

## GÜNƏŞ PLAZMASININ MAQNIT SAHƏSİ İLƏ QARŞILIQLI TƏSİRİ

f.ü.f.d. dos HACIYEVA BILLURƏ TƏVƏKKÜLQIZI

Naxçıvan Dövlət Universiteti

Naxçıvan, Azərbaycan

[billurehaciyeva76@gmail.com](mailto:billurehaciyeva76@gmail.com)

ORCID No: 0009-0007-3990-6298

### Xülasə

Günəş fəallığı və onun törəmələri ilə tanışlıqdan görünür ki, buarada əsas rolu maqnit sahəsi ilə plazmasının qarşılıqlı təsiri oynayır. Lakin günəş fəallığının fiziki nəzəriyyəsi hələlik məlum deyildir; bu haqda yalnız bir sıra fərziyyələr vardır. Bəzi fərziyyələrə görə fotosferdə daim müşahidə olunan zəif maqnit sahəsi vaxtaşırı müəyyən oblastlarda güclənə bilər. Buna səbəb isə bu oblastlardan altdan konvektiv hərəkətlər nəticəsində maqnit sahəsinin qüvvə xətlərinin kələfləşməsi ola bilər. Başqa hipotezə görə maqnit sahəsinin güclənməsi günəşin differensial fırlanmasının nəticəsində ola bilər; belə fırlanma nəticəsində meridian üzrə istiqamətlənən qüvvə xətləri ekvatora paralelləşməklə fırlanma zamanı maqnit boruları yarada bilərlər. Nəticədə güclənən maqnit sahəsinə malik oblastlar maqnit təzyiqi ilə genişləndə yüngülləşdiklərindən konveksiya zonasından üst qatlara günəş fəallığının müxtəlif törəmələrinin yaranmasına səbəb ola bilər. Plazma qazı sıxlığında qüvvə xətlərinin sıxlığı artır və maqnit sahəsi də artır. Qaz genişləndə isə əks proses gedir.

**Acar sözləri:**Plazma, maqnit sahəsi, günəş atmosferi, ionlaşma

## INTERACTION OF THE SOLAR PLASMA WITH THE MAGNETIC FIELD

### Abstract

Familiarity with solar activity and its derivatives shows that the main role is played by the interaction of the magnetic field and its plasma. However, the physical theory of solar activity is still unknown; there are only a number of assumptions about this. According to some hypotheses, the weak magnetic field that is constantly observed in the photosphere can be strengthened from time to time in certain areas. The reason for this may be the weakening of the lines of force of the magnetic field as a result of convective movements from the bottom of these regions. According to another hypothesis, the strengthening of the magnetic field may be a result of the differential rotation of the sun; As a result of such rotation, the lines of force directed along the meridian become parallel to the equator and can create magnetic tubes during rotation. As a result, regions with a stronger magnetic field become lighter when they expand with magnetic pressure, which can lead to the formation of various derivatives of solar activity from the convection zone to the upper layers. The density of the lines of force increases with the density of the plasma gas, and the magnetic field also increases. When the gas expands, the opposite process takes place.

**Key words:** Plasma, magnetic field, solar atmosphere, ionization

### Atıf / Citation

Hacıyeva B. (2024). Günəş Plazmasının Maqnit Sahəsi ilə Qarşılıqlı Təsiri. *Anadolu Türk Eğitim Dergisi*, 6 (1), 68-77.

Hacıyeva B. (2024). Interaction of the Solar Plasma with the Magnetic Field. *Anatolian Turkish Journal of Education*, 6 (1), 68-77.

Məlumdur ki, plazma, dalğa uzunluğu geniş diapazonda olan elektromaqnit dalğaları mənbəyidir. Maqnit sahəsində elektronların tormozlanması elektromaqnit dalğalarının bütöv spektrini yaradır (rentgen şüaları bu cür yaradılır). Plazma fizikası məsələləri müasir astrofizikada çox geniş yer tutur. Bu mənada fizika və astrofizikanın bir bölməsi kimi “plazma astrofizikası” yaranmışdır. Bu bölmənin əsas məsələlərindən biri də günəş plazmasının tədqiqidir. Məlumdur ki, günəş maddəsi əhəmiyyətli dərəcədə ionlaşmış. Maddənin bu hala gəlməsinin fiziki (Hüseynov, 1997) şərtlərini yada salmaq.

Günəş maddəsinin (konkret olaraq  $H$  və  $He$  qazlarının) temperaturunun tədricən artmasına baxırıq. Bu zaman qaz molekullarının kinetik enerjisi durmadan artacaq. Termodinamik tarazlıqda şüalanma enerjisinin tezliyə görə paylanması yeganə parametri  $T$  - temperatur olan Plank funksiyası ilə təsvir edilir. Qaz molekullarının hərəkəti elə olacaqdır ki, onların orta kinetik enerjiləri də həmin parametrlə  $\frac{3}{2}kT$  şəklində müəyyən ediləcək. Burada  $k = 1,38 \cdot 10^{-16}$  erq/dər Bolsman sabitidir. Əgər

hissəciyin kütləsi  $m$  –dirsə ( $m = \mu m_H$ ,  $\mu$  -molyar kütlə,  $m_H = \frac{5}{3} \cdot 10^{-24}$  q hidrogen atomunun kütləsidir), onda hissəciyin orta sürəti  $u$

$$\frac{1}{2}mu^2 = \frac{3}{2}kT \quad (1)$$

bərabərliyindən tapılır.

Həqiqətdə isə qaz hissəcikləri müxtəlif sürətlərə malikdir. Onların sürətlərə görə paylanması Maksvell paylanmasına tabedir.

Hissəciyin müşahidə edilən orta kvadratik sürəti  $u$  dursa (1.) ilə hesablanan temperatur  $T_k$  - kinetik temperatur adlanır. Xüsusi halda, baxılan hissəcik (Haşımzadə, 1970) elektrondursa bu temperatur  $T_e$  - elektron temperaturu adlanır.

Temperatur yüksəldikcə hissəciyin kinetik enerjisi artıb atomları molekul halında saxlayan rabitəni qırmağa kifayət edir. Nəticədə molekulların atomlara parçalanması – dissosiasiya başlayır.

İonlaşma zamanı atomların hərəkət enerjisi artdığından atom elə bir həyəcanlaşmaya çatır ki, elektron onu bütünlüklə tərk edir. Bunun nəticəsində bir neytral atomdan iki yüklü hissəcik: müsbət ion və mənfi elektron alınır. Bu mənada ionlaşmaya dissosiasiyanın xüsusi halı kimi baxmaq olar. Əlbəttə, qazın baxılan həcmində ionlaşma ilə yanaşı əks prosesdə də, yəni rekombinasiya da gedir. Temperaturun verilmiş qiymətində ionlaşma tarazlığı halı alınır. Yəni ionlaşmış (Quluzadə, 1985) atomlar sayı  $n^+$  -in,

neytral atomlar sayı  $n$ -ə nisbəti, elektron təzyiqi  $P_e$ -dən asılı olur. Bu proses Saxa tənliyi ilə müəyyən edilir:

$$\frac{n^+}{n} P_e = \frac{2u_1}{u_0} \frac{(2\pi m)^{3/2}}{h^3} (kT)^5 e^{-\frac{x_1}{kT}} \quad (2)$$

Burada  $u_1$  və  $u_0$ -atomun ionlaşmış və neytral hallarının statistik çəkirlərin ( $\frac{2u_1}{u_0} \approx 1$ -dir),  $x_1$ -birinci ionlaşma enerjisidir. Əgər enerjisi  $h\nu > x_1$ , olan kvant udulursa  $h\nu - x_1$ , artıq enerji elektron verilir və 0 kinetik enerjisi

$$\frac{1}{2} m v^2 = h\nu - x_1 \quad (3)$$

şərtini ödəyən  $v$  sürəti ilə atomu tərk edir. Beləliklə birinci ionlaşmadan sonra ikinci, üçüncü və s. ionlaşmalar baş verir. Saxa tənliyi bu halda iki ardıcıl ionlaşma mərhələsində ionlar sayının  $u$  nisbətini verir

$$\frac{n^{++}}{n^+}, \frac{n^{+++}}{n^{++}}, \dots \quad (4)$$

Hidrogen kifayət dərəcədə yüksək ionlaşma potensialına malikdir:  $13,54 \text{ eV} \cdot P_e = 2000 \frac{gH}{c\mu^2}$

elektron təzyiqi və  $T = 8000^0 \text{ k}$  temperaturundan Saxa tənliyinin tətbiqi ionlar sayının neytral atomlar sayına nisbəti üçün  $0,0028$ ,  $T = 11000^0 \text{ k}$  temperaturda  $1,35$ ,  $T = 12700^0 \text{ k}$  temperaturda  $12,9$  verir. Yəni nisbətən dar temperatur intervalında hidrogen neytral haldan tam ionlaşmış hala keçir. Elektron təzyiqinin sürətlə artması hesabına Günəş atmosferində hidrogenin ionlaşmasının (Hüseynov, 2012) dərinliyə görə artması nisbətən yavaş gedir.

Helyumun ionlaşma potensialı hidrogeninkindən də yüksəkdir, ona görə də günəş atmosferinin yüksək dərinliklərinə qədər o ionlaşmayıb. Əksinə, metalların əksəriyyətinin ionlaşma potensialı aşağı olduğundan fotosferdə  $Li$ ,  $Na$ ,  $Mg$ ,  $K$ ,  $Ca$  və s. güclü ionlaşıblar.

Hidrogenin normal atomuna onun mənfi ionuna nəzərən ion kimi baxmaq olar. Onun ionlaşma potensialı  $0,75 \text{ eV}$ -dur.

Günəş atmosferində  $\frac{n_H}{n_{H^-}} \sim 10^7$  dir. Hidrogen atomlarının ümumi sayı Günəş atmosferində

çoxdur və  $u$  ionları orada kifayət qədərdir. Onlar kəsilməz udulmanın əsas mənbəidir.

Günəş plazmasında yüngül, mütəhərrik elektronların çoxluğu onun yüksək elektrikkeçiriciliyinə (həm də istilikkeçiriciliyinə) malik olmasına səbəbdir. Məsələn, Günəş, plazmasının elektrik keçiriciliyi metallarınkına yaxındır. Plazmaya elektrik sahəsi təsir etdikdə elektronların və ionların əks istiqamətdə

hərəkətə başlayırlar. Lakin bu hərəkət sərbəst deyil, çünki yüklü zərrəciklər bir-birləri və neytral atomlara toqquşmalardır, yüklü zərrəciklərin hərəkəti isə hər şeydən, əvvəl elektrik cərəyanıdır. Elektronların mütəhərrikliyi ionlarından çox olduğundan onlar plazmanın müəyyən bir oblastına tez yığılaraq orada yük sıxlığını artıraraq işarəcə yük fərqi əmələ gətirir. Tam ionlaşmış plazmada cərəyanın axması elektromaqnit enerjisinin dissipasiyası ilə müşayiət edilir. Bu zaman naqillərdən Coul istiliyi kimi sahənin enerjisi istiliyə çevrilir. Əgər plazma tam ionlaşmayıbsa, bütün plazmanın neytral qaza nisbətən hərəkəti güclü maqnit (Məmmədov, 1986) sahəsində dissipasiyanı ölçülə bilməyəcək sürətlə aparacaq.

Maqnit sahəsində yüklü hissəciyə onun hərəkət sürətinə və sahənin  $\vec{H}$  vektoruna perpendikulyar qüvvə təsir edir. Bircinsli sahədə hissəcik maqnit qüvvə xəttinə sarılan spiralvari hərəkət edir. Hər hansı xarici qüvvə, məsələn, ağırlıq qüvvəsi, yaxud təzyiq qradienti (bunlar yalnız maqnit sahəsi boyunca yönəlməməlidir) təsir etdikdə hissəciyin təsir edən qüvvəyə və maqnit sahəsinə perpendikulyar dreyfi yaranır. Qeyri-bircins sahəsində olan plazmada da dreyf və cərəyan əmələ gəlir.

Dəyişən maqnit sahəsinin induksiya etdiyi elektrik hərəkət qüvvəsi yüklü zərrəcikə təsir edərək induksiya cərəyanı yaradır. Elektrik hərəkət qüvvəsinin mexaniki və ya Coul istiliyi şəklində gördüyü iş ədədi qiymətcə

$$\frac{1}{8\pi} \int H^2 dV \quad (5)$$

inteqralının azalmasına bərabərdir. Buna əsasən demək olar ki, plazmada vahid həcmə düşən maqnit sahəsinin enerjisi  $\frac{1}{8\pi} H^2$  qədərdir.

Əgər plazmada maqnit sahəsinin dəyişməsinin təsiri ilə cərəyan yaranırsa, bu cərəyan da öz növbəsində maqnit sahəsi törədir (elektromaqnit induksiya), sonuncu sahə Lens qaydasına əsasən ilkin maqnit sahəsinə qarşı yönəlir.

Elektrik sahəsinin intensivliyini  $\vec{E}$  vekturu ilə, qapalı konturun elementini  $ds$  ilə işarə edək. Bu konturu bürüyən hər hansı bir səthin elementi  $ds$  səthin normal  $\vec{n}$ , maqnit vektorunun bu normal üzrə toplananını  $H_n$  olsun. Maksvell tənliyindən alınır ki,  $\vec{E}$  vektorunun qapalı kontur üzrə sirkulyasiyası  $\Phi$  - maqnit selinin dəyişmə sürəti ilə mütənasibdir:

$$\oint E ds = \frac{1}{c} \frac{\partial \Phi}{\partial t} = -\frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} \int H_n ds \quad (6)$$

Tutaq ki, kosmik plazmada hissəciklərə bağlı konturda cərəyan dövr edir. Plazma maddəsinin bir-birinə qarışması vaxtı bu kontur deformasiyaya uğrayır və nəticədə konturdan keçən maqnit seli dəyişilir (hətta maqnit sahəsinin özü dəyişmədikdə belə). Lakin indi yaranan cərəyan xarici sahənin maqnit selinin dəyişməsinə neytrallaşdırıcı öz sahəsinə yaradır (4.) düsturundakı mənfi işarə bu neytrallaşmanı xarakterizə edir. Əgər deformasiya cərəyanı söndürərsə, öz-özünə induksiya onu sönməyə qoymayacaq.

## Hacıyeva Billurə

Nəticədə böyük ölçülü kosmik obyektlərdə plazmanın keçiriciliyinin yüksək olması hesabına Coul istiliyinə görə itki az olduğu üçün kosmik sahə həddən artıq zəif sürətlə sönür. Deməli kosmik obyektlərdə istənilən keçirici konturdan keçən maqnit seli praktiki olaraq zamana görə dəyişmir:

$$\frac{d}{dt} \int H_n ds = 0 \quad (7)$$

(5.) astrofizikada mühüm ifadədir; o plazmanın maqnit sahəsində özünü aparmasını göstərir. Bunu çox vaxt maqnit qüvvə xətlərinin maqnit sahəsində “maddiləşmiş” şəkildə borucuqlar şəklində təsəvvür etsək, borucuqlarda qüvvə xətləri sıx olanda sahənin intensivliyi güclü, seyrək olduqda zəif olar. Teorem deyir ki, borucuqlar, onları dolduran plazma qazının kütləsi ilə əlaqəlidir, qaz kütləsinin hərəkəti maqnit qüvvə xətlərini arxasınca aparır.

Yuxarıda deyilənlərdən belə başa düşülür ki, plazma maqnit qüvvə xətlərinə perpendikulyar hərəkət edəndə elə cərəyanlar induksiyanır ki, birinci sahə ilə bərabər qüvvə xətləri mühitin arxasınca hərəkət edən yeni sahə yaranır.

Plazma qazı sıxlığında qüvvə xətlərinin sıxlığı artır və maqnit sahəsi də artır. Qaz genişləndə isə əks proses gedir. Nəzəriyyə göstərir ki, normalı  $\vec{n}$  olan plazma səthinə təsir edən qüvvə:

$$\vec{T}_n = \frac{1}{4\pi} \vec{H}H_n - \frac{1}{8\pi} H^2 \vec{n} \quad (8)$$

Göründüyü kimi  $\vec{T}_n$  vektoru; biri  $\vec{H}$  maqnit sahəsi üzrə xarici normal istiqamətində, digəri isə xarici normalın əksinə yönələn iki toplanandan ibarətdir. Birinci toplanan qüvvə xətləri boyunca yönəlir və selin bir qüvvə xəttinə  $\frac{1}{4\pi} H$  qüvvəsi düşür. Bu qüvvə elastiki simi uzatmağa çalışan gərginliyə oxşayır.

İkinci komponentin simin daxilində təsir edərək birincini qədər azaldan qüvvədir.

Maqnit sahəsinin istiqamətinə perpendikulyar qüvvəyə baxılan həcmdə  $\frac{H^2}{8\pi}$  qədər təzyiq kimi

baxmaq olar. Bu qüvvə maqnit qüvvə xətlərinin paylanması bircinsliliyini pozur.

Günəş plazmasının maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsiri Günəşin maqnit sahəsini dəyişdirir. Günəşin sahəsinin gərginliyi I Ersteddir. Aktiv əmələgəlmələrdən ləkələr olan oblastda çox sürətlə artıb  $4500\varepsilon$  -ə çatır. Günəşin ümumi maqnit sahəsini qütblüyü də vaxtaşırı dəyişir, cənub qütbü və şimal qütb bu sahə maqnit borucuqları ilə Günəş atmosferinə çıxır. Ləkələrin maqnit sahəsi Zeeman effektinə əsasən ölçülür və öyrənilir.

Günəşdiski mərkəzində yerləşən ləkənin maqnit sahəsinin ölçülməsi göstərir ki, yəni baxış şüası sahə istiqamətinə paraleldir. Deməli ləkələrin maqnit sahəsi Günəş səthinə adətən perpendikulyardır. Uzununa Zeeman effektində spektr xətti əks istiqamətli dairəvi polyarizə olunmuş iki komponentə ayrılır və bunlar arasındakı məsafə

$$2\Delta\lambda = 9,4 \cdot 10^{-5} g \lambda^2 H \quad (9)$$

düsturu ilə tapılır. Burada  $g$  - müxtəlif elementlər və onların xəttləri üçün müxtəlif olan Lande “vuruğu”,  $\lambda$  - verilmiş xəttin santimetrlə dalğa uzunluğu,  $H$  - maqnit sahəsinin Gausslarla gərginliyidir. Günəş fəallığının ən güclü təzahürlərindən alışıma zamanı sərbəst elektronların konsentrasiyası  $5 \cdot 10^{13} \text{ sm}^{-3}$ , temperatur  $10^4 - 2 \cdot 10^4 \text{ K}$  olur. Bu zaman elektromaqnit şüalanması ilə yanaşı relyativistik elektronlar, proton, alfa zərrəcik və ağır nüvələrdən ibarət kosmik şüalar seli yaranır. Hər bir orta güclü alışıma zamanı (1000 ÷ 2000) km/san. Sürətinə malik yüklü zərrəciklər selinin yaranması adi hadisədir; bu selə korpuskulyar sel deyilir.

Ümumiyyətlə qeyri – stasionar Günəş törəmələri maqnit qüvvələri təsirinin nəticəsidir. Buraya onu da əlavə edək ki, alışımlar adətən güclü və xüsusilə mürəkkəb quruluşlu maqnit sahəsinə malik qrupunun üstünə əksqütblü sahələr arasında əmələ gəlir. Bilavasitə alışımdan azacıq əvvəl əksqütblü böyük ləkələr arasında kiçik ləkə yaranır; alışıma bir saat qalmış ləkə qrupu üzərindəki protuberans sönməyə başlayır, yarım saat sonra bu protuberansda rəqsi hərəkətlər müşahidə olunur. Protuberansın alt tərəfi onun maddəsində donmuş maqnit sahəsi ilə birlikdə aşağı düşür və peyklərdən qalxan əks qütblü maqnit sahəsi ilə görüşür. Müxtəlif istiqamətli maqnit qüvvə xətləri bu yolla kəşifir. Bu sıxılma oblastında maqnit sahəsinin annihilasiyası baş verir, yəni əks istiqamətli sahələr bir-birini qarşılıqlı yox edir.

Günəş fəallığı və onun törəmələri ilə tanışlıqdan görünür ki, buarada əsas rolu maqnit sahəsi ilə plazmasının qarşılıqlı təsiri oynayır. Lakin günəş fəallığının fiziki nəzəriyyəsi hələlik məlum deyildir; bu haqda yalnız bir sıra fərziyyələr vardır. Bəzi fərziyyələrə görə fotosferdə daim müşahidə olunan zəif maqnit sahəsi vaxtaşırı müəyyən oblastlarda güclənə bilər. Buna səbəb isə bu oblastlardan altdan konvektiv hərəkətlər nəticəsində maqnit sahəsinin qüvvə xətlərinin kələfləşməsi ola bilər. Başqa hipotezə görə maqnit sahəsinin güclənməsi günəşin differensial fırlanmasının nəticəsində ola bilər; belə fırlanma nəticəsində meridian üzrə istiqamətlənən qüvvə xətləri ekvatora paralelləşməklə fırlanma zamanı maqnit boruları yarada bilərlər. Güclənən maqnit sahəsinə malik oblastlar maqnit təzyiqi ilə genişləndə yüngülləşdiklərindən konveksiya zonasından üst qatlara günəş fəallığının müxtəlif törəmələrinin yaranmasına səbəb ola bilər.

### Nəticə

Yuxarıda deyilənlərdən belə başa düşülür ki, plazma maqnit qüvvə xətlərinə perpendikulyar hərəkət edəndə elə cərəyanlar induksiyanır ki, birinci sahə ilə bərabər qüvvə xətləri mühitin arxasınca hərəkət edən yeni sahə yaranır. Plazma qazı sıxlığında qüvvə xətlərinin sıxlığı artır və maqnit sahəsi yaranır.

Günəş plazmasının maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsiri Günəşin maqnit sahəsini dəyişdirir. Günəşin sahəsinin gərginliyi I Ersteddir. Aktiv əmələgəlmələrdən ləkələr olan oblastda çox sürətlə artıb  $4500\text{E}$  -ə çatır. Günəşin ümumi maqnit sahəsini qütblüyü də vaxtaşırı dəyişir, cənub qütbü və şimal qütbü bu sahədə maqnit borucuqları ilə Günəş atmosferinə çıxır. Ləkələrin maqnit sahəsi Zeeman effektinə əsasən ölçülür və öyrənilir.

## Ə D Ə B İ Y Y A T

Haşımzadə, M. Y. (1970). *Astronomiya*. Bakı.

Hüseynov, R. Ə. (1997). *Astronomiya*. Bakı: Maarif.

Məmmədov, K. P. (1986). *Optika və atom fizikası*. Bakı: Maarif.

Quluzadə, C. M. (1985). *Atom spektroskopiyası*. Bakı: Maarif.

Quluzadə, C. M. (2004). *Klassik astronomiya*. Bakı.

Şpolski, E. V. (1961). *Atom fizikası*. Bakı: Azəritədris nəşr.

Vaynşteyn, L. A., & Hüseynov, V. A. (2012). *Kvant elektrodinamikası: Ali məktəblər üçün dərslik*. Bakı: Şərq-Qərb nəşriyyatı.



### **Extended Abstract**

Plasma, a state of matter consisting of ionized particles, is a prolific source of electromagnetic waves spanning a wide range of wavelengths. In a magnetic field, the braking of electrons generates a comprehensive spectrum of electromagnetic waves, including X-rays. The study of plasma is integral to modern astrophysics, giving rise to a specialized field known as "plasma astrophysics." A primary focus of this field is the investigation of solar plasma, given that the sun's matter is significantly ionized.

As the temperature of solar matter (specifically hydrogen and helium gases) increases, the kinetic energy of gas molecules rises, described by the Planck function with temperature as the sole parameter. The kinetic temperature correlates with the average kinetic energy of gas molecules. Maxwell's distribution governs the distribution of particle velocities. For electrons, the kinetic temperature is termed the "electron temperature." With rising temperatures, the kinetic energy becomes sufficient to break atomic bonds, leading to dissociation and ionization, where neutral atoms convert into positive ions and free electrons. Ionization is counterbalanced by recombination processes, achieving an ionization equilibrium at a given temperature. This equilibrium is described by the Saha equation, which relates the number of ionized atoms to neutral atoms, depending on electron pressure and ionization energy. The equation helps explain how hydrogen transitions from a neutral state to a fully ionized state over a relatively narrow temperature range. Solar plasma's high electrical conductivity, similar to metals, results from the abundance of mobile electrons. When an electric field is applied, electrons and ions move in opposite directions, generating current. This movement, especially in fully ionized plasma, leads to electromagnetic energy dissipation. In partially ionized plasma, magnetic fields influence the plasma's movement, causing drift and current formation.

Changing magnetic fields induce electromotive forces in the plasma, generating currents that create opposing magnetic fields (Lenz's Law). This self-induction means that once a current is induced, it resists changes, leading to the persistence of magnetic fields in large cosmic objects. The interaction between plasma and magnetic fields in cosmic objects like the sun demonstrates how magnetic flux through a conductive loop remains nearly constant over time. This principle underpins the behavior of plasma in magnetic fields, showing that magnetic force lines move with the plasma. The sun's magnetic field significantly influences solar phenomena. Sunspots, regions of intense magnetic activity, are measured using the Zeeman effect. The solar

magnetic field undergoes cyclical polarity reversals, with magnetic flux tubes emerging through the solar atmosphere.

Solar flares, a manifestation of solar activity, result from complex magnetic field interactions. These flares emit electromagnetic radiation and relativistic particles, including electrons, protons, and heavy nuclei. Typically, solar flares occur in regions with strong, complex magnetic fields, often between sunspots of opposite polarity. Various hypotheses attempt to explain solar activity. One suggests that convective movements in the sun's interior cause magnetic field lines to twist and intensify. Another hypothesis attributes magnetic field amplification to the differential rotation of the sun, which could create magnetic tubes parallel to the equator. These intensified magnetic regions, buoyed by magnetic pressure, rise to the surface, giving rise to solar phenomena.

In summary, the interaction of plasma with magnetic fields is a key driver of solar activity. As plasma moves perpendicular to magnetic force lines, currents are induced, creating new magnetic fields. The solar magnetic field influences the sun's overall magnetic behavior, with magnetic field strength varying significantly across different regions. The persistent magnetic flux in large cosmic objects, combined with the dynamic behavior of the solar plasma, underscores the complex interplay between plasma physics and magnetohydrodynamics in understanding solar phenomena.