten, dass diese Mechanismen für *alle* Massenspektrometer gelten.

Tabelle 6 Mechanismen der Wasserstoffansammlung

Mechanismus	Ergebnisse
Ausschalten des Massenspektrometers	Ein Massenspektrometer kann bewusst ausgeschaltet werden. Es kann aber auch versehentlich durch einen internen oder externen Fehler ausgeschaltet werden. Beim Ausschalten des Massenspektrometers wird der Trägergasfluss nicht abgestellt. Infolgedessen ist eine allmähliche Ansammlung von Wasserstoff im Massenspektrometer möglich. Wenn das LVCD-Kabel korrekt zwischen dem MS und GC verbunden ist, sollte sich das Trägergas bei Abschaltung des MS automatisch abschalten.
Schließen der automatischen Isolationsventile des Massenspektrometers	Manche Massenspektrometrie sind mit automatisierten Diffusionspumpen-Isolationsventilen, automatisierten Absperrventilen für das Kalibrierungsfläschchen, das optionale JetClean-System und die Reagenzgase ausgestattet. Bei diesen Geräten können die Isolationsventile bewusst durch den Benutzer geschlossen werden, es können aber auch verschiedene Fehler auftreten, die das Schließen der Ventile verursachen. Beim Schließen der Isolationsventile wird der Trägergasfluss nicht abgestellt. Infolgedessen ist eine allmähliche Ansammlung von Wasserstoff im Massenspektrometer möglich.
Schließen der manuellen Isolationsventile des Massenspektrometers	Einige Massenspektrometer sind mit manuellen Isolationsventilen für die Diffusionspumpe ausgestattet. Bei diesen Geräten kann der Benutzer die Isolationsventile schließen. Durch das Schließen der Isolationsventile wird der Trägergasfluss nicht abgestellt. Infolgedessen ist eine allmähliche Ansammlung von Wasserstoff im Massenspektrometer möglich.

Tabelle 6 Mechanismen der Wasserstoffansammlung (Fortsetzung)

Mechanismus	Ergebnisse
Ausschalten des GC	Ein GC kann absichtlich ausgeschaltet werden. Er kann aber auch versehentlich durch einen internen oder externen Fehler ausgeschaltet werden. Verschiedene GCs reagieren unterschiedlich. Wenn ein mit elektronischer Pneumatiksteuerung (EPC) ausgestatteter GC der Serie 8890, 9000 oder 7890 ausgeschaltet wird, stoppt die Druckprogrammierung den Trägergasfluss. Wird der Trägerfluss nicht über eine Druckprogrammierung gesteuert, steigt der Fluss bis zu seinem maximalen Wert an. Dieser Fluss kann das Pumpvolumen einiger Massenspektrometer übersteigen, sodass sich Wasserstoff im Massenspektrometer ansammeln kann. Wenn das Massenspektrometer gleichzeitig ausgeschaltet wird, kann es zu einer sehr schnellen Ansammlung kommen.
Stromausfall	Bei Stromausfall werden sowohl der GC als auch das Massenspektrometer ausgeschaltet. Das Trägergas wird jedoch nicht unbedingt abgestellt. Wie bereits beschrieben, kann in einigen GCs ein Stromausfall dazu führen, dass der Trägergasfluss auf den maximalen Wert eingestellt ist. Infolgedessen ist eine Ansammlung von Wasserstoff im Massenspektrometer möglich.

WARNUNG

Wenn sich Wasserstoff in einem Massenspektrometer angesammelt hat, ist bei dessen Beseitigung äußerste Vorsicht geboten. Das unsachgemäße Starten eines mit Wasserstoff gefüllten Massenspektrometers kann eine Explosion verursachen.

WARNUNG

Nach einem Stromausfall beginnt das Massenspektrometer nach dem Starten möglicherweise von selbst mit dem Abpumpen. Dies bedeutet jedoch nicht, dass der gesamte Wasserstoff aus dem System entfernt wurde oder dass die Explosionsgefahr gebannt ist.

Vorschriften

Treffen Sie die folgenden Vorsichtsmaßnahmen, wenn Sie ein GC/MS-System mit Wasserstoff als Trägergas betreiben oder wenn Sie das MS mit der JetClean-Option betreiben, bei der Wasserstoff von einem MFC auf dem Analyzer zum MS geleitet wird.

Gerätevorschriften

WARNUNG

Sie müssen die Kunststoffabdeckung über dem Glasfenster auf der Vorderseite eines MS entfernen. Im unwahrscheinlichen Fall einer Explosion kann sich diese Abdeckung ggf. lösen.

WARNUNG

Sie **MÜSSEN** sicherstellen, dass die Flügelmutter an der vorderen Seitenplatte fingerfest angezogen ist. An einem Triple Quad muss auch die obere Flügelschraube an der Seitenplatte des hinteren Analyzers fingerfest angezogen werden. Ziehen Sie die Flügelmutter nicht zu fest an, dies kann ein Luftleck verursachen.

WARNUNG

Wenn Sie Ihr MS nicht wie oben beschrieben sichern, erhöht dies das Risiko eines Personenschadens im Falle einer Explosion erheblich.

WARNUNG

Auf einem Triple Quad-MS **DÜRFEN** Sie die Transporthalterungen der oberen Platte der Kollisionszellkammer **NICHT** entfernen. Entfernen Sie für den Normalbetrieb die Transporthalterungen nicht von der oberen Platte; sie sichern die obere Platte im Fall einer Explosion.

WARNUNG

Wenn Wasserstoff an einen beliebigen Anschluss des Gaschromatographen oder des MS angeschlossen ist:

- Die Wasserstoffversorgung für die Eingangsanschlüsse des Systems wie Wasserstoffgasflaschen, Wasserstoffgeneratoren oder andere Wasserstoffversorgungen müssen geschlossen werden, wenn das System ausgeschaltet oder belüftet wird.
- Während des Belüftens ist es wichtig, das manuelle Belüftungsventil zu öffnen.
- Vor dem Abpumpen des MS-Systems: Öffnen Sie die Tür(en) des Analyzers/der Seitenplatte 10 Minuten lang in einem Winkel von mindestens 45 Grad, bevor Sie das MS-System einschalten, um mit dem Abpumpen zu beginnen. Dies soll dazu dienen, im Falle eines Wasserstofflecks eine Ansammlung von Wasserstoff im MS-Analyzer zu verhindern, bevor das MS eingeschaltet wird.

WARNUNG

MS-Gasfluss:

Überschreiten Sie niemals einen Gesamtfluss von H₂/Methan einschließlich Säulen- und/oder Reagenzgas in das MS von 50 ml/min.

WARNUNG

Vorpumpen:

- Verwenden Sie nur von Agilent genehmigte Pumpen.
- Agilent IDP-Pumpen müssen über Agilent mit den GC/MS-Bestellnummern (Bestellnummern beginnen mit „G“) bestellt werden. So stellen Sie Kompatibilität bei der Verwendung für Agilent GC/MS-Systeme sicher. Pumpen, die direkt bei der Abteilung Agilent Vacuum oder bei einem anderen Lieferanten bestellt werden, haben unter Umständen nicht den korrekten Gasballast installiert.
- Agilent IDP-Pumpen müssen mit dem mitgelieferten Einlassventil ausgestattet sein, das bei einem Stromausfall schließt.
- Pfeiffer Duo oder MVP Pumpen sollten mit geschlossenem Gasballast mit Agilent GC/MS-Systemen betrieben werden.
- Edwards RV5 Pumpen sollten mit geschlossenem Gasballast mit Agilent GC/MS-Systemen betrieben werden.

WARNUNG

GC-Konfiguration:

- Stellen Sie sicher, dass in der Firmware für alle Gaskanäle, die Wasserstoff verwenden, Wasserstoff konfiguriert ist. Eine elektronische Pneumatiksteuerung (EPC), die bei der Verwendung von Wasserstoff nicht für Wasserstoff konfiguriert ist, kann die Wasserstoff-Sicherheit GC-seitig beeinträchtigen.
- Stellen Sie sicher, dass alle Säulenanschlüsse in der GC-Firmware korrekt konfiguriert sind, insbesondere die Anschlüsse zum MS-System.
- Stellen Sie sicher, dass das LVDS-Kabel an den Gaschromatographen angeschlossen ist, falls verfügbar. Dies veranlasst den Gaschromatographen, das Trägergas auszuschalten, wenn am MS die Pumpe ausfällt oder es ausgeschaltet wird.

Allgemeine Laborvorschriften

- Undichtigkeiten in den Trägergasleitungen, den Brenngasleitungen und den Leitungen zum optionalen JetClean-System sind zu vermeiden. Führen Sie regelmäßige Überprüfungen auf Wasserstoffleckagen mit speziellen Geräten für Undichtigkeitsprüfungen durch.
- Entfernen Sie so viele Zündquellen wie möglich aus Ihrem Labor (offene Flammen, Geräte mit möglichem Funkenflug, Quellen statischer Elektrizität, etc.).
- Sorgen Sie dafür, dass in einem Hochdruckzylinder befindlicher Wasserstoff nicht direkt in die Atmosphäre entweichen kann (Gefahr der Selbstentzündung).
- Verwenden Sie einen Wasserstoffgenerator anstelle von Wasserstoffflaschen.

Bedienvorschriften

- Schalten Sie die von Versorgung von Wasserstoff sowie von allen anderen Gasen jedes Mal ab, wenn Sie den GC oder das MS abschalten. Die Versorgung sollte an der Quelle der Gasversorgung abgeschaltet werden.
- Stellen Sie die Wasserstoffzufuhr immer an der Quelle ab, wenn Sie den GC oder das MS ausschalten.
- Stellen Sie die Wasserstoffzufuhr immer an der Quelle ab, wenn Sie das MS entlüften (heizen Sie die Kapillarsäule nicht ohne Trägergasfluss).
- Verwenden Sie Wasserstoff nicht als Kollisionszellgas auf einem Triple Quad.
- Stellen Sie die Wasserstoffzufuhr immer an der Quelle ab, wenn Sie die Abstellventile des MS schließen (heizen Sie die Kapillarsäule nicht ohne Trägergasfluss).
- Stellen Sie bei einem Stromausfall die Wasserstoffzufuhr an der Quelle ab.
- Vorgehensweise nach einem Stromausfall bei unbeaufsichtigtem GC/MS, auch nach einem bereits erfolgten Neustart des Systems:
 - 1 Stellen Sie die Wasserstoffzufuhr unverzüglich an der Quelle ab.
 - 2 Schalten Sie den GC aus.
 - 3 Schalten Sie das MS aus und lassen Sie es eine Stunde lang abkühlen.
 - 4 Entfernen Sie *alle* möglichen Zündquellen aus dem Raum.
 - 5 Öffnen Sie die Vakuumkammer des MS.

- 6 Warten Sie mindestens 10 Minuten, damit der gesamte Wasserstoff entweichen kann.
- 7 Starten Sie den GC und das MS wie immer.

Wenn Sie Wasserstoffgas verwenden, überprüfen Sie das System auf undichte Stellen, um einer möglichen Feuer- und Explosionsgefahr vorzubeugen. Beachten Sie dabei die lokalen Umweltschutz-, Gesundheits- und Sicherheitsrichtlinien. Prüfungen auf Leckagen sollten Sie immer durchführen, wenn Sie einen Tank gewechselt oder die Gasleitungen gewartet haben. Stellen Sie immer sicher, dass die Vorpumpen-Abgasentlüftung und die Belüftung des GC-Einspritzblocks in einen Dunstabzug abgesaugt werden.

Medidas de seguridad para el hidrógeno

ADVERTENCIA

El uso de hidrógeno como gas portador para GC, gas combustible para el detector o gas para el sistema JetClean opcional, es potencialmente peligroso.

ADVERTENCIA

Quando se usa hidrógeno (H_2) como gas portador o gas combustible, hay que tener en cuenta que el hidrógeno puede entrar en el horno del GC y generar peligro de explosión. Por ello, hay que asegurarse de cerrar la llave de paso hasta que se hayan hecho todas las conexiones y de que las conexiones para columna del inyector y del detector estén en todo momento conectadas a una columna o tapadas durante el suministro de hidrógeno al instrumento.

El hidrógeno es inflamable. Las fugas, si ocurren en un espacio cerrado, pueden provocar un incendio o una explosión. En cualquier aplicación que utilice hidrógeno, se debe comprobar si hay fugas en las conexiones, líneas y válvulas antes de usar el instrumento. Hay que cerrar siempre el suministro de hidrógeno antes de trabajar con el instrumento.

El hidrógeno suele utilizarse como gas portador del GC, gas combustible para el detector y gas reactivo de limpieza para el sistema JetClean opcional. El hidrógeno es potencialmente explosivo y tiene otras características peligrosas:

- El hidrógeno es combustible en una amplia gama de concentraciones. A presión atmosférica, es combustible a concentraciones de entre el 4 % y el 74,2 % por volumen.
- El hidrógeno presenta la velocidad de combustión más elevada de todos los gases.
- El hidrógeno tiene una energía de ignición muy baja.
- El hidrógeno, que se expande rápidamente a alta presión, puede inflamarse por sí solo.
- El hidrógeno arde con una llama no luminosa, que puede resultar invisible si la luz es brillante.

Precauciones de GC

Si se utiliza hidrógeno como gas portador, debe retirarse la cubierta de plástico redonda de la interfase de GC/MS que hay en el panel izquierdo del GC. En el improbable caso de una explosión, esta tapa podría salir disparada.

Peligros específicos del funcionamiento del GC/MS

El hidrógeno presenta múltiples riesgos. Algunos son generales, y otros son exclusivos de la operación del GC o GC/MS. Entre ellos se incluyen, aunque sin limitarse a ellos:

- Combustión de las fugas de hidrógeno.
- Combustión causada por la rápida expansión de hidrógeno desde un cilindro de alta presión.
- Acumulación de hidrógeno en el horno del GC y subsiguiente combustión (consulte la documentación de su GC y la etiqueta situada en la parte superior de la puerta del horno del GC).
- Acumulación de hidrógeno en el MS y posterior combustión.

Acumulación de hidrógeno en un MS

ADVERTENCIA

El MS no puede detectar fugas en las corrientes de gas del inyector o el detector. Por esta razón, es vital que los adaptadores de columnas estén siempre conectados a una columna o tengan un tapón instalado.

ADVERTENCIA

El MS no puede detectar fugas en las válvulas del sistema JetClean opcional. Podrían producirse fugas de hidrógeno desde este sistema de limpieza hacia el MS. Por tanto, desconecte siempre el sistema JetClean, cierre la válvula de cierre manual de suministro de hidrógeno del MFC del sistema JetClean y asegúrese de que exista un vacío adecuado antes de ventear el MS.

Todos los usuarios deben ser conscientes de los mecanismos que pueden causar la acumulación de hidrógeno (**Tabla 7** en la página 52) y estar al tanto de las precauciones a tomar si saben o sospechan que se ha acumulado hidrógeno. Tenga en cuenta que estos mecanismos se aplican a *todos* los espectrómetros de masas.

Tabla 7 Mecanismos de acumulación de hidrógeno

Mecanismo	Resultados
Espectrómetro de masas apagado	Un espectrómetro de masas puede apagarse de forma deliberada. También puede desconectarse accidentalmente por un fallo interno o externo. La desconexión del espectrómetro de masas no corta el flujo de gas portador. Como resultado, el hidrógeno puede acumularse lentamente en el espectrómetro. Si el cable LVDS está correctamente conectado entre el MS y el GC, el gas portador debería cortarse automáticamente en caso de apagado del MS.
Válvulas de aislamiento automáticas del espectrómetro de masas cerradas	Algunos espectrómetros de masas están equipados con válvulas de aislamiento automáticas para la bomba de difusión y válvulas de cierre automáticas para el vial de calibración, el sistema JetClean opcional y los gases reactivos. En estos instrumentos, una acción deliberada del usuario o diversos tipos de fallos pueden provocar el cierre de las válvulas de aislamiento. Este cierre no corta el flujo del gas portador. Como resultado, el hidrógeno puede acumularse lentamente en el espectrómetro.
Válvulas de aislamiento manual del espectrómetro de masas de masas	Algunos espectrómetros de masas están equipados con válvulas de aislamiento manuales para la bomba de difusión. En estos instrumentos, el operador puede cerrar dichas válvulas. Este cierre no corta el flujo del gas portador. Como resultado, el hidrógeno puede acumularse lentamente en el espectrómetro.
GC apagado	Un GC puede apagarse de forma deliberada. También puede desconectarse accidentalmente por un fallo interno o externo. Cada GC reacciona de forma distinta. Si se apaga un GC 8890, 9000 o 7890 equipado con sistema de control electrónico de la presión (EPC), el EPC detiene el flujo de gas portador. Si el flujo de gas portador no está controlado por el EPC, aumentará hasta alcanzar el máximo. Este flujo puede ser superior al que pueden bombear algunos espectrómetros de masas, dando como resultado una acumulación de hidrógeno en el espectrómetro. Si se apaga el espectrómetro de masas a la vez, la acumulación puede ser bastante rápida.

Tabla 7 Mecanismos de acumulación de hidrógeno (continuación)

Mecanismo	Resultados
Fallo eléctrico	Si falla la alimentación, tanto el GC como el espectrómetro de masas se apagan. El gas portador, sin embargo, no se corta necesariamente. Como ya se ha indicado, en algunos GC un fallo eléctrico puede provocar que el flujo de gas portador aumente hasta el máximo. Como resultado, el hidrógeno puede acumularse en el espectrómetro.

ADVERTENCIA

Una vez acumulado el hidrógeno en el espectrómetro de masas, es necesario un cuidado extremo para retirarlo. La puesta en marcha de un espectrómetro lleno de hidrógeno puede causar una explosión.

ADVERTENCIA

Tras un fallo eléctrico, el espectrómetro de masas puede ponerse en marcha y comenzar el proceso de bombeo por sí mismo. Esto no garantiza que se haya eliminado todo el hidrógeno del sistema, ni que haya desaparecido el peligro de explosión.

Precauciones

Tome las precauciones siguientes a la hora de manejar un sistema GC/MS con hidrógeno como gas portador o de manejar un MS con sistema JetClean opcional que suministre hidrógeno al MS a través de un MFC ubicado en el analizador.

Precauciones relacionadas con el equipo

ADVERTENCIA

Quite la tapa de plástico situada sobre la ventana de vidrio de la parte frontal del MS. En el improbable caso de una explosión, esta tapa podría salir disparada.

ADVERTENCIA

DEBE asegurarse de que el tornillo de la placa frontal está apretado a mano. Si se trata de un sistema de triple cuadrupolo, apriete también a mano el tornillo de ajuste superior de la placa lateral del analizador trasero. No lo apriete excesivamente, ya que puede causar fugas de aire.

ADVERTENCIA

Si se no se configura el MS como se ha indicado con anterioridad, aumentará en gran medida el riesgo de sufrir lesiones personales en caso de explosión.

ADVERTENCIA

Si se trata de un MS de triple cuadrupolo, DEJE sujetos los soportes de transporte de la placa superior de la cámara de la celda de colisión. No quite los soportes de transporte de la placa superior durante el funcionamiento normal del sistema, ya que mantendrán sujeta la placa superior si se produce una explosión.

ADVERTENCIA

Si hay alguna conexión de hidrógeno al GC o MS:

- Hay que apagar el suministro de hidrógeno a las conexiones de entrada del sistema, como las procedentes del cilindro de gas hidrógeno, del generador de hidrógeno o de otra fuente de hidrógeno, cuando se apague o ventee el sistema.
- Durante el proceso de venteo, es importante abrir la válvula de venteo manual.
- Antes de vaciar el sistema de MS: Abra las puertas del analizador/placa lateral 45 grados o más durante 10 minutos antes de encender el sistema de MS para comenzar el proceso de vaciado. Esta acción tiene como fin evitar la acumulación de hidrógeno dentro del analizador de MS antes de encender el MS en caso de fuga de hidrógeno.

ADVERTENCIA

Flujo de gas de MS:

No supere nunca 50 ml/min de flujo total de H₂/metano al MS, incluida la columna y el gas reactivo.

ADVERTENCIA**Bombas previas:**

- Utilice únicamente bombas aprobadas por Agilent.
- Es necesario adquirir las bombas IDP de Agilent a través de Agilent, con las referencias de GC/MS (es decir, las referencias comienzan por "G"), para reflejar su uso compatible con los sistemas de GC/MS de Agilent. Las bombas pedidas directamente a través del departamento Agilent Vacuum o de otro proveedor podrían no tener instalado el Gas Ballast correcto.
- Las bombas IDP de Agilent deben incorporar la válvula de entrada suministrada, que se cerrará en caso de corte de corriente.
- Las bombas Pfeiffer Duo y MVP únicamente deben usarse con Gas Ballast cerrado con los sistemas de GC/MS de Agilent.
- Las bombas Edwards RV5 únicamente deben usarse con Gas Ballast cerrado con los sistemas de GC/MS de Agilent.

ADVERTENCIA**Configuración del GC:**

- Compruebe que esté configurado el hidrógeno en el firmware para todos los canales de gas que utilicen hidrógeno. Un EPC que no esté configurado para hidrógeno cuando se use este gas podría afectar a la parte de medidas de seguridad asociadas al hidrógeno del GC.
- Asegúrese de que todas las conexiones de columna estén configuradas correctamente en el firmware del GC, en especial para cualquier conexión con el sistema de MS.
- Cuando esté disponible, asegúrese de que el cable LVDS esté conectado al GC. Esto indica al GC que cierre el gas portador si el MS tiene un fallo de la bomba o está apagado.

Precauciones generales en el laboratorio

- Evite las fugas en las líneas de gas portador, gas combustible y gas del sistema JetClean opcional. Utilice con regularidad un equipo de control de fugas de hidrógeno.
- Elimine del laboratorio todas las fuentes de ignición que sea posible (llamas sin protección, dispositivos que puedan generar chispas, fuentes de electricidad estática, etc.).
- No permita la emisión de hidrógeno directamente a la atmósfera desde un cilindro de alta presión (peligro de ignición automática).
- Emplee un generador de hidrógeno en lugar de hidrógeno embotellado.

Precauciones durante el funcionamiento

- Apague el suministro de hidrógeno así como el de cualquier otro gas cada vez que apague el sistema de GC o el de MS. El suministro debería apagarse en el origen del suministro de gas.
- Corte el suministro de hidrógeno en la fuente siempre que apague el GC o el MS.
- Corte el suministro de hidrógeno en la fuente siempre que ventee el MS (no caliente la columna capilar si no existe flujo de gas portador).
- No use hidrógeno como gas para la celda de colisión en los sistemas de triple cuadrupolo.
- Corte el suministro de hidrógeno en la fuente siempre que las válvulas de cierre del MS estén cerradas (no caliente la columna capilar si no existe flujo de gas portador).
- Cierre el suministro de hidrógeno si se produce un fallo eléctrico.
- Si se produce un fallo eléctrico mientras el sistema GC/MS funciona sin supervisión, incluso si el sistema ha vuelto a ponerse en marcha por sí mismo:
 - 1 Cierre inmediatamente la fuente de suministro de hidrógeno.
 - 2 Apague el GC.
 - 3 Apague el MS y déjelo enfriar durante 1 hora.
 - 4 Elimine *todas* las fuentes potenciales de ignición de la habitación.
 - 5 Abra el colector de vacío del MS a la atmósfera.
 - 6 Espere al menos 10 minutos para que se disipe el hidrógeno.
 - 7 Ponga en marcha el GC y el MS de la forma habitual.

Cuando use hidrógeno, compruebe la existencia de fugas en el sistema para evitar posibles riesgos de incendio o explosión, de acuerdo con las normas de seguridad, higiene y medioambientales existentes a nivel local. Compruebe siempre la existencia de fugas después de cambiar un depósito o reparar las líneas de gas. Asegúrese siempre de que tanto el escape de la bomba delantera como la ventilación del puerto de inyección del GC se ventean a una campana extractora.

Меры предосторожности при работе с водородом

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Использование водорода в качестве газа-носителя в газовых хроматографах, топливного газа детектора или в дополнительной системе JetClean представляет потенциальную опасность.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

При использовании водорода (H_2) в качестве газа-носителя или топливного газа нельзя забывать о возможности его попадания в термостат ГХ и возникновения опасности взрыва. Поэтому начинайте подачу газа только после того, как будут подключены все компоненты. При подаче водорода в прибор фитинги канала ввода и детектора должны быть подсоединены к колонке или закрыты.

Водород является легковоспламеняющимся газом. Его утечки в закрытом помещении могут вызвать риск пожара или взрыва. При использовании водорода всегда проверяйте герметичность всех соединений, линий и клапанов перед работой с прибором. Перед работой с прибором всегда отключайте подачу водорода на его источнике.

Водород широко применяется в ГХ в качестве газа-носителя, топливного газа детектора, а также в качестве реактивного газа для очистки в дополнительной системе JetClean. Водород взрывоопасен и имеет другие опасные свойства.

- Водород воспламеняется в широком диапазоне концентраций. В условиях атмосферного давления водород воспламеняется при концентрации от 4 до 74,2% по объему.
- Водород имеет самую высокую скорость горения среди газов.
- Водород имеет очень низкую энергию возгорания.
- Вследствие быстрого расширения водорода при выходе из баллона высокого давления он может самовоспламениться.
- При горении водорода возникает несветящееся пламя, которое может быть невидимым при ярком освещении.

Меры предосторожности при работе с ГХ

При использовании водорода в качестве газа-носителя снимите круглую большую пластиковую крышку интерфейса ГХ-МС, расположенную на левой боковой панели ГХ. Эта крышка может сместиться в маловероятном случае взрыва.

Угрозы при работе с ГХ/МС

При использовании водорода существуют различные опасности. Некоторые из них являются общими, а другие — характерными для работы с ГХ или ГХ-МС. Некоторые опасности описаны ниже.

- Возгорание водорода при утечке.
- Возгорание вследствие быстрого выхода водорода из баллона высокого давления.
- Накопление водорода в термостате ГХ и последующее возгорание (см. документацию к ГХ и наклейку на крышке термостата ГХ).
- Накопление водорода в МС и последующее возгорание.

Скопление водорода в МС

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

МС не может обнаруживать утечки газовых потоков канала ввода и/или детектора. Поэтому очень важно, чтобы фитинги колонки всегда были подсоединены к колонке или были заглушены крышкой или пробкой.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

МС не может обнаруживать утечки в клапанах дополнительной системы JetClean. Существует вероятность утечки водорода из системы очистки в МС. Перед продувкой МС всегда выключайте систему JetClean, закрывайте ручной стопорный клапан для водорода в регуляторе массового расхода (PMP) JetClean и проверяйте наличие вакуума.

Все пользователи должны знать механизм накопления водорода (**Таблица 8** на стр. 60), а также меры предосторожности, которые необходимо принять при накоплении водорода или соответствующем подозрении. Следует обратить внимание, что эти механизмы применимы ко всем масс-спектрометрам.

Таблица 8 Механизмы накопления водорода

Механизм	Результаты
Выключение масс-спектрометра	Масс-спектрометр может быть выключен намеренно. Он также может быть выключен случайно в результате внутреннего или внешнего сбоя. При выключении масс-спектрометра подача газа-носителя не прекращается. В результате этого водород может медленно накапливаться в масс-спектрометре. Если кабель LVDS правильно подключен между МС и ГХ, подача газа-носителя должна автоматически прекращаться при выключении МС.
Закрытие автоматического стопорного клапана масс-спектрометра	В некоторых масс-спектрометрах имеются автоматизированные изоляционные клапаны диффузионного насоса и запорные клапаны для калибровочного флакона, дополнительной системы JetClean и газов реагента. В этих приборах при соответствующих действиях оператора или различных сбоях стопорные клапаны могут закрыться. При закрытии стопорного клапана подача газа-носителя не прекращается. В результате этого водород может медленно накапливаться в масс-спектрометре.
Закрытие ручного стопорного клапана клапаны закрыты	Некоторые масс-спектрометры имеют ручные стопорные клапаны диффузионного насоса. В этих приборах оператор может закрыть стопорные клапаны. При закрытии стопорного клапана подача газа-носителя не прекращается. В результате этого водород может медленно накапливаться в масс-спектрометре.

Таблица 8 Механизмы накопления водорода (продолжение)

Механизм	Результаты
Отключение газового хроматографа	ГХ может быть выключен намеренно. Он также может быть выключен случайно в результате внутреннего или внешнего сбоя. Разные хроматографы работают различным образом. При выключении ГХ серии 8890, 9000 или 7890, снабженного электронным регулятором расхода (ЭРР), ЭРР останавливает поток газа-носителя. Если поток носителя не контролируется ЭРР, интенсивность потока увеличивается до максимального уровня. Этот поток может быть настолько сильным, что некоторые масс-спектрометры не смогут откачивать весь газ, в результате чего водород будет накапливаться в масс-спектрометре. Если в этот момент масс-спектрометр будет также выключен, водород может накопиться достаточно быстро.
Отключение электричества	При отключении электричества газовый хроматограф и масс-спектрометр выключаются. Однако в этом случае подача газа-носителя может продолжаться. Как упоминалось ранее, в некоторых ГХ перебой питания может привести к увеличению потока газа-носителя до максимального значения. В результате этого водород может накопиться в масс-спектрометре.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Если в масс-спектрометре накопился водород, при его откачке необходимо соблюдать его особую осторожность. Неправильный запуск масс-спектрометра, наполненного водородом, может привести к взрыву.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

При включении электричества после внезапного отключения масс-спектрометр может запуститься и начать процесс откачки самостоятельно. Это не гарантирует удаления всего водорода из системы и устранения угрозы взрыва.

Меры предосторожности

При работе на системе ГХ-МС с водородом в качестве газа-носителя, а также при работе с функцией JetClean, которая подает водород в МС из модуля регулятора массового расхода, расположенного на анализаторе, необходимо соблюдать следующие меры предосторожности.

Меры предосторожности при работе с оборудованием

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Необходимо снять пластиковую крышку, закрывающую стеклянное окно в передней части МС. Эта крышка может сместиться в маловероятном случае взрыва.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

ОБЯЗАТЕЛЬНО закручивайте вручную передний винт с накатанной головкой на боковой пластине. В трехквადрупольных системах необходимо затягивать верхний винт на задней боковой пластине анализатора вручную. Не затягивайте винты слишком туго. Это может привести к течи воздуха.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Несоблюдение приведенных выше мер предосторожности при работе с МС значительно повышает риск получения травмы в случае взрыва.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

При работе с трехквадрупольным МС **ОБЯЗАТЕЛЬНО** оставьте прикрепленными транспортировочные скобы верхней пластины камеры ячейки соударений. Не снимайте транспортировочные крепления с верхней панели для обеспечения нормальной работы. Они удерживают на месте верхнюю панель в случае взрыва.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Если водород подсоединен к какому-либо соединению на ГХ или МС:

- Подачу водорода ко входным разъемам системы, например от газового баллона с водородом, генератора водорода или других источников подачи водорода, необходимо отключить при выполнении напуска или выключения питания системы.
- При выполнении процесса напуска важно открыть ручной клапан напуска.
- Перед откачкой системы МС: Откройте дверцы анализатора/боковые панели на 45 градусов или более за 10 минут до включения системы МС для начала процесса откачки. Эта процедура предназначена для предотвращения накопления водорода внутри анализатора МС перед включением МС в случае утечки водорода.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Поток газа МС:

Никогда не превышайте значение 50 мл/мин для общей скорости потока H_2 /метан в МС, включая колонку и (или) газ-реагент.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**Форвакуумные насосы:**

- Используйте только насосы, одобренные компанией Agilent.
- Насосы Agilent IDP необходимо приобретать через компанию Agilent с каталожными номерами ГХ/МС (т. е. каталожный номер должен начинаться с буквы «G»), отражающими их совместимость с системами ГХ/МС Agilent. Насосы, заказанные непосредственно через подразделение Agilent Vacuum или у другого поставщика, могут не иметь правильного газового балласта.
- Насосы Agilent IDP должны быть оснащены входным клапаном, который закрывается при перебое питания.
- Насосы Pfeiffer Duo и MVP следует эксплуатировать с системами ГХ/МС Agilent при закрытом газовом балласте.
- Насосы Edwards RV5 следует эксплуатировать с системами ГХ/МС Agilent при закрытом газовом балласте.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**Конфигурация ГХ:**

- Убедитесь, что водород настроен в микропрограммном обеспечении для всех каналов подачи газа с помощью водорода. ЭРД, не настроенный для работы с водородом, при использовании водорода может повлиять на безопасность работы с водородом в ГХ.
- Убедитесь, что все соединения колонки правильно настроены в микропрограммном обеспечении ГХ, особенно все соединения, ведущие к системе МС.
- Убедитесь, что кабель LVDS, если он имеется, подсоединен к ГХ. Это дает ГХ команду на отключение газа-носителя в случае отказа насоса или отключения питания МС.

Общие меры предосторожности при работе в лаборатории

- Не допускайте утечек в трубках газа-носителя, топливного газа и в трубках системы JetClean. Периодически проверяйте отсутствие утечек водорода с помощью соответствующего оборудования.
- Максимально уменьшите количество источников зажигания в лаборатории (открытое пламя, устройства, способные выделять искры, источники статического электричества и т. д.).
- Не выпускайте газ из баллона высокого давления непосредственно в атмосферу (существует угроза самовозгорания).
- Используйте генератор водорода, а не водород в баллонах.

Меры предосторожности при работе с прибором

- Отключайте подачу водорода и любого другого газа каждый раз при выключении ГХ или МС. Подачу газа необходимо отключать на стороне источника подачи газа.
- Отключайте подачу водорода на источнике водорода каждый раз при выключении ГХ или МС.
- Выключайте водород у источника при каждой продувке МС (не нагревайте капиллярную колонку без подачи газа-носителя).
- Не используйте водород в качестве газа ячейки соударений в трехквadrupольных системах.
- Отключайте подачу водорода на источнике водорода каждый раз при закрытии стопорных клапанов МС (не нагревайте капиллярную колонку без потока газа-носителя).
- При отключении электричества всегда отключайте подачу водорода на его источнике.
- Если перебой в питании произошел в тот момент, когда система ГХ-МС оставалась без присмотра, то даже при ее автоматическом перезапуске выполните следующие действия.
 - 1 Немедленно отключите подачу водорода на его источнике.
 - 2 Отключите ГХ.
 - 3 Отключите МС и подождите 1 час, пока он остынет.
 - 4 Удалите из помещения все потенциальные источники возгорания.
 - 5 Откройте вакуумируемый корпус МС.
 - 6 Подождите не менее 10 минут, чтобы водород рассеялся.
 - 7 Запустите ГХ и МС, как обычно.

При использовании водорода проверяйте систему на наличие утечек для предотвращения возгорания и взрывов в соответствии с местными правилами безопасности и охраны окружающей среды. Всегда проверяйте отсутствие течей после замены баллона или обслуживания газовых линий. Всегда проверяйте соединения продувок выходного отверстия форвакуумного насоса и инжектора ГХ с вытяжным шкафом.

Segurança no Uso de Hidrogênio

AVISO

O uso de hidrogênio como gás de arraste do GC, gás de detector de combustível ou sistema JetClean opcional, é potencialmente perigoso.

AVISO

Quando for usar o hidrogênio (H₂) como gás de arraste ou como gás de combustível, saiba que o gás hidrogênio pode entrar no forno do GC e criar um perigo de explosão. Sendo assim, certifique-se de que o abastecimento esteja desligado até que todas as conexões sejam feitas e que as conexões de coluna do detector e injetor estejam conectadas a uma coluna ou bloqueadas sempre que o gás hidrogênio for fornecido ao instrumento.

O hidrogênio é inflamável. Vazamentos, quando confinados em espaços fechados, podem provocar incêndio ou perigo de explosão. Sempre que for usar hidrogênio, verifique se não há vazamento, testando todas as conexões, linhas e válvulas antes de usar o instrumento. Sempre desligue o fornecimento de hidrogênio na fonte para trabalhar com o instrumento.

O hidrogênio é um gás de arraste do GC comumente usado, um gás de combustível de detector e um gás de limpeza reativa para o sistema JetClean opcional. O hidrogênio é potencialmente explosivo e apresenta outras características perigosas.

- O hidrogênio produz combustão em várias concentrações. Em pressão atmosférica, o hidrogênio produz combustão em concentrações de 4% a 74,2% por volume.
- O hidrogênio é o gás que queima com mais velocidade.
- O hidrogênio possui energia de ignição muito baixa.
- O hidrogênio, que consegue se expandir rapidamente a partir da alta pressão, é capaz de causar sua própria combustão.
- O hidrogênio queima com uma brasa não luminosa, que pode ser invisível sob luz brilhante.

Precauções do GC

Ao usar o hidrogênio como gás de arraste, remova a tampa plástica redonda grande da interface de GC/MS localizada no painel lateral esquerdo do GC. Na improvável ocorrência de uma explosão, essa cobertura poderá ser deslocada.

Perigos exclusivos da operação do GC/MS

O hidrogênio apresenta vários perigos. Alguns são gerais, outros são exclusivos da operação de GC ou GC/MS. Esses perigos incluem, mas não se limitam a:

- Combustão do hidrogênio que venha a vaziar.
- Combustão decorrente de rápida expansão do hidrogênio de um cilindro de alta pressão.
- Acúmulo de hidrogênio no forno do GC e combustão subsequente (consulte a documentação do GC e a etiqueta na parte superior da tampa do forno do GC).
- Acúmulo de hidrogênio no MS e combustão subsequente.

Acúmulo de hidrogênio em um MS

AVISO

O MS não consegue detectar vazamentos no injetor e/ou em fluxos de gás do detector. Por esse motivo, é de suma importância que as conexões da coluna estejam sempre ligadas a uma coluna, que estejam tampadas, ou com um plugue instalado.

AVISO

O MS não consegue detectar vazamentos nas válvulas para o sistema JetClean opcional. É possível que o hidrogênio possa vaziar para o MS a partir deste sistema de limpeza. Sempre desligue o sistema JetClean e feche a válvula de retenção manual de hidrogênio para o controlador de fluxo de massa (MFC) do JetClean e gere um bom vácuo antes da quebra de vácuo do MS.

Todos os usuários devem estar cientes dos mecanismos pelos quais o hidrogênio pode se acumular (**Tabela 9** na página 69) e saber quais precauções tomar, se eles souberem ou suspeitarem que houve acúmulo de hidrogênio. Observe que esses mecanismos se aplicam a *todos* os espectrômetros de massa.

Tabela 9 Mecanismos de acúmulo de hidrogênio

Mecanismo	Resultados
Espectrômetro de massa desligado	Um espectrômetro de massa pode ser desligado deliberadamente. Ele também pode ser desligado acidentalmente, por uma falha interna ou externa. O desligamento de um espectrômetro de massa não fecha o fluxo de gás de arraste. Como resultado, o hidrogênio pode se acumular lentamente no espectrômetro de massa. Se o cabo LVDS estiver conectado corretamente entre o MS e o GC, o gás de arraste deve desligar automaticamente com o desligamento do MS.
Válvulas de isolamento automatizado do espectrômetro de massa fechadas	Alguns espectrômetros de massas estão equipados com válvulas de isolamento de bomba de difusão, válvulas de retenção automatizadas para o vial de calibração, sistema JetClean opcional e reagentes gasosos. Nesses instrumentos, uma ação deliberada do operador ou várias falhas podem fazer com que as válvulas de isolamento sejam fechadas. O fechamento das válvulas de isolamento não fecha o fluxo de gás de arraste. Como resultado, o hidrogênio pode se acumular lentamente no espectrômetro de massa.
Válvulas de isolamento manual do espectrômetro de massa fechadas	Alguns espectrômetros de massa são equipados com válvulas de isolamento manual da bomba difusora. Nesses instrumentos, o operador pode fechar as válvulas de isolamento. O fechamento das válvulas de isolamento não fecha o fluxo de gás de arraste. Como resultado, o hidrogênio pode se acumular lentamente no espectrômetro de massa.
GC desligado	Um GC pode ser desligado deliberadamente. Ele também pode ser desligado acidentalmente, por uma falha interna ou externa. GCs diferentes reagem de maneiras diferentes. Se um GC série 8890, 9000 ou 7890 equipado com o Controle Eletrônico de Pressão (EPC) for desligado, o EPC interromperá o fluxo do gás de arraste. Se o fluxo de arraste não estiver sob o controle do EPC, ele aumenta até seu limite máximo. Esse fluxo pode ser mais do que alguns espectrômetros de massa podem bombear, resultando no acúmulo de hidrogênio no espectrômetro de massa. Se o espectrômetro de massa for desligado ao mesmo tempo, o acúmulo pode ser bem rápido.

Tabela 9 Mecanismos de acúmulo de hidrogênio (continuação)

Mecanismo	Resultados
Falha de energia	Se a energia falhar, tanto o GC quanto o espectrômetro de massa serão desligados. O gás de arraste, entretanto, não será necessariamente cortado. Como descrito anteriormente, em alguns GCs, uma falha de energia pode fazer com que o fluxo de gás de arraste seja definido para o máximo. Como resultado, o hidrogênio pode se acumular no espectrômetro de massa.

AVISO

Uma vez que o hidrogênio estiver acumulado em um espectrômetro de massa, será necessária extrema cautela para removê-lo. A inicialização incorreta de um espectrômetro de massa cheio de hidrogênio pode provocar explosão.

AVISO

Depois de uma falha de energia, o espectrômetro de massa pode se iniciar e começar a gerar vácuo por si só. Isso não garante que todo o hidrogênio tenha sido removido do sistema ou que o perigo de explosão tenha sido removido.

Precauções

Tome as seguintes precauções ao operar o sistema GC/MS com gás de arraste de hidrogênio, ou ao usar o MS com a opção JetClean que fornece hidrogênio para o MS de um MFC localizado no analisador.

Precauções do equipamento

AVISO

Você deve remover a tampa de plástico sobre a janela de vidro, na frente do MS. Na improvável ocorrência de uma explosão, essa cobertura poderá ser deslocada.

AVISO

Você **PRECISA** garantir que os parafusos da placa lateral frontal sejam apertados à mão. Em um triplo quadrupolo, o parafuso superior na placa lateral do analisador traseiro também deve ser apertado à mão. Não aperte demais o parafuso; isso pode causar vazamentos de ar.

AVISO

Não proteger seu MS como descrito acima aumenta muito as chances de ferimentos pessoais em caso de uma explosão.

AVISO

Em um MS Triple Quad, você **DEVE** deixar fixados os suportes de transporte da placa superior da câmara da cela de colisão. Não remova os suportes de transporte da placa superior para operação normal; eles protegem a placa superior em caso de explosão.

AVISO

Se o hidrogênio for conectado a qualquer conexão no GC ou MS:

- O suprimento de hidrogênio na entrada de conexão do sistema (como do cilindro de gás hidrogênio, do gerador de hidrogênio ou de outro suprimento de gás hidrogênio), deve ser desligado quando o sistema for desligado/ventilado.
- Durante o processo de ventilação é importante abrir a válvula de quebra de vácuo manual.
- Antes de efetuar o bombeamento do sistema MS: Abra a(s) porta(s) do analisador/placa lateral no mínimo 45 graus e durante 10 minutos antes de ligar o sistema, a fim de iniciar o processo de geração de vácuo. Isto evita acúmulos de hidrogênio dentro do analisador MS antes de o MS ligar em casos de vazamento de hidrogênio.

AVISO

Fluxo de gás MS:

Nunca ultrapasse 50 mL/min de fluxo de H₂/metano total para o MS, incluindo coluna e/ou reagente gasoso.

AVISO

Bombas de vácuo:

- Use somente bombas de vácuo autorizadas pela Agilent.
- As bombas Agilent IDP devem ser adquiridas com a Agilent com part numbers de GC/MS (por ex. part numbers começam com "G") o que significa que seu uso é compatível com sistemas de GC/MS Agilent. As bombas encomendadas diretamente pela divisão Agilent Vacuum ou por outro fornecedor podem não ter o lastro de gás correto.
- As bombas Agilent IDP devem ser equipadas com a válvula de entrada fornecida que irá fechar em caso de falta de energia.
- As bombas Pfeiffer Duo e MVP devem ser operadas com lastro de gás fechado com os sistemas Agilent GC/MS.
- As bombas Edwards RV5 devem ser operadas com lastro de gás fechado com os sistemas Agilent GC/MS.

AVISO

Configuração do GC:

- Certifique-se de que o hidrogênio esteja configurado na firmware para todos os canais de gás que utilizam hidrogênio. Um EPC que não estiver configurado para hidrogênio quando houver uso de hidrogênio poderá prejudicar a parte de segurança do hidrogênio do GC.
- Certifique-se de que todas as conexões de coluna estejam configuradas corretamente no firmware do GC, principalmente para qualquer conexão ao sistema MS.
- Quando disponível, certifique-se de que o cabo LVDS esteja conectado ao GC. Isso informa ao GC para desligar o gás de arraste se o MS apresentar falhas na bomba ou for desligado.

Precauções laboratoriais gerais

- Evite vazamentos nas linhas de gás de arraste, gás de combustível e nas linhas do sistema JetClean opcional. Use equipamento de verificação de vazamentos, para verificar periodicamente vazamentos de hidrogênio.
- Elimine, do laboratório, todas as fontes de ignição possíveis (chamas abertas, dispositivos que podem soltar faíscas, fontes de eletricidade estática, etc).
- Não permita que o hidrogênio de um cilindro de alta pressão passe diretamente para a atmosfera (perigo de autoignição).
- Use um gerador de hidrogênio, em vez de hidrogênio em cilindros.

Precauções operacionais

- Desligue o hidrogênio e qualquer outro suprimento de gás toda vez que desligar o GC ou o MS. O fornecimento deve ser desligado na fonte de fornecimento de gás.
- Desligue o hidrogênio na sua fonte/alimentação, sempre que você desligar o GC ou MS.
- Desligue o hidrogênio na sua fonte, sempre que você ventilar o MS (não aqueça a coluna capilar sem o fluxo de gás de arraste).
- Não use hidrogênio como gás de células de colisão em um Triple Quad
- Desligue o hidrogênio em sua fonte, sempre que as válvulas de interrupção em um MS forem fechadas (não aqueça a coluna capilar sem o fluxo de gás de arraste).
- Desligue o hidrogênio na sua fonte/alimentação, se ocorrer uma falha de energia.
- Se ocorrer uma falha de energia quando não houver ninguém perto do sistema GC/MS, mesmo se o sistema tiver se reiniciado sozinho:
 - 1 Desligue imediatamente o hidrogênio na sua fonte/alimentação.
 - 2 Desligue o GC.
 - 3 Desligue o MS e deixe-o resfriar por uma hora.
 - 4 Elimine *todas* as potenciais fontes de ignição na sala.
 - 5 Abra a tubulação de vácuo do MS para a atmosfera.
 - 6 Espere, pelo menos, 10 minutos, para permitir que o hidrogênio se dissipe.
 - 7 Inicie o GC e o MS, normalmente.

Ao usar gás hidrogênio, verifique se há vazamentos no sistema, para evitar possíveis incêndios e explosões, com base nos requisitos de Integridade e Segurança Ambientais (EHS). Sempre verifique se há vazamentos, após trocar um cilindro ou fazer manutenções nas linhas de gás. Sempre se certifique de que a exaustão da bomba da linha de vácuo e as ventilações da porta de injeção do GC estejam ventilando para uma capela.

수소 안전

경고

수소를 GC 운반 가스, 검출기 연료 가스로 사용하거나 JetClean 시스템 옵션에서 사용하면 위험할 수 있습니다.

경고

운반 가스나 또는 연료 가스로 수소(H₂)를 사용할 경우, 수소 가스가 GC 오븐으로 들어가서 폭발할 위험성도 있으니 유의하십시오. 따라서 수소 가스를 기기에 공급할 때는 모든 연결이 완료될 때까지 공급기가 꺼져 있는지 확인하고, 주입구와 검출기 컬럼 피팅이 항상 컬럼에 연결되어 있거나 뚜껑으로 덮여져 있는지 확인하십시오.

수소는 인화성입니다. 폐쇄된 공간에 가두었을 때 누출로 인해 화재 또는 폭발 위험이 야기될 수 있습니다. 수소를 사용하는 모든 응용 분야에서는 기기를 작동하기 전에 모든 연결, 라인 및 밸브에 대한 누출 테스트를 실시하십시오. 기기에서 작업하기 전에 항상 수소 공급원의 수소를 차단하십시오.

수소는 일반적으로 GC 운반 가스, 검출기 연료 가스, JetClean 시스템 옵션의 반응성 청소 가스로 사용됩니다. 수소는 폭발 가능성이 있으며 다음과 같은 위험성이 있습니다.

- 수소는 광범위한 농도에서 연소될 수 있습니다. 대기압에서 수소는 볼륨으로 4%~74.2% 농도에서 연소될 수 있습니다.
- 수소는 가스의 연소 속도가 가장 높습니다.
- 수소는 점화 에너지가 매우 낮습니다.
- 고압에서 급속도로 팽창될 수 있는 수소는 자연 점화될 수 있습니다.
- 수소는 밝은 빛 아래에서는 안 보일 수도 있는 불휘염입니다.

GC 예방조치

수소를 운반 가스로 사용할 때 GC 왼쪽 패널에 있는 GC/MS 인터페이스의 큰 원형 플라스틱 덮개를 벗기십시오. 만일 폭발이 일어나는 경우에는 이 덮개가 벗겨질 수도 있습니다.

GC/MS 작동에 고유한 위험성

수소는 다양한 위험을 야기합니다. 일부는 일반적이고, 또 다른 일부는 GC 또는 GC/MS 작동에 고유한 것입니다. 위험은 다음과 같으며, 이에 국한되지는 않습니다.

- 누출된 수소의 연소
- 고압 실린더에서 수소의 빠른 팽창으로 인한 연소
- GC 오븐에서 수소의 누적 및 이후의 연소(GC 설명서 및 GC 오븐 문의 상단 가장자리에 있는 레이블 참조)
- MS의 수소 누적 및 이후의 연소

MS의 수소 누적

경고

MS는 주입구 및/또는 검출기 가스 흐름의 누출을 감지할 수 없습니다. 이러한 이유로, 컬럼 피팅을 항상 컬럼에 연결하거나 뚜껑 또는 플러그를 설치해야 합니다.

경고

MS는 JetClean 시스템 옵션의 밸브 누출을 검출할 수 없습니다. 수소는 이 청소 시스템에서 MS로 누출될 수 있습니다. 항상 JetClean 시스템을 끄고 JetClean 질량 유량 제어기(MFC)의 수동식 수소 차단 밸브를 잠그고 진공 상태가 양호한지 확인한 후 MS를 환기시킵니다.

모든 사용자는 수소가 누적될 수 있는 메커니즘을 알고 있어야 하고(77페이지의 표 10) 수소가 누적되었음을 알거나 의심이 들 경우 어떤 예방조치를 취할 지를 알고 있어야 합니다. 이 메커니즘은 모든 질량 분석계에 적용됩니다.

표 10 수소 누적 메커니즘

메커니즘	결과
질량 분석계가 꺼졌음	질량 분석계를 의도적으로 종료할 수 있습니다. 또한, 내부 또는 외부 장애로 인해 뜻하지 않게 꺼질 수도 있습니다. 질량 분석계 종료로 인해 운반 가스의 흐름이 차단되지는 않습니다. 결과적으로 질량 분석계에 수소가 천천히 누적될 수 있습니다. LVDS 케이블이 MS와 GC 간에 제대로 연결되어 있는 경우, 운반 가스는 MS 종료와 함께 자동으로 차단되어야 합니다.
질량 분석계의 자동 차단 밸브가 닫힘	일부 질량 분석계에는 자동 확산펌프 차단 밸브, 검교정 바이알용 자동 차단 밸브, JetClean 시스템 옵션, 시약 가스가 장착되어 있습니다. 이러한 기기에서 고의적인 작업자 조치 또는 여러 가지 고장으로 인해 차단 밸브가 닫힐 수 있습니다. 차단 밸브 폐쇄로 인해 운반 가스의 흐름이 차단되지는 않습니다. 결과적으로 질량 분석계에 수소가 천천히 누적될 수 있습니다.
질량 분석계 수동 차단 밸브가 닫혔음	일부 질량 분석계에는 수동 디퓨전 펌프 차단 밸브가 장착되어 있습니다. 이러한 기기에서 작업자가 차단 밸브를 닫을 수 있습니다. 차단 밸브를 닫아도 운반 가스의 흐름이 차단되지는 않습니다. 결과적으로 질량 분석계에 수소가 천천히 누적될 수 있습니다.
GC 꺼짐	GC를 의도적으로 종료할 수 있습니다. 또한, 내부 또는 외부 장애로 인해 뜻하지 않게 꺼질 수도 있습니다. 다양한 GC가 다양한 방식으로 반응합니다. EPC(Electronic Pressure Control)가 장착된 8890, 9000, 또는 7890 GC를 차단하면 EPC가 운반 가스의 흐름을 중지합니다. 운반 흐름이 EPC에 의해 제어되지 않는다면 유량이 최대치까지 높아집니다. 이 유량은 일부 질량 분석계가 펌핑할 수 있는 양보다 많을 수 있으므로, 그 결과 질량 분석계에 수소가 누적될 수 있습니다. 동시에 질량 분석계가 종료되면 누적도 상당히 빨라질 수 있습니다.
전원 장애	전원이 공급되지 않으면 GC와 질량 분석계가 모두 종료됩니다. 그러나, 운반 가스가 반드시 차단되지는 않습니다. 앞서 설명했듯이 일부 GC에서는 전원 오류로 인해 운반 가스의 유량이 최대로 설정될 수도 있습니다. 결과적으로 질량 분석계에 수소가 누적될 수 있습니다.

경고

질량 분석계에 수소가 누적되었으면 질량 분석계를 제거할 때 각별히 주의를 기울여야 합니다. 수소로 채워진 질량 분석계를 잘못 기동하면 폭발이 일어날 수 있습니다.

경고

전원 장애 발생 후, 질량 분석계가 기동되고 펌프다운 프로세스를 자동으로 시작할 수 있습니다. 그렇다고 해서 시스템에서 모든 수소가 제거되었거나 폭발 위험이 완전히 제거되었다고 안심할 수는 없습니다.

예방 조치

수소 운반 가스를 사용한 GC/MS 시스템을 작동하거나, 수소를 분석기에 있는 MFC에서 MS로 공급하는 JetClean 옵션을 사용해 MS를 작동할 때에는 다음 예방조치를 취해야 합니다.

장비 예방 조치

경고

MS 전면의 유리창에서 플라스틱 덮개를 제거해야 합니다. 만일 폭발이 일어나는 경우에는 이 덮개가 벗겨질 수도 있습니다.

경고

전방 측면 플레이트 나비 나사가 손으로 단단히 조여졌는지 확인합니다. TQ(Triple Quad)에서 후면 분석기 측면 플레이트에 있는 상단 나비 나사를 손가락으로도 조여야 합니다. 나비 나사를 지나치게 조이지 마십시오. 공기가 누출될 수 있습니다.

경고

앞서 설명한 대로 MS를 고정하지 않으면 폭발 시 부상 위험성이 크게 높아집니다.

경고

Triple Quad MS에서 collision cell 챔버 상단 플레이트 배송 브래킷은 단단히 조인 상태로 두어야 합니다. 정상적인 작동을 위해 상단 플레이트에서 배송 브래킷을 제거하지 마십시오. 폭발 시 상단 플레이트를 보호합니다.

경고

수소가 GC 또는 MS의 연결로 배류되는 경우:

- 시스템이 꺼져 있거나 환기 중일 경우, 시스템 입구 연결로의 수소 공급(예: 수소 가스 실린더, 수소 발생기 또는 기타 수소 공급원으로부터)은 차단되어야 합니다.
- 환기 프로세스 중에 수동 환기 밸브를 여는 것이 중요합니다.
- MS 시스템을 펌프다운하기 전에: 분석기/측면 플레이트 도어를 10분 동안 45도 이상 연 후 MS 시스템의 전원을 켜서 펌프다운 프로세스를 시작합니다. 이 작업은 수소 누출이 발생할 경우 MS를 켜기 전에 MS 분석기 내의 수소 누적을 예방하기 위한 것입니다.

경고

MS 기체 유량:

컬럼 및/또는 반응 가스를 포함하여, MS로의 총 H₂/메탄 유량은 50mL/min을 초과하지 마십시오.

경고

포어라인 펌프:

- Agilent에서 승인한 펌프만 사용하십시오.
- Agilent IDP 펌프는 Agilent GC/MS 시스템과의 호환 가능 사용을 나타내는 GC/MS 부품 번호(즉, "G"로 시작하는 부품 번호)와 함께 Agilent를 통해 구매해야 합니다. Agilent Vacuum 부서나 기타 공급업체를 통해 직접 주문한 펌프에는 올바른 가스 밸러스트가 설치되어 있지 않을 수 있습니다.
- Agilent IDP 펌프는 제공된 주입구 밸브가 장착되어야 하며, 밸브는 정전 시 닫힙니다.
- Pfeiffer Duo 및 MVP 펌프는 가스 밸러스트가 닫힌 상태로 Agilent GC/MS 시스템과 함께 작동되어야 합니다.
- Edwards RV5 펌프는 가스 밸러스트가 닫힌 상태로 Agilent GC/MS 시스템과 함께 작동되어야 합니다.

경고

GC 구성:

- 수소를 사용하는 모든 가스 채널에 대해 펌웨어에 수소가 구성되어 있는지 확인합니다. 수소를 사용할 경우 수소에 대해 구성되지 않은 EPC는 GC의 수소 안전성 부분에 영향을 미칠 수 있습니다.
- GC 펌웨어의 모든 컬럼 연결이 올바르게 구성되어 있는지 확인하십시오(특히 MS 시스템으로의 연결).
- 가능한 경우 LVDS 케이블이 GC에 연결되어 있는지 확인하십시오. 이것은 MS에 펌프 고장이 있거나 전원이 꺼진 경우 GC에 운반 가스를 차단하도록 지시합니다.

일반적인 실험실 예방조치

- 운반 가스 라인, 연료 가스, JetClean 시스템 옵션 라인에 누출이 발생하지 않도록 해야 합니다. 누출 점검 장비를 사용하여 주기적으로 수소 누출을 확인하십시오.
- 실험실에서 가능한 많이 점화원(나화, 불꽃을 일으킬 수 있는 장치, 정전기원 등)을 제거하십시오.
- 고압 실린더의 수소가 바로 대기로 빠져나가지 않도록 하십시오(자연 발화 위험).
- 수소병 대신 수소 발생기를 사용하십시오.

작동 예방조치

- GC 또는 MS 를 끌 때마다 수소와 기타 다른 가스 공급을 차단하십시오. 공급은 가스 공급원에서 차단되어야 합니다.
- GC 또는 MS를 끌 때마다 소스에서 수소를 차단하십시오.
- MS를 배출할 때마다 소스에서 수소를 차단하십시오.(운반 가스 흐름 없이 캐필러리 컬럼을 가열하지 마십시오.)
- Triple Quad에서 collision cell 가스로 수소를 사용하지 마십시오.
- MS의 차단 밸브를 닫을 때마다 소스에서 수소를 차단하십시오.(운반 가스 흐름 없이 캐필러리 컬럼을 가열하지 마십시오.)
- 전원 장애가 발생할 경우 수소 공급원의 수소를 차단하십시오.
- GC/MS 시스템이 저절로 재시작되었다라도 시스템이 무인 상태에서 전원 오류가 발생할 경우,
 - 1 즉시 수소 공급원의 수소를 차단하십시오.
 - 2 GC를 끄십시오.
 - 3 MS를 끄고 1시간 동안 냉각시키십시오.
 - 4 실내에 있는 모든 잠재적 점화원을 제거하십시오.
 - 5 MS의 진공 매니폴드를 대기로 방출하십시오.
 - 6 수소가 소멸되도록 10분 이상 기다리십시오.
 - 7 GC 및 MS를 정상적으로 시작하십시오.

수소 기체를 사용할 때, 현지의 환경 보건 및 안전(EHS) 요구사항을 기반으로 화재 및 폭발 위험 가능성을 방지하기 위해 시스템의 누출을 확인하십시오. 탱크를 교체하거나 가스 라인을 수리한 후에는 항상 누출을 확인하십시오. 포어라인 펌프 배기구와 GC 주입 포트 환기구가 모두 흡 후드로 환기되었는지 항상 확인하십시오.

www.agilent.com

© Agilent Technologies, Inc. 2022

First edition, July 2022



G7006-90053

