تحلیل و بررسی چگونگی تشکیل هایدروجن فلزی

پوهاند ریحـانه پوپلزی[۶]
تقریظ‌دهنده: پوهاند طاهره نبی

مجلۀ علمی- تحـقیقی حـوزۀ علـوم
طـبیعی پوهـنتون کابل، ۱ (۳) ۱۳۹۹

چکیده

از اواخر قرن نوزدهم میلادی دانشـمندان در جسـت‌جوی هایدروجن فلزی بودند. در سـال ۱۳۹۱ دو تن از دانشـمندان پیش‌بینی کردند که با ایجاد تراکم شـدید در هایدروجن به اندازۀ تقریباً ۵۱ گیگا پاسـکال می‌توان به یک تغییر حالت در مالیکول‌های حقیقی هایدروجن به‌وجود بیاورند. تاکنون تولید هایدروجن فلزی در لابراتوارها یکی از رقابت‌های بزرگی در علم فزیک در فشارهای بلند بوده است. در حالت عادی (که در تحت فشار قرار نگرفته باشد) مقدار انرژی بین نوار هادی و ظرفیت هایدروجن در حدود ۱۱ الکترون ولت اسـت، اما با افزایش فشـار بلند مالیکول‌ها با هم نزدیک‌تر شـده و بالآخره انرژی بین آن‌ها از ۱۱ الکترون ولت به ۰,۹ الکترون ولت کم می شود که گذار به‌حالت فلزی را نشان می‌دهد. در این مقاله به‌مطالعات لابراتوری و چالش‌های موجود برای تولید هایدروجن فلزی و موارد استفادۀ آن پرداخته شده است.

اصطلاحات کلیدی: هایدروجن فلزی؛ سوپرکاندکتیویتی؛ پیشرانه موشک؛ هایدروجن جامد؛ تولید منبع جدید انرژی

Evaluation and Investigation of Metal Hydrogen Creation

Professor Raihanah Popalzai

Abstract

This paper present the study and laboratory challenges of producing of metallic hydrogen and uses of metallic hydrogen. Scientists have been trying to produce metallic hydrogen for last decades, but no one has managed to show incontrovertible evidence of success yet. The Scientists predict in 2012 that use of a new type of high-pressure test chamber to squeeze 51Gpa hydrogen until it shifted into the fabled metallic hydrogen. This research could help advance planetary science and lead to new materials. First off, it is believed to have superconducting properties at room temperature and is meta-stable (meaning that it will retain its solidity once it has been brought back to normal pressure). In normal situation (without high pressure) the amount of energy between conductive line and capacity of hydrogen is 11 electron volt. In addition, if high pressure is applied the molecules squeezes and the energy decreases to 0.9 electron volt which the gas become in metal state. The scientists believed that the metallic hydrogen can be used as fuel or chimerical energy for rockets.

Keywords: Metal Hydrogen; Super conductivity; Rocket propulsion; Solid Hydrogen; New energy production

ارجاع

پوپلزی، ریحانه. (۱۳۹۹). تحـلیل و بررسی چگونگی تشکیل هایدروجن فلزی. مجـلۀ علمی- تحقیقی حوزۀ علوم طبیعی پوهنتون کابل، شمارۀ ۱ (۳)، صص ۸۳ – ۹۰.

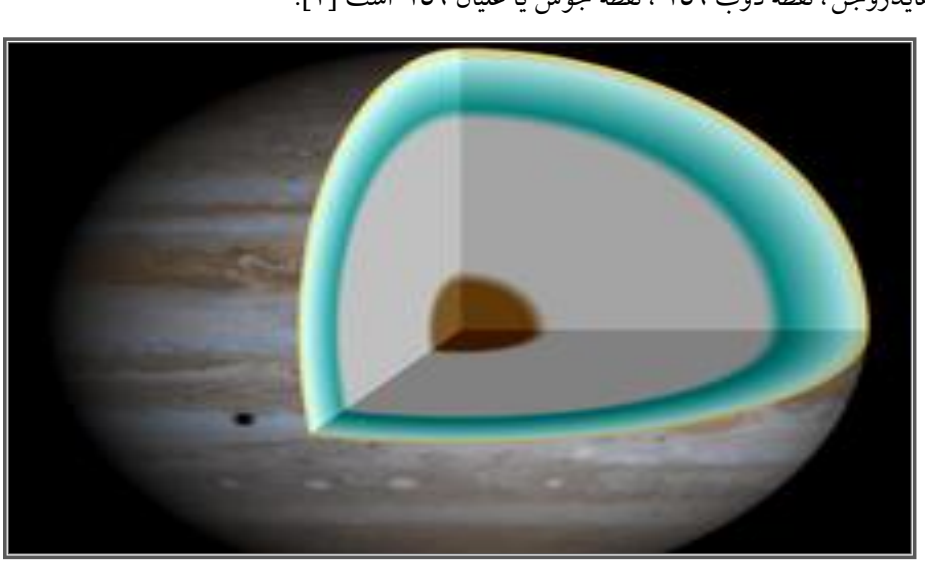
---

[۶] استاد پوهنځی کیمیا، پوهنتون کابل

مقدمه

هایدروجن، سبک‌ترین عنصر موجود در طبیعت که تاکنون به‌صورت گاز یا مایع موجود بوده است. اکنون در تحقیقات جدید توانسته اند این ماده را به صورت فلزی نیز بسازند. کشف مهمی که ممکن اســت آیندهٔ تکنالوژی را متحول کند. هایدروجن اولین عنصرــ جدول تناوبی با وجود تنها الکترون خود که در تیوری کلاسیک تنها در قشر الکترونی قرار گرفته، بیشتر شبیه فلزات است. به‌همین دلیل هایدروجن در گروپ اول و بالاتر از لیتیم، سودیم و پوتاسیم قرار دارد.

هایدروجن گاهی رفتار فلزی از خود نشــان می‌دهد، به این معنی که تنها الکترون خود را در اختیار اتم‌های غیر فلز مانند اوکسیجن و فلورین قرار می‌دهد. در حرارت پائین هایدروجن به‌حالت مایع پیدا می شود و در حالت معمولی یک گاز اشتعال‌پذیر و البته بسیار سبک است. محققین اکنون به حالت جامد هایدروجن رسیده اند که شاید کشفی علمی با کاربرد کم تلقی شد اما توجه باید کرد که این کشف علمی، یک رویداد صرفاً جالب و خواندنی نبوده بلکه پوتنسیل متحول کردن دنیای تکنالوژی در آن نهفته است. ده‌ها سال از مطرح شدن تیوری هایدروجن جامد گذشته و حالا برای اولین بار این تیوری رنگ واقعیت را به‌خود می‌گیرد [۵]. برای تولید هایدروجن بین حالت جامد و مایع از یک عملیهٔ سردسازی پیوسته بهره‌برده می‌شود که در آن هایدروجن مایع در نقطه سه‌گانه در خلا قرار می‌گیرد، سپس از یخ‌شکن که از هایدروجن جامد ساخته شده است، برای از هم‌گسیختن رویه هایدروجن یخ زده (هایدروجنی که در سرحد نقطهٔذوب قرار دارد) استفاده می‌شود. کثافت این هایدروجن، نقطه ذوب ۲۵۹-، نقطه جوش یا غلیان ۲۵۹- است [۲].



شکل ۱: مشتری و زحل دارای مقدار زیادی از هایدروجن فلزی (به رنگ خاکستری) می‌باشد.

هایدروجن جامد، همان حالت جامد عنصر هایدروجن است که با کاهش حرارت هایدروجن تا تحت نقطه جوش برابر با ۱۴،۰۱ کالوین یا ۲۵۹،۱۴- درجه سانتی‌گراد حاصل گردیده است. نخستین بار جیمز دیوئر در سال ۱۸۹۹ توانست هایدروجن را جامد کند. او نتیجه کارش را در مقاله‌ی با عنوان "درباره انجماد هایدروجن" (solidification de hydrogens) در سال‌نامۀ کیمیا و فزیک، سلسله ۷، اکتوبر ۱۸۹۹ منتشر کرد. کثافت هایدروجن جامد ۰،۰۸۶ گرام فی سانتی‌متر مکعب است. این ماده سبک‌ترین جامد شناخته شده است [۱].

پیشینۀ تحقیق

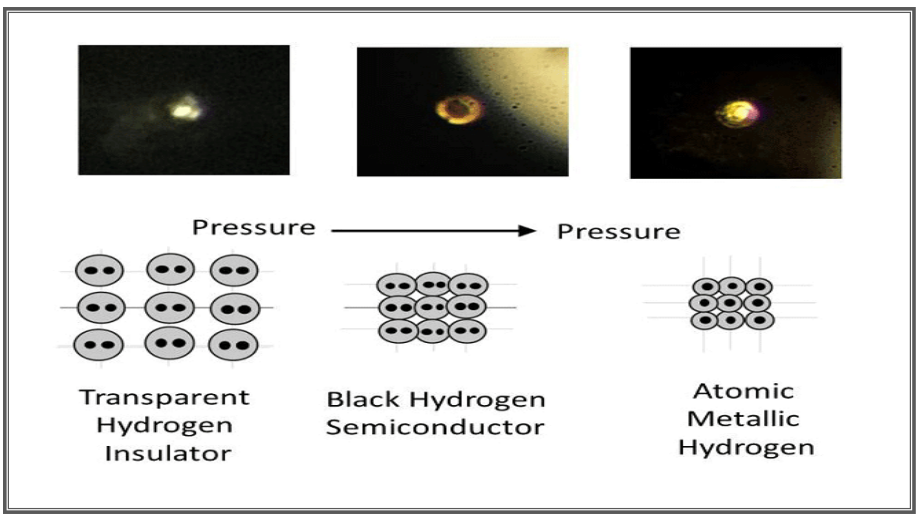
طوری‌که آگاهی دارید این مطلب یک مطلب جدید و قابل توجه دانشمندان جهان گردیده است. چنان‌چه در سال ۱۹۳۵، دو فزیک‌دان به‌نام‌های وینگر و بل، پیش‌بینی کردند که در فشارهای بسیار بلند حدود ۲۵ گیگا پاسکال (یعنی حدود ۲۶ هزار بار بیشتر از فشاراتمسفیر)، روابط عادی بین اتم‌های هایدروجن‌های فلزی می شکند و الکترون‌ها می‌توانند آزادانه حرکت کنند. به‌زبان ساده یک مادۀ شفاف به ماده براق تبدیل می‌شود، یعنی همان ویژگی‌های که از یک فلز انتظار داریم . در حقیقت فلز را به‌صورت ماده‌ی تعریف می‌کنیم که حتی وقتی آن‌را تا پائین‌ترین حرارت‌های ممکن (یعنی نزدیک به صفر مطلق)، سرد کنیم، باز هم قادر به‌هدایت مقدار معینی از برق است [۳].

محققان پوهنتون هارورد می‌گویند که مؤفق به ساخت ماده‌ای شده اند که می‌تواند نوعی انقلاب در دنیای فزیک تلقی شود. این ماده که در گذشته تنها در حد تیوری تصور می شد، هایدروجن فلزی جامد است. دو فزیک‌دان پوهنتون هارورد به‌نام‌های Range dais رانگا دیاس و Silvera ایزاک سیلورا ادعا کرده اند که مؤفق به پیدا کردن راه‌کاری برای ساخت جسمی هایدروجنی شده اند که در آن فشار وارده ۲۰ برابر بیشتر از فشار حدس‌زده شده در هشتاد سال گذشته است؛ در حقیقت این فشار شدیدتر از فشار موجود بر مرکز زمین است. سیلورا می‌گوید: "این کشف را می‌توان جام مقدس فزیک تلقی کرد. این نمونه، نخستین هایدروجن فلزی در سطح زمین است. از این‌رو وقتی به دنبال کشف آن هستید، در حقیقت به‌دنبال چیزی می‌گردید که تا پیش از این هرگز وجود نداشته است".

هایدروجن فلزی metallic hydrogen حالتی از ماده‌ی در فازات هایدروجن است که در آن هایدروجن به‌حیث یک هادی برقی عمل می‌کند. وجود چنین حالتی به صورت نظری در سال ۱۹۳۵ توسط یوجین ویگنر فزیک‌دان امریکایی پیش‌بینی شده بود اما به‌دلیل ضرورت به فشار بسیار بلند تا سال 2016 میلادی در لابراتوار مشاهده نشده بود. در شرایط حرارت و فشار بلند، هایدروجن فلزی ممکن به صورت مایع و نه جامد وجود داشته باشد و محققان بر این باور اند که هایدروجن در چنین

حالتی و در مقدارهای بزرگی در بخش‌های به شدت زیر فشار جاذبه داخلی مشتری، زحل و بعضی از سیاره‌های ماورای آفتابی وجود دارد [۴]. هم‌چنین، هایدروجن فلزی می‌تواند پیامدهای زیادی در علم دا شته با شد. بر ا ساس گفته‌های نا سا، سیارهٔ م شتری در حالت تیوری دارای ه سته هایدروجنی بوده که امید می‌رود توسط فضا پیمای Juno شناسائی شود.

این اولین باری نیســت که دانشــمندان ادعای کشــف هایدروجن فلزی را مطرح می‌کنند. ادعای دان شمندان آلمانی در سال ۲۰۱۲ با انتقادات زیادی مواجه شد که آن‌ها را از طرح این ادعا پ شیمان کرد. بعدها در مجله Nature گزارش داد که مقالهٔ آن‌ها باید خوانده شــود و احتمال زیاد دارد که این محققان، هایدروجن فلزی را ســاخته باشــند. هم‌چنان مســایلی‌که باعث ســوال‌برانگیز بودن کشــف آلمانی‌ها شد. در مقالهٔ محققان هارود به‌چاپ رسید که این خود دال بر صحت این تحقیقات می‌کند.



شکل ۲: پیش‌بینی تبدیل گاز هایدروجن به حالت فلزی

محــــققان پوهنتون هاروارد در اکتوبر ۲۰۱۶ مدعی مشــــاهده لابراتواری هایدروجن فلزی در فشار حـدود ۴۹۵۰۰۰۰ بار و ۴۸۹۰۰۰۰ اتموسـفیر و به سـتندرد ۷۱۸۰۰۰۰۰ پوند بر انچ مـربع شـده اند کـه این ادعا در ابتـدای سـال 2017 میـلادی با انتـشار رسمی این یافتـه در نشـریه سـاینس تأئیـد گـردید (http://adsabs.harvard.edu/abs/...).

چالش‌های ساخت هایدروجن فلزی

محققان برای پاسـخ به این سـؤال، به سراغ قدرت‌مندترین ماده دنیا رفتند: الماس! اما حتی الماس هم در فـشارهای بـسیار زیاد برای تولید هایدروجن فلزی می شکند! بنابراین، دان شمندان به‌دنبال راه‌های برای محکم‌تر کردن الماس گـشتند. در حقیقت آن‌ها در جـست‌جوی سیـستمی بودند که فاقد عوامل

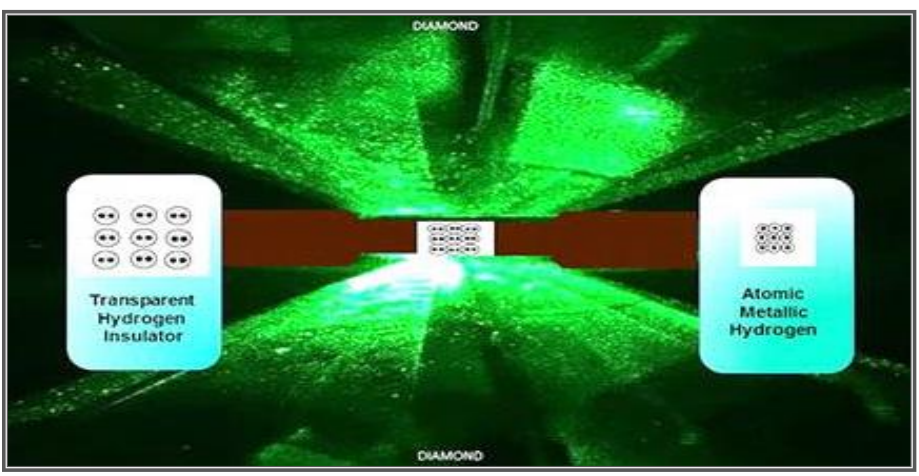
شکنندۀ الماس باشد. الماس‌هایی که به‌طور طبیعی از زمین، استخراج می‌شوند، دارای نا خالصیت‌ها در داخل‌شان استند، بنابراین، دانشمندان تصمیم گرفتند از الماس‌هاس سنتیزی استفاده کنند که فاقد چنین نا خالصیت‌ها باشند. راه اصلی برای صیقل دادن الماس، استفاده از پودر الماس است اما این روش می‌تواند باعث بیرون‌زدگی برخی از اتم‌های کاربن از صفحۀ شبکه‌ای الماس شده و در حقیقت نقص ساختمانی، باعث شکنندگی الماس شده و در نتیجه مطلوب نیست (http://science.sciencemag.org/content/early/2017/01/25 scienc.aalls79).

بالآخره دانشمندان از یک روش جایگزین، یعنی عمل کیمیاوی برای نازک‌کردن لایۀ سطحی استفاده کردند که نقص ساختمانی ایجاد نمی‌کرد. این پایان مشکلات نبود! مشکل دیگر این بود که در چنین فشار بلند، گاهی اتم‌های هایدروجن به‌داخل الماس‌ها نفوذ کرده و باعث شکستن آن‌ها می‌شدند. دانشمندان برای جلوگیری از بروز چنین مشکل، الماس‌ها را با قشر المونیمی پوشاندند.

در نهایت تمام سیستم تا حرارت هلیوم مایع، یعنی ۲۶۹- درجه سانتی‌گراد سرد شد و الماس‌ها، نمونه‌های کوچک هایدروجن را به شدت فشردن. با افزایش فشار مالیکول‌های هایدروجن شروع به‌تغییر رنگ کردند. هایدروجن شفاف، تبدیل به هایدروجن درخشان و براق شد. تجارب تکمیلی برای تأئید این‌که هایدروجن فلزی است، انجام شد (فشار وارده ۴۹۵ گیگاپاسکال) [۹].

یافته‌های تحقیق

هایدروجن فلزی شکل عجیب این عنصر- به‌شمار می‌رود، این شکل جالب حتی در حرارت‌های پائین هادی برق است. دانشمندان هایدروجن فلزی را با فشرده کردن آن در فشار بسیار بلند بین دو الماس فوق خالص ساختند [۱۱].



شکل ۳: تشکیل هایدروجن شفاف عایق و هایدروجن اتمی فلزی

موارد استفادهٔ شگفت‌انگیز هایدروجن فلزی

دانشمندان هنوز چیزی زیادی در مورد خصوصیات این ماده نمی‌دانند. مجموعه دستگاه‌های این تجربه، هنوز در لابراتوارها منتظر تحقیقات بعدی است. تجربه نشان می‌دهد وقتی الماس‌ها را تا بیش از یک میلیون اتمو سفیر فشار دهیم و سپس رها کنیم به صورت قطعی می شکند. اگر فشار وارده را بردارند آیا هایدروجن فلزی پایدار خواهند ماند یا نه؟ نمی‌دانیم. اگر بعد از برداشتن فشار ثابت بماند انقلابی اتفاق می‌افتد، به این معنی که برای ساختن هادی‌های عالی حرارت اتاق استفاده شده می‌تواند و دیگر ضرورتی برای ساختن دستگاه MRI از هادی‌های عالی حرارت اتاق نمی‌باشد، و دیگر ضرورتی برای سردکردن آن تا حرارت هلیوم مایع نخواهد بود [۸].

از طرفی هایدروجن فلزی می‌تواند قوی‌ترین سوخت موشکی باشد که بشر تاکنون کشف کرده، به‌شرطی که بتوانیم راه‌های تولید انبوه آن‌را پیدا کنیم. برای تولید هایدروجن فلزی، به فشار بسیار بلند و در نتیجه صرف انرژی بسیار بلند ضرورت است. وقتی اتم‌های هایدروجن دوباره ترکیب شوند به‌حالت مالیکول عادی بر می‌گردند. انرژی فوق‌العاده زیادی را آزاد خواهند کرد و چون هایدروجن سبک‌ترین عنصر ـ است، مالیکول دوباره ترکیب شده و تاحدود ده‌مرتبه سبک‌تر از سوخت فعلی موشک‌ها خواهد بود. دانشمندان قصد دارند پایداری هایدروجن فلزی و هادی‌های عالی حرارت اتاق را در معرض تجربه بگذارند .

مناقشه

Alexander Gonchrofe الکساندر گونچاروف از موسسه علوم کارنگی در مصاحبه با بخش خبری ژورنال نیچر Nature معتقد است مادهٔ براق کشف شده در پوهنتون هاردوارد می‌تواند اوکساید المونیمی که برای پوشش داخل الماس استفاده شده و در شرایط تحت فشار روشی متفاوتی از خود نشان می‌دهد [۷].

Paul lobber پاول لوبیر، یکی از فزیک‌دانان کمیسیون انرژی اتمی فرانسه در موافقت با این توجیه می‌گوید: "اگر آن‌ها (دیاس و سیلورا) می‌خواهند اعضای جامعهٔ علمی را متقاعد کنند، باید اندازه‌گیری را به‌خصوص بخش تکامل فشار را دوباره انجام دهند. سپس باید نشان دهند که در این محدودهٔ فشار، اوکساید المونیم در حال تبدیل شدن به فلز نیست" [۱۰].

با تمام این اوصاف، سیلورا و دیاس بر نتایج خود ایستادگی کرده اند. در نهایت به‌نظر می‌رسد این بحث با انجام تجربه‌های بیشتر خود به خود حل و فصل خواهد شد. ضمن این که آن‌ها درنظر دارند

فلز موجود را بررسی کنند تا در صورت میتا، پایدار بودن، امید خود را از سر بگیرند. اما و اگرهای زیادی برای حل این مسأله وجود دارد که از جملۀ آن می‌توان به بررسی ثبات حرارتی و عمل تولید انبوه هایدروجن فلزی اشاره کرد (http://www.webcitation.org).

از طرفی هایدروجن فلزی می‌تواند قوی‌ترین سوخت موشک یا راکت باشد که بشر تاکنون کشف کرده، به شرطی که بتوانیم راه‌های تولید انبوه آن‌را پیدا کنیم. اجازه دهید ببینیم هایدروجن مایع چه‌طور می‌تواند نقش سوخت موشک را بازی کند: همان‌طور که گفتیم برای تولید هایدروجن فلزی، به فشار بسیار بلند و در نتیجه صرف انرژی بسیار زیاد نیاز مندیم.

نتیجه‌گیری

این ماده meta-stable است، به این معنی که با حذف فشار، حالت مایع و سپس گاز را به‌خود نمی‌گیرد. درست است مثل الماس که بعد از برداشته‌شدن فشار به‌حالت قبلی بر نمی‌گردد. این ثبات، محققان را به‌کاربردهای جالب مادۀ نادری که کشف شده، امیدوار می‌کند.

مشکل اکثر مواد هادی برق این است که انرژی را ضایع می‌کنند. ممکن ۱۵ درصد انرژی برقی به‌صورت حرارت ضایع شود. هایدروجن فلزی، مادۀ جدیدالظهور دنیای علم، این مشکل را نخواهد داشت و می‌تواند در حرارت اتاق به‌صورت جامد باقی بماند و به‌خوبی برق را هدایت کند. شاید به‌نظر برسد که ۱۵ درصد اتلاف حرارت مهم نیست، اما جالب است بدانیم که اکثر IC ها به علت تولید حرارت نمی‌توانند در سرعت‌های بلند کار کنند[۹].

ارمتز Armetz هم در بخش کیمیای مؤسسۀ ماکس پلانک آلمان در زمینۀ تولید هایدروجن فلزی کار می‌کند. در سال 2012، با همکارانش گمان کرده اند اولین ذرات این ماده را تولید کرده اند؛ اما امروز می‌گویند شواهد آن‌ها قطعی نبوده است.

محققانی از جمله پروفیسور Yogini Gregorian یوگن گرگوریانز از پوهنتون ادینبورگ تلاش کرده اند تا هایدروجن مایع فلزی تولید کنند. گرگوریانز در رابطه به تجربۀ اخیر دیاس و سیلورا گفته است : "کلمه زباله به‌سختی می‌تواند این یافته را توصیف کند!".

یکی از بخش‌های که بر سر آن اختلاف نظر وجود دارد، استفاده از پوشش‌های داخل سلول‌های سندان الماس است. هر چند که آن‌ها باعث تقویت الماس می‌شوند؛ اما تفسیر اندازه‌گیری‌های لیزر و تعیین کشف واقعی را مشکل‌تر می‌کنند.

منابع

[1]. Ashcroft, N. W. (1968). "Metallic Hydrogen: A High-Temperature Superconductor"? Physical Review Letters .

[2]. Atkins. (2006). Physical Chemistry.8th Edition. printed by Oxford University and New York press .pp 40-106

[3]. Atkins. (2002). Physical Chemistry, 7th Edition .printed by Oxford University, New York, pp 200-236

[4]. Atkins. (1998). Physical Chemistry 6th Edition .printed by Oxford University, New York press. pp 25-40

[5]. Atkins. (1994). Physical Chemistry 5th Edition .printed in the United States of America press USA.pp .320

[6]. Chang, Kenneth (16 August 2018). "Settling Arguments about Hydrogen with 168 Giant Lasers". The New York Times. Retrieved 18 August 2018.

[7]. Crane, L. (26 January 2017)" .Metallic hydrogen finally made in lab at mind-boggling pressure."

[8]. Dias, R. P.; Silvera, I. F .(2017) "Observation of the Wigner-Huntington transition to metallic hydrogen."

[9]. Emsley, John. (2001). Nature's Building Blocks. Oxford: Oxford University Press. pp 183–191. ISBN 0-19-850341-5.

[10]. Guillot, T. Stevenson, D. J.; Hubbard, W. B.; Salmon, D. (2004). "Chapter 3: The Interior of Jupiter .Cambridge University Press .ISBN. 0-521-818-8-7.

[11]. Winter, Mark. "Hydrogen: historical information". Web Elements Ltd, 2007. Archived from the original on 25 December 2012. Retrieved 2008-02-05.

[12]. Zurek, E.; et al. (2009). "A little bit of lithium does a lot for hydrogen". Proceedings of the National Academy of Sciences. 106 (42): 17640-3.