

НАПІВПРОВІДНИКОВА природа КІЛЕЦЬ САТУРНА



Олег Запорожець

інженер I категорії, аспірант
Інституту прикладної фізики
НАН України, м. Суми



Роман Лопаткін

канд. фіз.-мат. наук, доцент,
в.о. начальника НДЦ Інституту
прикладної фізики НАНУ, м. Суми



Валерій Шкурдода

канд. техн. наук, стар. наук. співр.
Інституту прикладної фізики
НАН України, м. Суми

Коли молодий вчений Е. Фермі влаштувався на роботу в Римський університет, урядовець, який завідував кадрами, запитав його:

— Чим би Ви бажали зайнятися?

— Теоретичною фізикою.

— Мені Вас шкода, теоретична фізика вже кінчилася.

Як добре, що урядовець помилявся! Фермі став фізиком-теоретиком зі світовим ім'ям, лауреатом Нобелівської премії (1938 рік).

І в наші часи молодому фізику, при бажанні, є можливість відкривати нові закони. Ще існує багато фізичних явищ, пояснити які явно недостатньо знань.

До таких фізичних явищ належать дивовижні **кілець Сатурна**.

Із часу відкриття італійським астрономом Галілеєм кілець Сатурна (1610 р.) знання про планету і її кілець розширялися, уточнювалися, але залишалося ще багато "чому?"

Як, застосовуючи закони фізики і механіки, можна пояснити розташування уламків твердих тіл, дрібного каміння й пилу в кільці Сатурна шириною 60000 км і завтовшки 15 км (відношення цих параметрів 4000:1) [1], адже таке співвідношення тонше за лист цигаркового паперу!

З часів Галілея відкрито багато фундаментальних законів, що стосуються теорії відносності, електродинаміки Максвелла, радіоактивності, ядерної фізики тощо. Але, навіть використовуючи всі ці закони, не вдається пояснити виникнення і природу кілець Сатурна.

Та все ж.

Звернемо увагу на порівняно недавно відкрите явище надпровідності: деякі матеріали втрачають омичний опір за температури близької до абсолютного нуля (температура кипіння гелію 4,2 К), при цьому в такій речовині збуджується струм, що практично не затухає з часом. Пізніше було знайдено речовини з властивостями надпровідності при температурах, вищих за 4,2 К, так звані високотемпературні надпровідники (ВТНП).

Спочатку це було з'єднання Nb_3Ge з критичною температурою 23 К, потім 50 К, 76 К (температура кипіння азоту) і, нарешті, існують речовини з надпровідністю при температурах 133 К [2]. Таку "високу" температуру можна одержати навіть у шкільному кабінеті фізики, використовуючи батарею Пельтьє, наприклад, батарею типу 60ТТ-163-2,0-2,6 або рідинний азот.

Проведемо такий експеримент.

Візьмемо шматочок надпровідника (рис.1а), зануримо його в чашку Петрі з рідинним азотом. Після охолодження (тобто припинення кипіння) за допомогою пінцета кинемо цей шматочок на макет земної кулі (глобус), всередині якого захований постійний магніт (рис.1б). Упродовж руху до магніту в надпровіднику індукується струм, який, згідно з законом Ленца, створює магнітне поле, що перешкоджає руху. Цей індукційний струм у надпровіднику залишається, якщо рух припиниться (чого не буває в звичайних шкільних дослідах, що пояснюють закон Ленца).

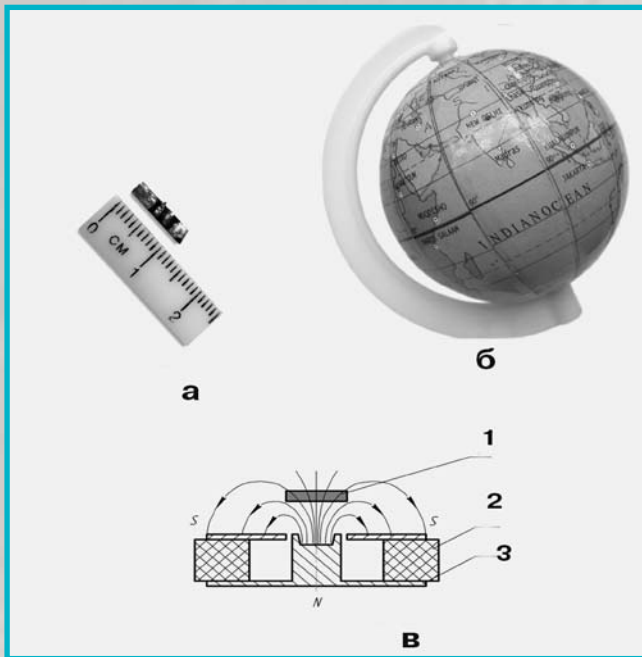


Рис. 1. а — ітрієвий надпровідник Y-Ba-Cu-O, б — макет земної кулі зі схованим усередині магнітом, в — будова кільцевого магніту, що міститься всередині макета Земної кулі: 1 — надпровідник, 2 — кільцевий магніт, 3 — осердя

В результаті надпровідник зависає в магнітному полі (рис. 1в) і перебуватиме в підвішеному стані до підвищення температури вище критичної, коли зникнуть надпровідні властивості і шматочок впаде. Ще одна цікава властивість надпровідника, підвішеного в магнітному полі, полягає в тому, що для виникнення сили відштовхування необхідно, щоб силові лінії магнітного поля були направлені проти ліній надпровідника, тобто обидва полюси мають бути однойменні; те ж саме — з протилежної сторони. Є диполь, який повинен розвернути магніт як стрілку компаса. Проте цього не відбувається. Надпровідник володіє ідеальним діаманетизмом, тобто магнітне поле не проникає в тіло надпровідника. Стрілка компаса не обернеться, якщо вона буде виготовлена, скажімо, з парафіну — ідеального діаманетика [3].

Уявімо, що в космосі рухається шматок із властивостями надпровідності. Він рухається від периферії Сонячної системи до Землі. Теплоємність і маса є достатньою, щоб у космосі зберегти низьку температуру. Це має сенс, якщо цей шматок речовини надпровідника білого кольору, що відбиває проміння Сонця. Шматок, потрапивши в магнітосферу Землі (150 км від поверхні), почне гальмуватися індукційним струмом до повної зупинки.

Хоча рух і припиниться, індукційний струм збережеться, а шматок, перебуваючи в підвішеному стані, може переміщатися по екіпотенціальній поверхні, зберігаючи індукційний струм до того часу, поки не нагріється, втратить властивості надпровідності й упаде як метеорит. Сила утримання тіла надпровідника досить значна.

В Японії демонстрували надпровідник у вигляді платформи (тарілки), яку заморозили до температури рідинного азоту. Ця платформа утримувалася в підвішеному стані, коли на неї ставав рекорсмен з боротьби вагою 142 кг!

Цілком можливо, що явища "зависання", які спостерігає людина із Землі, сприймаються як НЛО. До того ж, спостерігач (не позбавлений фантазії) часто описує неопізнаний літаючий об'єкт як керований інопланетянином, який вмикає прожектор і освітлює Землю. Насправді це може виглядати правдоподібно.

Пригадаємо інтерес до першого радянського штучного супутника Землі. Астрономи, фізики, студенти і просто любителі могли спостерігати неозброєним оком супутник розміром трохи більше футбольного м'яча на відстані понад 200 км. Уявімо: на невеликій висоті (декількох десятків кілометрів) в атмосфері завис камінь надпровідника (відстань дозволяє побачити форму каменя у вигляді тарілки), освітлюваний проміннями Сонця, що заходить.

Яскраве відображене випромінювання спостерігачу може здатися за "включення прожекторів" (ми вже один раз припустили, що камінь надпровідника може бути білого кольору і підсилює світло "прожектора"). Крім того спостерігачі стверджують про загадкові появи і зникнення НЛО. Це пояснюється тим, що як тільки закінчиться "запас холоду" каменя надпровідника, він впаде на Землю, тобто "загадково зникне".

Явища НЛО, як і кулевидні блискавки, вельми рідкісні і тому ще недостатньо вивчені.

Повернемося до Сатурна. Для "зависання" надпровідника необхідне магнітне поле і низька температура. Ці дві умови на планеті Сатурн є. Радіус магнітосфери навколо Сатурна дорівнює 1,4 млн. км, що в 20 разів більше радіуса Землі, і охоплює не тільки кільця, але й орбіти обертання деяких його супутників.

Передбачають, що всередині планети діє сильне магнітне поле, утворене металевим воднем. Магнітні силові лінії за природою безперервні. Магнітний потік усередині планети рівний зовнішньому потоку. Напруженість магнітного поля дорівнює кількості магнітних силових ліній на одиницю площі і зменшується з віддаленням від центру. Найменша напруженість магнітного поля спостерігається в екваторіальній площині. До полюсів напруженість магнітного поля збільшується. Іншими словами, **екваторіальна площина становить собою "магнітну впадину"**.

При русі до північного або південного полюсів кількість силових ліній збільшується, і виникає сила Ленца, що перешкоджає такому руху. Тіло, в якому виникає індукційний струм надпровідника, триматиметься екваторіальної площини. Зрозуміло, це тіло повинне також рухатися навколо планети. Іншою умовою виникнення явища надпровідності є низька температура.

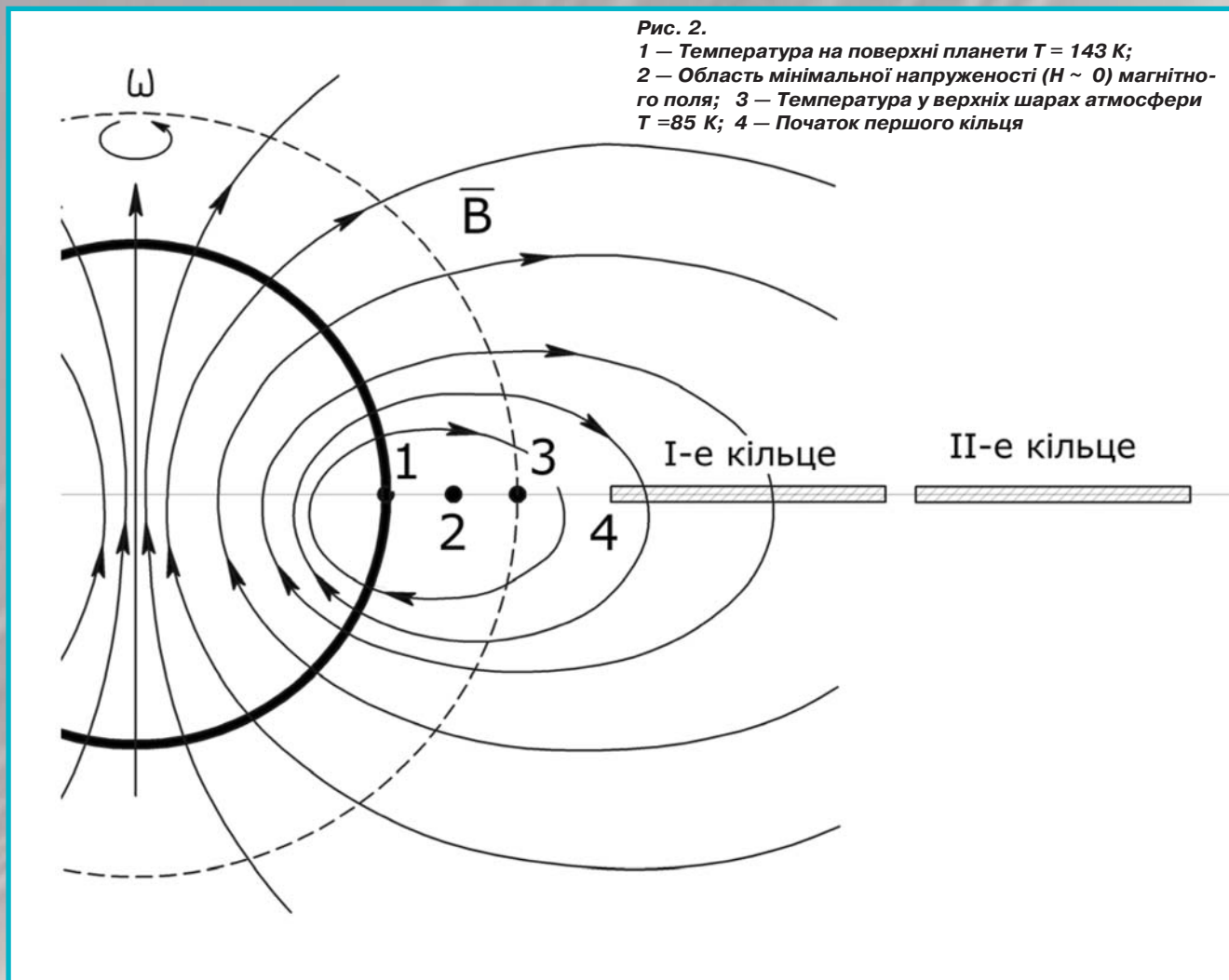


Рис. 2.
 1 – Температура на поверхні планети $T = 143$ К;
 2 – Область мінімальної напруженості ($H \sim 0$) магнітного поля; 3 – Температура у верхніх шарах атмосфери $T = 85$ К; 4 – Початок першого кільця

Сатурн — холодна планета, одержує всього лише 1,1% від сонячного тепла, одержуваного Землею. Температура на поверхні Сатурна — 130°C , а у верхніх шарах атмосфери — 188°C .

Якщо градієнт зміни температури продовжити в радіальному напрямі і далі (1 на 1000 км.), то до кінця великого кільця магнітосфери температура буде близька до абсолютного нуля [4] (рис. 2).

Версію про склад кілець Сатурна з каміння і пилу, що володіють властивостями надпровідності, можна розвинути і далі: про декілька кілець різного кольору, про зазори між кільцями і чому ближнє кільце не прилягає до планети, а утворює щілину.

Надпровідність знайдена більш, ніж у 25 металевих елементів і більшості сплавів. Надпровідниками можуть бути складніші хімічні сполуки. Далі наводиться перелік відомих надпровідників і їхні хімічні елементи, на основі яких вони створені: Nb-Ti, Nb₃-Sn, Ba-La-CuO; MgB₂; YBa₂Cu₃O_{7-x}; Bi₂Sr₂CaCu₂O₈; Bi₂Sr₂Ca₂Cu₃O₁₀. Їхня критична температура має стрибкоподібний характер: 9,6 К; 18,3 К; 35 К; 40 К; 73 К; 93 К; 95 К; 115 К [5].

Надпровідники, що зависли в "магнітній впадині", розподіляються у відповідності до хімічного складу і критичних температур.

На периферії ймовірно розташовуються надпровідники з низькою критичною температурою (наприклад, 9 К). Ці надпровідники не можуть повиснути біля планети, де температура сягає 35 К, там можуть існувати надпровідники з критичною температурою 90 К, 107 К. Стрибкоподібний характер спектра температур надпровідників і те, що падіння опору до нуля відбувається впродовж вузького, але кінченного інтервалу температур, створює умови, за яких проміжок між двома температурами нічим заповнити, тобто надпровідник з інтервалом температур, відповідний радіусу щілини, відсутній. Якщо кільця утворюються з речовин різного хімічного складу, то вони мають різний колір: середні — світліші, крайні — темніші.

Відсутність надпровідникового каміння біля планети, внаслідок чого кільце віддалене від планети, за передбачуваною версією, можна пояснити відсутністю або слабкістю меридіального вектора магнітного поля біля поверхні планети. Всередині планети вектор магнітної індукції має один напрям, в зовнішньому магнітному полі — протилежний. Отже, в радіальному напрямі є проміжок, в якому вектор магнітної індукції міняє напрям на протилежний, тобто напруженість магнітного поля падає до нуля, а потім починає знову зростати, змінивши напрям.

Цей проміжок міститься біля планети, і тому надпровідники в цьому проміжку не можуть зависнути.

Про те, що каміння кільця може бути несатурніанського походження, свідчать два відомих супутники Сатурна, Гіперіон і Феба. Всі супутники Сатурна (їх близько 30) повернуті одним боком до планети, як Місяць до Землі.

Згідно з теорією утворення Землі в процесі формування з пилу і іншого космічного матеріалу, Земля і Місяць були єдиним цілим, потім утворився деякий апендикс, апендикс відділився в Місяць, і Місяць свою спорідненість доводить зверненням одним боком до Землі.

Але у випадку Сатурна супутник Гіперіон при обльоті планети хаотично перекидається, а супутник Феба обертається навколо планети в протилежному напрямі в порівнянні з іншими супутниками. Колір Гіперіона не схожий на колір інших супутників [6]. Можна припустити, що ці супутники відбилися не від Сатурна.

Астрономи навіть припускають, що вони утворилися не в Сонячній системі. Отже, супутники Гіперіон і Феба підказують, що і каміння кільця може бути не сатурніанського походження.

У космічному просторі літає безліч порошинок, маленьких і великих тіл. Про це свідчать станції радіолокаційних спостережень метеорної активності в Києві, Харкові, Казані, Томську і в інших містах країн СНД. В обмеженому радіолокаційному просторі фіксують за добу тисячі метеорів.

Хімічний склад космічного матеріалу може містити всі елементи таблиці Менделєєва. На Землі, утвореній з першопочаткової космічної речовини, присутні всі хімічні елементи. Під час процесу утворення Всесвіту за теорією Великого Вибуху (13,7 млрд. років тому) виникли атоми всіх хімічних елементів і їхні ізотопи. Вірогідність утворення кожного елементу різна. У процесі термоядерного синтезу, що відбувається в нормальних зорях, утворюються, в основному, атоми елементів, які містяться посередині таблиці Менделєєва (до заліза).

До речі, в надрах Землі є і радіоактивні елементи, їхній радіоактивний період напіврозпаду порівняний із віком Сонячної системи. Період напіврозпаду ^{238}U рівний $4,51 \cdot 10^9$ років. Оскільки його залишилося 50%, це є ще одним підтвердженням віку Землі приблизно у 4,5 млрд. років.

Вірогідністю створення з хімічних елементів, що містяться в космосі, відповідного хімічної формулі надпровідника, може бути одна порошок на один мільйон або один камінчик на один мільярд літаючих у космосі. За час існування Сонця і Сонячної системи (~7 млрд. років) планета Сатурн притягувала до себе надпровідниковий пил і камінці завдяки обширній магнітосфері, гравітаційному полю і низькій температурі навколо планети.

Можна припустити, що в даний час до кільця Сатурна продовжують додаватися надпровідні каміння і пил, і вигляд кільця змінюється. Ці зміни відбуваються поволі, і в антропогенний геологічний період (1 млн. років), коли була фізично сформована людина, навряд чи вона б помітила ці зміни, тим більше з моменту відкриття Сатурна.

На завершення відзначимо, що відкриття надпровідності ртуті *Камерлінг-Оннесом* відбулося в 1911 році, а через 34 роки *В.К. Аркадьєв* провів блискучий дослід із зависанням надпровідника в магнітному полі.

Потрібно було ще 60 років, щоб 19 грудня 2005 року на прес-конференції РІА-новин виступив доктор фіз-мат. наук *В. Чорний* із гіпотезою, в якій пояснюється створення кільця Сатурна із надпровідних льодових частинок протопланетної хмари, яка початково оточувала цю планету [7].

У кабінеті фізики можна придумати багато різних дослідів з високотемпературними надпровідниками. Рецепт складу одного з них, ітрієвого надпровідника Y-Ba-Cu-O , який можна виготовити в шкільній лабораторії, детально описано в журналі "Наука и жизнь" [8].

Ні теоретична фізика, ні фізичні закони ще не "вичерпали себе". Для пояснення багатьох дивовижних явищ, як і виникнення Всесвіту, потрібно відкрити ще багато фізичних законів.

Література

1. **Крячко И.** Властелин колец [Электронный ресурс] // Журнал "Вокруг Света". — Режим доступа: http://www.vokrugsveta.com/body/nebesa/111_nebesa.htm (22 січня 2007 р.).
2. Сверхпроводимость [Электронный ресурс] // Рубрикон. Энциклопедии, словари, справочники. — Режим доступа: <http://www.rubricon.com> (22 січня 2007 р.).
3. Диамагнетики. [Электронный ресурс] // Диамагнетики. Общие сведения. — Режим доступа: <http://history-magnetism.com.ru/dia.html> (20 січня 2007 р.).
4. Планета Сатурн. [Электронный ресурс] // Информационно-поисковая система. — Режим доступа: <http://www.xfiles.ru/doc/?1359> (20 січня 2007 р.).
5. **Давыдов А.С.** Высокотемпературная сверхпроводимость. К.: Наукова думка, 1990, с.9—13, 104.
6. Спутники Сатурна [Электронный ресурс] // Школьные страницы: — Режим доступа: http://www.schools.keldysh.ru/sch1216/materials/sun_sys_do/saturn_moon.htm (21 січня 2007 р.).
7. **Чёрный В.** Загадка колец Сатурна [Электронный ресурс] // Журнал "Наука и Жизнь", №6, 2005. — Режим доступа: <http://www.nkj.ru/archive/articles/710/> (7 лютого 2007 р.).
8. Как сделать высокотемпературный сверхпроводник в школьной лаборатории [Электронный ресурс] // Журнал "Наука и Жизнь", №69, 2006. — Режим доступа: <http://www.nkj.ru/archive/articles/7210/> (20 січня 2007 р.).