

M. Pishkalo, Ph.D. in Phys. and Math. Sciences
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

PRELIMINARY PREDICTION OF THE 25-th SOLAR CYCLE PARAMETERS

Solar activity varies with a period of about 11 years. The solar activity variations cause changes in the interplanetary and near-Earth space. The whole space weather is mainly controlled by the solar activity. Changes in space weather affect the operation of space-borne and ground-based technological systems such as manned space flights, aero-navigation and space navigation, radars, high-frequency radio communication, GPS-navigation, ground power lines. The solar activity variations influence living organisms and the climate on Earth. That is why it is important to know the level of solar activity in a solar cycle in advance. Current solar activity is near the maximum of solar cycle 24. Maximal monthly sunspot number was 102.8 in February 2014 and smoothed one was 75.4 in November 2013 (preliminary). Taking it into account and using correlation relations and regression equations from (Pishkalo, 2014: Solar Phys., vol. 289, 1815) we can estimate duration of solar cycle 24 and then predict parameters of solar cycle 25. Precursors in our calculations are the estimated duration of solar cycle 24 and sunspot number at the end of the cycle. We found that minimum and maximum of solar cycle 25 in monthly sunspot numbers will amount to 5 in April–June of 2020 and 105–110 in October–December of 2024, respectively. Solar cycle 25 will be stronger than the current cycle 24. No very deep drop in solar activity similar to Dalton or Maunder minimums was predicted.

Key words: Solar activity, solar cycle.

УДК 533.9.01

Yu. Tsap, Dr. Phys. and Math. Sciences
Crimean Astrophysical Observatory, Ukraine,
Yu. Kopylova, Ph.D. in Phys. and Math. Sciences
Central (Pulkovo) Astronomical Observatory, RF

ON THE MAGNETIC FLUX CONSERVATION IN THE PARTIALLY IONIZED PLASMA

The Ohm, Hall, and ambipolar diffusions in the partially ionized plasma are considered. It has been shown that the statement of Pandey and Wardle [1,2] that only the Ohm diffusion is capable to decrease the magnetic flux is not sufficiently correct due to the formal dependence of the magnetic diffusion on a selected frame of reference. The significance of understanding of the physical nature for the dissipation and diffusion of the magnetic field in the partially ionized plasma as well as consequences of obtained results are discussed.

Key words: ionized plasma, magnetic flux.

Introduction. The magnetic field freezing to the plasma is one of the most fundamental property of the cosmic plasma. The frozen-in conditions suggest that the magnetic flux as well as the topology of the magnetic field lines are conserved. However, the notion of the magnetic freezing for the partially ionized plasma as distinguished from the fully ionized one becomes more complex. As a result, inferences of some authors turn out to be not well-grounded. For example, Pandey and Wardle [1,2] concluded that only the Ohm diffusion is capable to destroy the magnetic flux, whereas Pedersen and Hall ones redistribute the flux in the medium. Moreover, "total flux is conserved even in the presence of Ohm diffusion only if parallel current is absent in the medium" [1].

The goal of this paper is to reconsider these results in the case of the collisional partially ionized within the framework of the three fluid approximation.

On the magnetic flux conservation in different frames of reference. Using standard notation and neglecting by the viscosity, gas pressure, and gravitation, the momentum equations for the electrons (e), ions (i), and neutrals (n) can be written as

$$\frac{d\mathbf{V}_e}{dt} = -\frac{e}{m}\mathbf{E} - \frac{e}{mc}\mathbf{V}_e \times \mathbf{B} + \nu_{ei}(\mathbf{V}_i - \mathbf{V}_e) + \nu_{en}(\mathbf{V}_n - \mathbf{V}_e); \quad (1)$$

$$\frac{d\mathbf{V}_i}{dt} = \frac{e}{M}\mathbf{E} + \frac{e}{Mc}\mathbf{V}_i \times \mathbf{B} + \nu_{in}(\mathbf{V}_n - \mathbf{V}_i) + \nu_{ie}(\mathbf{V}_e - \mathbf{V}_i); \quad (2)$$

$$\frac{d\mathbf{V}_n}{dt} = \nu_{ni}(\mathbf{V}_i - \mathbf{V}_n) + \nu_{ne}(\mathbf{V}_e - \mathbf{V}_n). \quad (3)$$

The system (1)-(3) implies the MHD momentum equation

$$\rho \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{\mathbf{j} \times \mathbf{B}}{c},$$

where $\mathbf{j} = en(\mathbf{v}_i - \mathbf{v}_e)$ is the electric current density and the velocity of fluid as whole

$$\mathbf{v} = \frac{n\mathbf{V}_i + n_n\mathbf{V}_n}{n_i + n_n}. \quad (4)$$

Introducing the degree of the plasma ionization

$$F = \frac{n_n}{n + n_n}, \quad (5)$$

and taking into account the conservation of momentum

$$n\mathbf{v}_i + n_n\mathbf{v}_n = 0,$$

where $\mathbf{v}_i = \mathbf{V}_i - \mathbf{v}$ and $\mathbf{v}_n = \mathbf{V}_n - \mathbf{v}$ are the velocities of ions and neutrals relative to the center of mass, respectively, from (4) and (5) we find

$$\mathbf{V}_i - \mathbf{V}_n = \frac{\mathbf{v}_i}{F}. \quad (6)$$

Since $d\mathbf{V}_n / dt \approx d\mathbf{v} / dt$ and $v_{ne}/v_{ni} \approx m/M$, in view of (4) from (3) it follows

$$\mathbf{v}_i = \frac{F}{v_{ni}} \frac{d\mathbf{v}}{dt}. \quad (7)$$

In turn, adding term by term (2) and (3), we have

$$en\mathbf{E} + \frac{en}{c} \mathbf{V}_i \times \mathbf{B} = \rho \frac{d\mathbf{v}}{dt} + \frac{Mv_{ie}}{e} \mathbf{j} - n_n Mv_{ne} (\mathbf{v}_e - \mathbf{v}_n), \quad (8)$$

where $\mathbf{v}_e = \mathbf{V}_e - \mathbf{v}$. Whence, taking into account the MHD momentum equation and the equalities

$$Mv_{ie} = mv_{ei}, \quad n_n Mv_{ne} = nmv_{en}, \quad n_n v_{ni} = nv_{in},$$

assuming $|\mathbf{v}_e| \gg |\mathbf{v}_n|$, we can get the generalized Ohm's law in a frame of reference connected with ions

$$\mathbf{E} + \frac{\mathbf{V}_i \times \mathbf{B}}{c} = \frac{\mathbf{j}}{\sigma} + \frac{\mathbf{j} \times \mathbf{B}}{enc}, \quad (9)$$

where the electric conductivity is

$$\sigma = \frac{ne^2}{m(v_{ei} + v_{en})}.$$

On the other hand, since the ion velocity $\mathbf{V}_i = \mathbf{v}_i + \mathbf{v}$, equation (9) can be rewritten as

$$\mathbf{E} + \frac{\mathbf{v} \times \mathbf{B}}{c} = -\frac{\mathbf{V}_i \times \mathbf{B}}{c} + \frac{\mathbf{j}}{\sigma} + \frac{\mathbf{j} \times \mathbf{B}}{enc}. \quad (10)$$

According to the MHD momentum equation and (7), this implies

$$\mathbf{E} + \frac{\mathbf{v} \times \mathbf{B}}{c} = -\frac{F^2}{c^2 n_n Mv_{ni}} (\mathbf{j} \times \mathbf{B}) \times \mathbf{B} + \frac{\mathbf{j}}{\sigma} + \frac{\mathbf{j} \times \mathbf{B}}{enc}. \quad (11)$$

In turn, the generalized Ohm's law in a frame of reference connected with electrons using equation (1) can be represented as

$$\mathbf{E} + \frac{\mathbf{V}_e \times \mathbf{B}}{c} = \frac{\mathbf{j}}{\sigma}. \quad (12)$$

We obtain three generalized Ohm's law for ions (9), plasma as a whole (11), and electrons (12). However, equation (11) can be only used for the magnetic diffusion description in the collisional plasma. Really, in order to find the power of the Joule dissipation Q we must subtract the mechanical energy caused by the Ampere force from the work of the electric field applied to the electric current, i.e.

$$Q = \mathbf{E} \cdot \mathbf{j} - \frac{\mathbf{j} \times \mathbf{B}}{c} \cdot \mathbf{v} = \left(\mathbf{E} + \frac{\mathbf{v} \times \mathbf{B}}{c} \right) \cdot \mathbf{j} = \mathbf{E}^* \cdot \mathbf{j}. \quad (13)$$

Thus, the generalized Ohm's law in a frame of reference connected with plasma as a whole (11) correctly describes the energy losses of the magnetic field.

Assuming $\mathbf{j} = \mathbf{j}_{||} + \mathbf{j}_{\perp}$, equations (9), (11) and (12) can be written as

$$\mathbf{E} + \frac{(\mathbf{V}_e + \mathbf{V}_0) \times \mathbf{B}}{c} = \frac{\mathbf{j}_{||}}{\sigma}; \quad (14)$$

$$\mathbf{E} + \frac{(\mathbf{V}_i + \mathbf{V}_0 + \mathbf{V}_H) \times \mathbf{B}}{c} = \frac{\mathbf{j}_{||}}{\sigma}; \quad (15)$$

$$\mathbf{E} + \frac{(\mathbf{v} + \mathbf{V}_0 + \mathbf{V}_H + \mathbf{V}_A) \times \mathbf{B}}{c} = \frac{\mathbf{j}_{||}}{\sigma}. \quad (16)$$

Here the formal velocities

$$\mathbf{V}_0 = \frac{c\mathbf{j}_{\perp} \times \mathbf{b}}{\sigma B}, \quad \mathbf{V}_H = -\frac{c\mathbf{j}}{en}, \quad \mathbf{V}_A = \frac{F^2}{c^2 n_n Mv_{ni}} (\mathbf{j} \times \mathbf{B}),$$

and $\mathbf{B} = \mathbf{b}B$.

Pandey and Wardle [1,2] in terms of equations (14)-(16) assumed that only the Ohm diffusion caused by the parallel electric current $\mathbf{j}_{||}$ can change the field topology as well as the magnetic field flux caused, for example, by the magnetic reconnection [3] since at $\sigma \rightarrow \infty$ the generalized Ohm's law in any frames of reference can be written as (see, e.g., [3])

$$\mathbf{E} + \frac{\mathbf{V} \times \mathbf{B}}{c} = 0.$$

where \mathbf{V} is the arbitrary velocity.

In our view, this approach is not quite correct because the flux transport velocities $\mathbf{V}_e + \mathbf{V}_0$, $\mathbf{V}_i + \mathbf{V}_0 + \mathbf{V}_H$, $\mathbf{v} + \mathbf{V}_0 + \mathbf{V}_H + \mathbf{V}_A$ describe the formal frames of reference, for which the magnetic flux is conserved at $\mathbf{j}_{||} = 0$. As it follows from (13) only the generalized Ohm's law in a frame of reference connected with the plasma motion as a whole has the physical sense. It describes the real energy losses of the magnetic field due to collisions between ions, neutral atoms, and electrons. This means that the magnetic flux is not conserved. Really, taking into account the total time derivative of the magnetic flux in the general case, according to Faraday's law

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t},$$

and the generalized Ohm's law (11), for the magnetic flux in a frame of reference associated with the fluid as a whole we have

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{d}{dt} \int \mathbf{B} d\mathbf{S} = \frac{F^2}{nMc v_{in}} \oint (\mathbf{j} \times \mathbf{B}) \times \mathbf{B} dl - \frac{c}{\sigma} \oint j dl - \frac{1}{en} \oint \mathbf{j} \times \mathbf{B} dl. \quad (17)$$

Equation (17) suggests the magnetic flux is not conserved due to Ohm, Hall and ambipolar diffusions. Note that the Hall diffusion as distinguished from the Ohm and ambipolar ones is not associated with collisions. It occurs because of the generation of the electric current caused by the charge separation arising due to different signs of the charge for electrons and protons.

Conclusions

1. The magnetic dissipation in the partially ionized plasma can occur not only due to the Ohm dissipation but also under action of the ambipolar diffusion.
2. The magnetic flux is not conserved in the partially ionized plasma because of the Hall and ambipolar diffusions.
3. The formal approach to the magnetic field diffusion in the partially ionized plasma can give rise to the hard paradoxes.

This work was supported by the Marie Curie IRSES–GA–295272–RADIOSUN, the State Foundation for Basic Research of Ukraine (project No F53.2/099), and the Russian Foundation for Basic Research (project No 13-02-90472).

Список використаних джерел

1. Pandey B.P., Wardle M. Magnetorotational instability in magnetic diffusion dominated accretion discs // MNRAS. – 2012. – V.423, N 1. – P.222-235.
2. Pandey B.P., Wardle M. Hall instability of solar flux tubes in the presence of shear flows // MNRAS. – 2012. – V.426, N 2. – P.1436-1443.
3. Nickeler D.H., Karlicky M. Are heliospheric flows magnetic line- or flux-conserving? // Astrophys. Space Sci. Trans. – 2006. – V.2, N 2. – P.63-72.

Надійшла до редколегії 08.07.14

Ю. Цап, д-р фіз.-мат. наук
Кримська астрофізична обсерваторія, Україна,
Ю. Копилова, канд. фіз.-мат. наук
Головна (Пулковська) астрономічна обсерваторія, РФ

ПРО СБЕРЕЖЕННЯ МАГНІТНОГО ПОТОКУ В ЧАСТКОВО ІОНІЗОВАНІЙ ПЛАЗМІ

Розглянуто омічну, холівську та амбіполярну дифузію у частково іонізованій плазмі. Показано, що твердження Пандея та Вардла [1,2] про те, що тільки омічна дифузія є наслідком формальної залежності узагальненого закону Ома від обраної системи координат здатна зменшити магнітний потік є недостатньо коректною. Обговорюється важливість розуміння фізичної сутності дисипації та дифузії магнітного поля в частково іонізованій плазмі, а також наслідки отриманих результатів.

Ключові слова: іонізована плазма, магнітний потік.

Ю. Цап, д-р. физ.-мат. наук
Крымская астрофизическая обсерватория, Украина,
Ю. Копилова, канд. физ.-мат. наук
Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория, РФ

О СОХРАНЕНИИ МАГНИТНОГО ПОТОКА В ЧАСТИЧНО ИОНИЗОВАННОЙ ПЛАЗМЕ

Рассмотрена омическая, холловская и амбиполярная диффузия в частично ионизованной плазме. Показано, что утверждение Пандея и Вардла [1,2] о том, что только омическая диффузия вследствие формальной зависимости обобщенного закона Ома от выбранной системы координат способна уменьшить магнитный поток является недостаточно корректным. Обсуждается важность понимания физической сущности диссипации и магнитного поля в частично ионизованной плазме, а также следствия полученных результатов.

Ключевые слова: ионизированная плазма, магнитный поток.

УДК 521.96

В. Андрук, наук. співроб.
ГАО НАН України,
Л. Казанцева, канд. фіз.-мат. наук, А. Казанцев, канд. фіз.-мат. наук
КНУ імені Тараса Шевченка, Київ,
Л. Пакуляк, канд. фіз.-мат. наук, А. Яценко, д-р фіз.-мат. наук
ГАО НАН України

ОБРОБКА АСТРОНОМІЧНИХ ФОТОНЕГАТИВІВ СКЛОТЕКИ АО КНУ В РАМКАХ ПРОЕКТУ УКРВО

В статті розглянуто сучасний стан робіт з систематизації, електронної каталогізації, оцифруванні та перерахуванні колекції астрономічних фотознімків АО КНУ в рамках всеукраїнського та міжнародного проекту Віртуальної обсерваторії. Характеризуються оцінки позиційної та фотометричної точності окремих фотоплатівок, результати пошуків оптимальних методик та підходів обробки.

Ключові слова: фотонегативи, УкрВО.

Вступ

Астрономія, як і більшість природничих наукових галузей, при стрімкому розвитку інформаційних технологій зіткнулась з проблемою накопичення, зберігання, передачі та перетворення у загальнодоступний, зручний у використанні, придатний для швидкого пошуку вигляд здобутої зі спостережень інформації. Але тривалі часові проміжки спостережних програм, що так важливі для виявлення певних закономірностей близького та далекого навколосемного простору, а також зміни методів та засобів спостережень накладають свій відбиток на сумісність та рівнозначність отриманих даних. Зокрема це стосується об'ємного інформаційного пласту фотографічної астрономії. Ще наприкінці ХХ ст. проблема використання таких даних стала зрозумілою і було піднято питання про необхідність ката-