# فصل دوم

# مشخصات توریوم و کاربرد های آن

## ۲-۱-کلیات

توریوم(Thorium) از عنصرهای شیمیایی جدول تناوبی است، و یک عنصر رادیو اکتیو است و با نماد Th نشان داده می شود عدد اتمی آن ۹۰ است.

توریوم در سال ۱۸۲۸ توسط معدن شناس نروژی به نام Morten Thrane Esmark کشف شده و توسط شیمیدان سوئدی به نام Jöns Jakob Berzelius شناسایی شد.

توریوم یکی از پُر چگالی ترین مواد موجود روی این کره خاکی است، که حدود ۲۰ میلیون برابر ذغال سنگ انرژی دارد و می توان به عنوان یک منبع ایده‌آل انرژی از آن بهره گرفت.

توریوم تولید یک گاز رادیو اکتیو، رادون ۲۲۰ می کند که یکی از محصولات تجذیه پذیر توریوم است. دیگر محصولات توریوم شامل رادیوم[1] و اکتینیوم[2] می باشد. در طبیعت تقریبا تمام توریوم به صورت توریوم ۲۳۲ یافت می شود که دستخوش تجزیه پذیری آلفا شده و نیمه عمری[3] در حدود ۱۴/۰۵ میلیارد سال دارد. سایر ایزوتوپ های توریوم بطور متوسط در زنجیره تجزیه پذیری عناصر بالاتر دارای عمر کوتاهی هستند، و تنها در مقادیر جزئی یافت می شوند. توریوم حدود سه یا چهار برابر بیشتر از اورانیوم در پوسته زمین تخمین زده می شود و عمدتا از ماسه مونازیت به عنوان یک محصول جانبی از استخراج فلزات خاکی کمیاب تصفیه می شود.

توریوم یک بار به طور اشتراکی به عنوان منبع نور در توری های گازی و به عنوان یک ماده آلیاژی مورد استفاده قرار گرفت، اما این کاربرد ها به دلیل نگرانی در مورد رادیواکتیو بودن آن کاهش یافته است. توریوم همچنبن به عنوان یک عنصر آلیاژی در الکترودهای جوشکاری TIG استفاده می شد. توریوم و اورانیوم تنها عناصر رادیو اکتیو با کاربرد های تجاری هستد که این کاربرد ها تنها با تکیه بر رادیواکتیویته آنها نیست.

تشعشعات مربوط به اشعه های به کار رفته در مطب های دندان پزشکی بیشتر از تشعشعات مربوط به توریوم است و آن را هم می توان به کمک یک فویل آلومینیومی کنترل کرد.

توریوم (Thorium)، عنصری رادیو اکتیو است که از آن می توان در قالب یک اشعه لیزر، برای گرم کردن آب، تولید بخار و تامین انرژی هر توربینی استفاده کرد.

توریوم خالص یک فلز نقره ای- سفید است که در مقابل هوا پایدار بوده و درخشندگی خود را برای چند ماه حفظ می کند. توریوم هنگامی که با اکسید فاسد شد، به آرامی در هوا کدر شده و به رنگ خاکستری و در نهایت سیاه در می آید. میزان فساد با اکسید تا حد زیادی خواص فیزیکی توریوم را تحت تاثیر قرار می دهد.

خالص ترین نمونه های توریوم اغلب شامل چند دهم درصد اکسید است. توریوم نرم و بسیار انعطاف پذیر است.

---

[1] radium
[2] actinium
[3] half-life

جدول(۲-۱) خواص فیزیکی توریوم

| جامد | | | | | | فاز |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $11.7\ g{\cdot}cm^{-3}$ | | | | | | چگالی |
| 3348 °F 1842 °C 2115 K | | | | | | نقطه ذوب |
| 8650 °F 4788 °C, 5061 K | | | | | | نقطه جوش |
| $13.81\ kJ{\cdot}mol^{-1}$ | | | | | | گرمای نهان ذوب |
| $514\ kJ{\cdot}mol^{-1}$ | | | | | | گرمای نهان تبخیر |
| $26.230\ J{\cdot}mol^{-1}{\cdot}K^{-1}$ | | | | | | ظرفیت گرمای مولی |
| فشار بخار | | | | | | |
| P (Pa) | 1 | 10 | 100 | 1 k | 10 k | 100 k |
| at T (K) | 2633 | 2907 | 3248 | 3683 | 4259 | 5055 |

## ۲-۲-خواص شیمیایی

توریوم به آهستگی توسط آب احاطه می شود، اما در بیشتر اسیدهای رایج قابل حل نیست، البته به جز اسید هیدروکلریک. توریوم در اسیدنیتریک غلیظ حاوی مقدار کمی از یون فلوراید کاتالیستی حل می شود.

اکسید توریوم $ThO_2$ است. متداول ترین حالت اکسیداسیون توریوم ۴+ است همانطور که در $ThF_4$ می بینیم، اما توریوم همچنین دارای حالت اکسیداسیون ۳+ است مانند $ThI_3$.

توریوم برای فعال سازی پیوندهای کربن- هیدروژن و تشکیل ترکیبات غیرمعمول ارائه شده است.

## ۲-۳-ترکیبات

ترکیبات توریوم در حالت اکسیداسیون ۴+ پایدار هستند.

توریوم دی اکسید بالاترین نقطه جوش را در میان تمام اکسیدهای توریوم داراست.

توریوم(IV)نیترات و توریوم(IV) فلوراید در اشکال هیدراته خود شناخته شده اند: $Th(NO_3)_4.4H_2O$ و $ThF_4.4H_2O$.

توریوم(IV)کربنات نیز شناخته شده است.

وقتی که با پتاسیم فلوراید و هیدروفلوئوریک اسید وارد عمل می شود، $Th^{4+}$ تشکیل یک آنیون پیچیده $ThF_6^{2-}$ میدهد که به صورت یک نمک غیرقابل حل یعنی $K_2ThF_6$ رسوب می کند.

توریوم(IV)هیدروکسید $(Th(OH)_4)$ اصلا در آب حل نمی شود و آمفوتر نیست. پروکسیدتوریوم، $ThO_4$ یا $Th(O_2)_2$، نیز یک جامد انحلال ناپذیر است که از این ویژگی توریوم می توان برای جداسازی توریوم از دیگر یون ها در محلول استفاده کرد.

درحضور آنیون فسفات $Th^{4+}$ تشگیل رسوباتی از مواد مختلف را می دهد، که در آب غیرقابل حل و در اسید قابل حل می باشند.

توریوم مونوکسید اخیرا از طریق سوزاندن لیزری توریوم در حضور اکسیژن تولید شده است. این مولکول که بسیار قطبی است بزرگترین میدان الکتریکی داخلی شناخته شده را دارد.

جدول(۲-۲) خواص اتمی توریوم

| | |
|---|---|
| حالت های اکسیداسیون | ۱،۲،۳،۴ |
| الکترونگاتیوی | ۱/۳(درجه پاولینگ) |
| انرژی یونیزاسیون | اولین: 587 $kJ \cdot mol^{-1}$ |
| | دومین: 1110 $kJ \cdot mol^{-1}$ |
| | سومین: 1930 $kJ \cdot mol^{-1}$ : |
| شعاع اتمی | 179 pm |
| شعاع کووالانس | 206±6 pm |

## ۲-۴-ایزوتوپها

بیست و هفت رادیوایزوتوپ شناسایی شده اند که دارای یک محدوده در جرم اتمی از ($^{210}Th$) 210 u تا ($^{236}Th$) 236 u می باشند. در جدول زیر ایزوتوپ های توریوم مشاهده می شود:

جدول(۲-۳)پایدارترین ایزوتوپ ها

| iso | NA | half-life | DM | DE (MeV) | DP |
|---|---|---|---|---|---|
| $^{228}Th$ | trace | 1.9116 y | α | 5.520 | $^{224}Ra$ |
| $^{229}Th$ | trace | 7340 y | α | 5.168 | $^{225}Ra$ |
| $^{230}Th$ | trace | 75380 y | α | 4.770 | $^{226}Ra$ |
| $^{231}Th$ | trace | 25.5 h | $\beta^-$ | 0.39 | $^{231}Pa$ |
| $^{232}Th$ | 100% | $1.405\times10^{10}$ y | α | 4.083 | $^{228}Ra$ |
| $^{234}Th$ | trace | 24.1 d | $\beta^-$ | 0.27 | $^{234}Pa$ |

## ۲-۵-کاربردهای توریوم

توریوم یک ترکیب از سری آلیاژهای منیزیوم است که mag-thor نامیده می شوند.و در موتورهای هواپیما و موشک ها استفاده می شود و موجب استحکام بالا و افزایش مقاومت در دماهای بالا می شود. منیزیوم توریتد[۱] در ساخت موشک CIM-10Bomarc استفاده گردید، اگرچه نگرانی هایی در مورد رادیواکتیو بودن آن منجر شد تا از نمایش برخی از این موشک ها در حضور عموم صرف نظر شود.
از توریوم همچنین به صورت اکسید آن(Thoria) در جوشکاری GTAW[۲] برای افزایش مقاومت الکترود تنگستن در دمای بالا و بهبود پایداری قوس استفاده می شود. الکترودها به صورت EWHT-1 شامل ۱٪ توریا وEWHT-۲ شامل ۲٪ توریا طبقه بندی می شوند. در تجهیزات الکتریکی پوشش توریومی سیم تنگستن انتشار الکترون را از کاتد گرم شده بهبود می بخشد.
توریوم سپر تابش بسیار موثری است، اگرچه از آن برای این منظور استفاده نشده است همانطور که از سرب یا اورانیوم کاهیده استفاده نمی شود. اورانیوم-توریوم در تعیین قدمت فسیل های انسان، بستر دریاها و رشته کوه ها مورد استفاده قرار گرفته است.
نگرانی های محیط زیست در مورد رادیو اکتیو بودن توریوم منجر به کاهش تقاضا برای استفاده غیر هسته ای از توریوم در سال ۲۰۰۰ شد.

### ۲-۵-۱-کاربردهای ترکیبات توریوم

توریوم دی اکسید($ThO_2$) و توریوم نیترات ($Th(NO_3)_4$) در توری های روشنایی های قابل حمل از جمله چراغ های گاز طبیعی و چراغ های نفتی و چراغ کمپینگ مورد استفاده قرار گرفته است. این توری ها با نور سفید شدید (بدون ارتباط به رادیواکتیویته آن) در صورتی که با شعله یک گاز گرم شوند می تابند و رنگ آن می تواند با افزودن سریم به زرد تمایل پیدا می کند.
توریوم دی اکسید یک ماده ای برای سرامیک های مقاوم در برابر حرارت است به عنوان مثال در بوته های ذوب فلزات در آزمایشگاه ها در دماهای بالا مورد استفاده قرار می گیرد.
این ماده وقتی به شیشه افزوده می شود کمک می کند تا ضریب شکست شیشه افزایش یافته و تجزیه نور در آن کاهش یابد. چنین شیشه ای در لنزهای کیفیت بالا برای دوربین ها و ابزارهای علمی یافت می شود. تشعشع از این لنزها می تواند به طور خود به خودی آنها را طی یک دوره از سال تیره (زرد) کند و کیفیت فیلم را کاهش دهد. اما خطرات سلامتی حداقل است. لنز زرد شده می تواند به حالت بی رنگ اصلی خود با قرار گرفتن طولانی در معرض نور UV بازگردانده شود.
دی اکسید توریوم برای کنترل اندازه دانه فلز تنگستن که در فنر لامپ های الکتریکی کاربرد دارد مورد استفاده قرار می گیرد.عنصر تنگستن توریتد[۳] در رشته های لوله های مگنترون[۱] یافت می شود. توریوم به

[1]Thoriated magnesium
[2] gas tungsten arc welding
[3]Thoriated tungsten

دلیل توانایی اش در انتشار الکترون در دماهای نسبتا پایین زمانی که در خلاء حرارت دهی صورت میگیرد به این رشته ها اضافه می شود. این لوله ها تولید فرکانس های ماکرو ویو می کنند و در اجاق های ماکرو ویو و رادارها کاربرد دارند.

توریوم دی اکسید به عنوان کاتالیست در تبدیل آمونیاک به اسید نیتریک، کراکینگ مواد نفتی و در تولید اسیدسولفوریک کاربرد دارد. این کاتالیست یک ماده فعال از توروتراست[۲] است که به عنوان ماده ی حاجب برای تشخیص اشعه X استفاده می شده است که این کاربرد به دلیل ماهیت سرطان زایی کنار گذاشته شده است.

توریوم فلوراید با وجود رادیواکتیو بودن به عنوان یک ماده ضد انعکاس در پوشش های نوری چندلایه استفاده می شود. این ترکیب شفافیت نوری بسیار عالی در محدوده ۱۲-۰/۳۵ میکرومتر دارد و تشعشعات آن عمدتا به دلیل ذرات آلفاست که می تواند به آسانی توسط یک لایه پوشش نازک از دیگر مواد متوقف شود.توریوم فلوراید همچنین در تولید لامپ های با قوس کربنی مورد استفاده قرار می گیرد که نوری با شدت بالا برای پروژکتورهای سینما و چراغ های جستجو تامین می کند.

## ۲-۶-توریوم به عنوان سوخت هسته ای

بطور طبیعی ایزوتوپ توریوم یک ماده بارور است و با یک منبع نوترون مناسب می تواند به عنوان سوخت هسته ای در راکتورهای هسته ای از جمله راکتورهای مادر مورد استفاده قرار گیرد. درسال ۱۹۹۷ وزارت انرژی ایالات متحده تحقیقات در مورد توریوم را مورد حمایت قرار داد و همچنین تحقیقاتی در سال ۱۹۹۶ توسط آژانس بین المللی انرژی اتمی(IAEA)[۳] برای مطالعه در مورد استفاده از راکتورهای توریوم آغاز شد.

## ۲-۷-چرخه سوخت توریوم

نوعی از چرخه سوخت هسته‌ای است که از ایزوتوپ‌های توریوم به عنوان ماده بارور رآکتور در آن استفاده می‌شود. چرخه سوخت توریوم نسبت به چرخه سوخت اورانیوم دارای مزایایی است. از جمله مزایای این چرخه این است که دارای خواص فیزیکی و هسته‌ای بهتری است و تولید پلوتونیم و آکتینید کمتری دارد. نگرانی‌ها در مورد محدود بودن معادن اورانیوم باعث ایجاد توجه دانشمندان به این ماده جایگزین و کم خطر تر شده است. از آنجا که توریوم قابلیت‌های فراوانی در کاربردهای صلح آمیز از انرژی هسته‌ای دارد و در عین حال برای تولید سلاح‌های هسته‌ای مناسب نیست جایگزینی آن با چرخه اورانیوم مورد توجه مجامع بین المللی حامی صلح قرار گرفته است. تخمین زده شده است که ذخایر توریوم در زمین

[1] magnetron
[2] Thorotrast
[3] International Atomic Energy Agency

چهار برابر اورانیوم است. از آنجا که توریوم بر خلاف اورانیوم فقط یک ایزوتوپ دارد برای استفاده آن در رآکتور نیازی به جداسازی ایزوتوپ ها نیست.