

مکانیزم تفنگ پلاسما در آتشفشان های قمر یو سیاره مشتری

محمد رضا شفیعی زاده اسفندآبادی^۱، سمانه فتحیه^۱، حمیدرضا یوسفی^۲

^۱ انجمن علمی فیزیک مرکز تحقیقات فیزیک پلاسما، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی

^۲ هیئت علمی مرکز تحقیقات فیزیک پلاسما، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی

چکیده

تفنگ پلاسما باعث توزیع پلاسمای چگال از طریق محصور سازی مغناطیسی می شود که نهایتاً باعث تولید پلاسمای فشرده می شود منبع گسیلش پرتوهایی چون ایکس، الکترون و یون می باشد. [۶،۷]، فضاپیماهای ویجر و گالیله مشاهدات دقیقی از سطح قمر یو به دست آوردند طبق مشاهدات آن ها خروج مواد از آتشفشان های سطح قمر یو به جای واگرایی به صورت همگرا بوده و مواد با سرعت نسبتاً بالایی از آن ها خارج می شدند، همچنین اثر الکترومغناطیسی یو بر مشتری نیز عنوان گردید که با تور پلاسمای یو شناخته شده است و باعث ایجاد عامل محرک در شفق های مشتری می شود. در واقع می توان مکانیزم آن ها را مشابه تفنگ پلاسما در نظر گرفت. آتشفشان پرومتئوس روی قمر یو به وسیله کاوشگر گالیله عکس برداری شد اما به دلیل دمای بالا مناطق فعال، امکان اندازه گیری دما برای کاوشگر وجود نداشت. به خاطر نور فرابنفش ساطع شده از دوده های آتشفشانی یو میتوان آنها را به آرکهای الکتریکی شبیه دانست. کاوشگر *New Horizons* نیز با عکس برداری از آتشفشان *Tvashtar* روی سطح ساختار رشته ای دوده های آتشفشانی آنرا مشابه با ساختار گازهای خروجی آتشفشان پله توصیف کرد که اینها همه مکانیزمی شبیه به تفنگ پلاسماست.

دستگاه تفنگ پلاسما

داده های رصدی مختلف از قمر یو از سری قمرهای گالیله ای سیاره مشتری نشان می دهد که سطح این سیاره آتشفشانی و بسیار فعال می باشد، با توجه به مشخص شدن جزئیات بیش تر سطح این قمر و همچنین اثر الکترومغناطیسی قابل توجه این قمر روی سطوح گازی شکل مشتری و ایجاد شفق در قطبین مشتری همگی حاکی از احتمال وجود یک منبع الکترومغناطیسی قوی در این قمر می باشد [۵،۴]، با توجه به فعالیت های آتشفشانی گسترده در سطح این قمر و در صورت در نظر گرفتن عدم تشابه آتشفشان های یو به آتشفشان های زمین که خلاف نظر زمین شناسان علوم سیاره ای می باشد، می توان رفتار آتشفشان های این قمر را مشابه عملکرد مکانیزم دستگاه تفنگ پلاسما در نظر گرفت [۳]، طبق داده های گردآوری شده توسط فضاپیماهای ویجر میزان چشمگیری مواد فورانی با خاصیت الکتریکی و همچنین مقادیری از ترکیبات یونی از دهانه آتشفشان ها خارج می گردد [۲،۱]، طبق مشاهدات خروج مواد فورانی از دهانه آتشفشان های یو به صورت مواد ساطع شده از یک قوس الکتریکی می باشد، که همین امر باعث ایجاد وجه تمایز آتشفشان ها و فعالیت های ژئوالکتریکی یو نسبت به زمین می باشد، به نظر ما مواد با قرار گرفتن در میدان الکتریکی موجود در دهانه آتشفشان ها یونیزه شده و گاز خروجی نقش گازی را بازی می کنند که با فشار کم بین الکترودها (در دهانه آتشفشان) تزریق می گردد [۲،۱]، میدان الکتریکی لازم نیز علاوه بر مواد درونی آتشفشان ها از برهم کنش های الکترومغناطیسی بین یو و مشتری تامین می گردد و طبق تحلیل ما به نظر می رسد باعث پرتاب یکدفعه ای مواد به خارج شود که اثرات الکتریکی و مغناطیسی آن با فضاپیماهای ویجر و گالیله ثبت شده است.

قوس الکتریکی در قمر یو

طبق مشاهدات فضاپیماهای ویجر ۱ و ۲ از یو مشخص شد که سطح این قمر پر از آتشفشان های فعال است. [۱،۲] تصاویر به دست آمده از آتشفشان ها نشان داد که مواد فورانی و خروجی با سرعت نسبتاً زیادی از مخروط آتشفشان خارج می شوند و بر خلاف آتشفشان های زمین که مواد به حالت واگرایی خارج می شوند، در اینجا مواد خروجی در یک خط و به صورت همگرا خارج می شوند. برای اولین بار توماس گولد دشارژ آتشفشانی در قوس پلاسمای دهانه آتشفشان های یو را به عنوان یک مدل

برای توضیح رفتار آتشفشان های سطح یو عنوان کرد. [۱،۳] میدان الکتریکی غالب در مگنتوسفر مشتری یکی از عوامل تاثیر گذار در حرکت پلاسمای خارج شده از دهانه های آتشفشانی یو است، رابطه زیر را می توان برای توضیح بیش تر معرفی کرد:

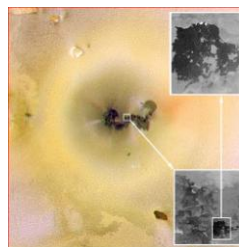
$$E = -(\Delta\omega \times R) \times B = -\Delta v \times B \quad (1)$$

در اینجا R بردار مکان از مرکز مشتری و ω بردار سرعت زاویه ای مشتری است. [۲]
 پلاسمای مگنتوسفر مشتری که از سمت یو تزریق می شود به "تور پلاسمای یو" مشهور است. این جریان با سرعتی حدود 57 km/s از مدار یو می گذرد. میدان مغناطیسی اعمال شده از سمت مشتری بر یو 190 nT برآورد شده است که میزان 400 kV به یو القا می گردد و همچنین جریان عظیم به مقدار 10^6 A در مدار یو حول مشتری اندازه گیری شده است، این ها خود عوامل موثر برای ایجاد حالت تفنگ پلاسمایی در آتشفشان های یو می شود.

در نتیجه خروج مواد باردار و یونی از آتشفشان های یونی به صورت همگرا و همچنین عدم وجود اتمسفر در سطح یو باعث شارش این مواد در تور پلاسمای شده و نهایتاً تحت تاثیر میدان باعث اثر گزاری روی سطوح گازی مشتری می گردد [۱،۲] و به شکل یک عامل مضاعف بر بادهای خورشیدی در شفق های قطبین مشتری موثر است، چرا که طبق مشاهدات شفق ها نسبت به محور مغناطیسی مشتری دارای اختلافات زاویه ای هستند که به نظر می رسد این اختلاف به دلیل تاثیرات آتشفشان های یو بر مشتری باشد. [۴،۵]

تحلیل مشاهدات روی آتشفشان یو

در نواحی فعال آتشفشان پرومتئوس در یو به قدری بالا بود که حسگرهای حرارتی کاوشگر گالیله توانایی اندازه گیری آن را نداشتند. از مطالب عنوان شده توسط وال تورنهییل [۸،۹،۱۰،۱۱] ما پیشنهاد می کنیم آتشفشانهای روی یو، آرکهای الکتریکی هستند که به وسیله اختلاف بار بین یو و پوشش پلاسمای رانده و هدایت می شوند به طوری که دور مشتری بصورت پوششی میپیچند. آنها کانالهای تخلیه خیلی کوچک و داغ هستند، اما یو بین آنها ذوب شده نیست. فعال ترین نواحی تخلیه الکتریکی در سطح یو در امتداد مرز جایی که به اصطلاح به آن "دریاچه گدازه" می گویند، پیدا شده است، اما بقیه قسمتهای تیره نسبتاً سرد هستند. هیچ کدام از مجراهای مرکزی آتشفشانی که انتظار می رفت در عکسها دیده شوند، پیدا نشد. در عوض همانطور که در عکس شماره ۱ دیده میشود، نوارهای روشنی در امتداد لبه و مرز مواد مذاب آتشفشانی دیده شد، اما ژئوفیزیکدانان سیاره ای این آزمایش و عکس برداری ها را برای پیدا کردن مجرا یا مجراهای دوده های آتشفشانی انجام دادند، آنها انتظار داشتند گودال کوچکی که با نوار تابشی احاطه شده است را ببینند.



شکل (۱). آزمایشگاه تحقیقاتی عکس سیاره ای (PIRL)، آزمایشگاه قمر و سیاره ای (LPL)، دانشگاه آریزونا

نکته عجیب در مورد دوده های آتشفشان پرومتئوس این است که در سالهای پس از اولین عکس برداری ویجر ۲، بیشتر از ۸۰ کیلومتر نقل مکان کرده اند. از آزمایشهای دانشمندان مشخص شد که دودها یا گازهای آتشفشانی نورهای فرا بنفش ساطع می کنند. مطمئناً نور فرا بنفش از ویژگی های قوسهای الکتریکی است.

مدارهای یو به سیاره مشتری نزدیک هستند، به همین دلیل تابشهای الکترومغناطیسی شدیدی سطح آن را بمباران می کند که باعث جابجا شدن تقریباً یک تن در هر ثانیه از گاز و مواد دیگر می شود. یو مانند یک ژنراتور الکتریکی عمل می کند و همانطور که از میان محیط پلاسما مشتری حرکت میکند، جریانهای عظیم از میان میدان مغناطیسی آن به محیط الکتریکی مشتری جاری می شود. آتشفشان Tvashtar، نزدیک قطب شمالی یو توسط کاوشگرهای New Horizons در حالی دیده شد که دودهای آتشفشانی اش را بیش از ۲۹۰ کیلومتر بالای سطحش پرتاب میکند. NASA press در زمان عکسبرداری گزارش داد: ".... ساختار رشته ای جالب توجه دودهای آتشفشان Tvashtar، با جزئیات خفیف و کمرنگی که ویجر در سال ۱۹۷۹ از دودهای مشابه تولید شده توسط آتشفشان یو به اسم پله (Pele) عکس برداری کرده، شبیه است." [۱۲،۱۳] این طور به نظر میرسد که مدار الکتریکی روی یو، جریانهای جاری مشتری را در چند "تفنگ پلاسما" یا کانون های متراکم پلاسما متمرکز میکند.

نتیجه گیری

با توجه به نحوه خروج مواد از آتشفشان های یو که با سرعت بالا و به صورت همگرایی انجام می پذیرد و همچنین اثر الکترومغناطیسی محسوس یو در مشتری و نیز انحراف آن ها نسبت به محور مغناطیسی آن، داده های رصدی نشان می دهند که آتشفشان های یو مکانیزمی شبیه به تفنگ پلاسما دارند تا این که به آتشفشان های زمین شباهت داشته باشند. در آخر نتیجه میگیریم ۱-مجرای دودهای آتشفشانی یو از گدازه ها خیلی داغ ترند. ۲-دودهای آتشفشانی فوران کننده آرکهای کاتدی هستند، و آنها از مجرای آتشفشانی منفجر نشده اند اما در اطراف حرکت میکنند و حاشیه مناطق تاریک را می فرسایند (زمین شناسان سیاره ای به آن "دریاچه گدازه" می گویند) ۳- "دریاچه های گدازه" خودشان تنها سطح جامد یو هستند که سلفور دی اکسید تحت فشار به صورت برف ظاهر میشود و به خاطر فعالیت تخلیه ای رسوب می کند. در نتیجه آنها دمای مورد انتظار جریان گدازه را آزاد نمیکند.

مرجع ها

- [۱] A. L. Peratt, *Physics of the Plasma Universe*, ISBN: ۰-۳۸۷-۹۷۵۷۵-۶
- [۲] A. Peratt, A.J. Dessler. Filamentation of Volcanic Plumes on the Jovian Satellite Io. *Astronomy and Astrophysics*. ۱۹۸۷.
- [۳] T. Gold. Electric Origin of the Outburst on Io. *Science*. ۱۹۷۹.
- [۴] J. Saur, F.M. Neubauer. Plasma Interaction of Io with It's Plasma Tours.
- [۵] M.H. Acuna, F.M. Neubauer, N.F. Ness., Standing Alfvén wave current system at Io: Voyager ۱ observations, *J. Geophys* ۱۹۸۱.
۶. محاسبه فاکتور کیفی جرم برای تنگش دوتریوم در دستگاه پلاسما کانونی دنا، محدثه فراهانی، محمد امیرحمزه تفرشی، مقاله نامه کنفرانس فیزیک ایران ۱۳۹۰.
۷. مشعل پلاسما با قوس برقی، مهندس قزوینیان، دانشکده فنی دانشگاه تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- [۸] W. Thornhill. The Mountains of Io. Thunderbolts Project. ۲۰۰۴.
- [۹] W. Thornhill. Predicting the Electrical Etching of Io. Thunderbolts Project. ۲۰۰۴.
- [۱۰] W. Thornhill. Io's Plumes. Thunderbolts Project. ۲۰۰۴.
- [۱۱] W. Thornhill. Io's Volcano Prometheus. Thunderbolts Project. ۲۰۰۴.
- [۱۲] S. Smith. Electric Io Revisited. Thunderbolts Project. ۲۰۰۷.
- [۱۳] S. Smith. Jupiter's Consort. Thunderbolts Project. ۲۰۱۰.