

ISSN 1991-346X

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

# Х А Б А Р Л А Р Ы

---

---

## ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

## NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА  
СЕРИЯСЫ**



**СЕРИЯ**

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ**



**PHYSICO-MATHEMATICAL  
SERIES**

**3 (301)**

**МАМЫР – МАУСЫМ 2015 ж.**

**МАЙ – ИЮНЬ 2015 г.**

**MAY – JUNE 2015**

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН  
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА  
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ  
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД  
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА  
АЛМАТЫ, НАН РК  
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі,

**Мұтанов Г. М.**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әшімов А.А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байғұнчекөв Ж.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Жұмаділдаев А.С.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұқашев Б.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жантаев Ж.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Косов В.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мұсабаев Т.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Ойнаров Р.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.** (бас редактордың орынбасары); физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Темірбеков Н.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірбаев У.У.**

Р е д а к ц и я к ең е с і:

Украинаның ҰҒА академигі **И.Н. Вишневский** (Украина); Украинаның ҰҒА академигі **А.М. Ковалев** (Украина); Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **А.А. Михалевич** (Беларусь); Әзірбайжан ҰҒА академигі **А. Пашаев** (Әзірбайжан); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **И. Тигиняну** (Молдова); мед. ғ. докторы, проф. **Иозеф Банас** (Польша)

Главный редактор

академик НАН РК

**Г. М. Мутанов**

Редакционная коллегия:

доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.А. Ашимов**; доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Ж.Ж. Байгунчеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.С. Джумадильдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Б.Н. Мукашев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.Ш. Жантаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Косов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.А. Мусабаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Р. Ойнаров**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов** (заместитель главного редактора); доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.М. Темирбеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **У.У. Умирбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **И.Н. Вишневский** (Украина); академик НАН Украины **А.М. Ковалев** (Украина); академик НАН Республики Беларусь **А.А. Михалевич** (Беларусь); академик НАН Азербайджанской Республики **А. Пашаев** (Азербайджан); академик НАН Республики Молдова **И. Тигиняну** (Молдова); д. мед. н., проф. **Иозеф Банас** (Польша)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая». ISSN 1991-346X

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,

[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz) / [physics-mathematics.kz](http://physics-mathematics.kz)

---

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

Editor in chief

**G. M. Mutanov**,  
academician of NAS RK

Editorial board:

**A.A. Ashimov**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **Zh.Zh. Baigunchekov**, dr. eng. sc., prof., academician of NAS RK; **A.S. Dzhumadildayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **T.S. Kalmenov**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **B.N. Mukhashev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.Sh. Zhantayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Kosov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.A. Mussabayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **R. Oinarov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **N.M. Temirbekov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **U.U. Umirbayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

**I.N. Vishnievski**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.M. Kovalev**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.A. Mikhalevich**, NAS Belarus academician (Belarus); **A. Pashayev**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **I. Tighineanu**, NAS Moldova academician (Moldova); **Joseph Banas**, prof. (Poland).

**News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.**  
**ISSN 1991-346X**

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz) / [physics-mathematics.kz](http://physics-mathematics.kz)

---

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 301 (2015), 80 – 86

## MODELING THE DYNAMICS OF PHOTONS

K. B. Zhakupov

Institute of mathematics and mathematical modeling, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: jakupovKB@mail.ru

**Key words:** photon pulse, gravitational force, pressure, light.

**Abstract.** The article discusses the possibility of modeling the dynamics of one-dimensional photon-governmental Euler equations. The following hypotheses: radiated by the sun and other stars of the Galaxy photons reach the Earth's surface and other space objects with different velocities due to the influence of gravitational fields on a cosmic scale is theoretically proved. Speed of photons of light propagation distance depends on the physical condition of the emitting object. Showing coning directed-rays with a high density of photons, the appearance of waves of light, photons impact on the gravitational forces of the "black hole." Euler's equations enough to objectively convey the dependence of the speed of photons from the physical condition of the object, emitting a range of dissemination, education of the cone of light, wave nature.

Motion picture new straight line (light beams), therefore, are of interest application of one-dimensional Euler equations to model some where the photon scattering phenomena in the field of lighting, heating body sun exposure to Photon strong gravitational fields, the phenomenon of "black hole".

УДК 519.6, 532.516

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ФОТОНОВ

К. Б. Джакупов

Институт математики и математического моделирования МОН РК, Алматы, Казахстан

**Ключевые слова:** фотон, импульс, гравитационные силы, давление, свет.

**Аннотация.** Динамика фотонов по прямолинейному лучу моделируется одномерными уравнениями Эйлера. Определяются энергия фотонов, радиус освещения, волновая природа света, постоянство скорости фотонов при отсутствии градиента давления и переменность в гравитационных полях.

В системе координат, связанной с источником, масса покоя фотона принимается равной нулю, но движущийся фотон обладает определенными массой и скоростью, измерение давления света было выполнено в XIX веке великим русским физиком П. Н. Лебедевым. Движение фотонов прямолинейное (лучи света), следовательно, представляют интерес применения одномерных уравнений Эйлера для моделирования некоторых явлений рассеяния фотонов в пространстве – сферы освещения, нагревания участков тела солнечными лучами, воздействие на фотонов сильных гравитационных полей, явление «черной дыры» и т.д.

**1. Энергия фотонов.** Предположим, что плотность фотонов  $\rho_\phi$  есть переменная величина (тому основанием служат наблюдаемые явления: яркий свет – большая плотность фотонов, сумерки – меньшая их плотность и т.д.) и будем исходить из одномерных стационарных уравнений Эйлера

$$\rho_\phi c \frac{dc}{dx} + \frac{dp}{dx} = \rho_\phi F_x, \quad (1.1)$$

$$\frac{d\rho_\phi c}{dx} = 0 \quad (1.2)$$

Уравнение динамики (1.1) в силу уравнения неразрывности (1.2) преобразуется к виду  $\frac{d\rho_\phi c^2}{dx} + \frac{dp}{dx} = \rho_\phi F_x$ . На больших расстояниях от источника фотонов можно пренебречь действием гравитационных сил  $F_x \approx \frac{m_\phi m_s}{x^2}$ , учитывая стремление этих сил к нулю на дальнем расстоянии  $x \rightarrow \infty$ . Тогда из уравнения (1.1) вытекает интеграл

$$\frac{d(\rho_\phi c^2 + p)}{dx} = 0, \quad \rho_\phi c^2 + p = const \quad (1.3)$$

Константа в (1.3) определяется условиями данных на конкретном источнике «S»:

$$\rho_{\phi S} c_s^2 + p = \rho_{\phi S} c_s^2 + p_s, \quad (1.4)$$

здесь  $\rho_{\phi S}$ ,  $c_s$ ,  $p_s$  — плотность, скорость и давление, свойственные фотонам на источнике «S». В левой части (1.4) переменная плотность энергии движущихся фотонов равна

$$U = \rho_\phi c^2 + p, \quad (1.5)$$

что позволяет вычислить энергию  $E_\tau = \iiint_\tau U \delta\tau = \iiint_\tau (\rho_\phi c^2 + p) \delta\tau$  фотонов в некотором объеме  $\tau$ . Теорема о среднем интеграла дает выражение

$$E_\tau = \iiint_\tau (\rho_\phi c^2 + p) \delta\tau = \langle c^2 \rangle \iiint_\tau \rho_\phi \delta\tau + \langle p \rangle \iiint_\tau \delta\tau = m \langle c^2 \rangle + \langle p \rangle \tau,$$

следовательно, полная энергия фотонов представляется в виде

$$E_\tau = m \langle c^2 \rangle + \langle p \rangle \tau, \quad (1.6)$$

$m = \iiint_\tau \rho_\phi \delta\tau$  масса фотонов в данном объеме. Формула (1.6) разнится от формулы Эйнштейна  $E = mc^2$  на энергию давления  $\langle p \rangle \tau$ . Из интеграла (1.4) следует скорость фотонов, исходящих от «S»:

$$c^2 = \frac{\rho_{\phi S} c_s^2 + p_s - p}{\rho_\phi} \quad (1.7)$$

Полученное соотношение показывает зависимость скорости фотонов от их плотности  $\rho_{\phi S}$  на источнике «S», начального давления « $p_s$ », скорости  $c_s$ , следовательно, в целом зависит от физического состояния объекта «S».

Из теоремы о кинетической энергии  $m \frac{d}{dt} \left( \frac{c^2}{2} \right) = \vec{F} \cdot \vec{c}$  при постоянной массе  $m = const$  и  $\vec{F} \equiv 0$  следует  $mc^2/2 = const$ . Следовательно, только для постоянных массы скорости **при отсутствии внешних сил** удвоенная кинетическая энергия постоянна и равна  $E = mc^2 = const$ .

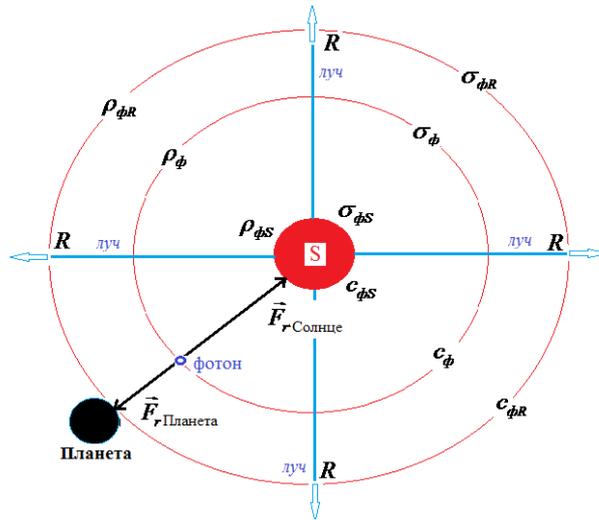
В случае материальной точки с переменной массой  $m$ , движущейся со скоростью  $\vec{c}$  под действием силы  $\vec{F}$ , предполагается справедливым закон Мещерского (теорема об изменении импульса) а)  $\frac{dm\vec{c}}{dt} = \vec{F}$ . Из скалярного произведения  $(\frac{dm\vec{c}}{dt}, \vec{c}) = (\vec{F}, \vec{c})$  следует  $\frac{m}{2} \frac{dc^2}{dt} + \frac{dm}{dt} c^2 = (\vec{F}, \vec{c})$ .

При инерционном движении  $\vec{F} \equiv 0$  после деления на  $mc^2$  получается равенство  $\frac{d \ln(mc)^2}{dt} = 0$ , откуда вытекает  $(mc)^2 = const$ . Таким образом, для тела переменной массы кинетическая энергия

$mc^2 / 2 \neq const$  и удвоенная кинетическая энергия  $E = mc^2 \neq const$  не будут постоянными в движении, в то время как импульс тела будет постоянным во все время движения  $mc = m_0c_0$ . Следовательно, из  $c = m_0c_0/m$  вытекает возрастание скорости при уменьшении массы и, наоборот, из  $m = m_0c_0/c$  следует уменьшение массы  $m \rightarrow 0$  при увеличении скорости  $c \rightarrow \infty$ . В этом случае по закону сохранения массы  $m = \rho\tau = const$  плотность тела должна увеличиваться  $\rho \rightarrow \infty$ , но постоянство массы в этом случае возможно только при уменьшении (сжатии) объема  $\tau = l_x l_y l_z \rightarrow 0$ , т.е. линейные размеры должны убывать (создается ложное представление о сокращении линейных размеров при скорости, близкой к скорости света). Но при отсутствии внешних сил  $\vec{F} \equiv 0$  в инерционном движении, очевидно, увеличение скорости возможно только при уменьшении массы (реактивное движение), а не наоборот, кроме того, при  $\vec{F} \equiv 0$  импульс тела  $mc = const$  является неизменной величиной как для переменного, так и постоянного значений массы.

**2. О дальности распространения света вокруг источника.** По закону сохранения массы поток фотонов через поверхность  $\sigma$  в единицу времени равен потоку через поверхность источника (фигура 1):

$$\rho_\phi c \sigma = \rho_{\phi S} c_S \sigma_S \quad (2.1)$$



Фигура 1

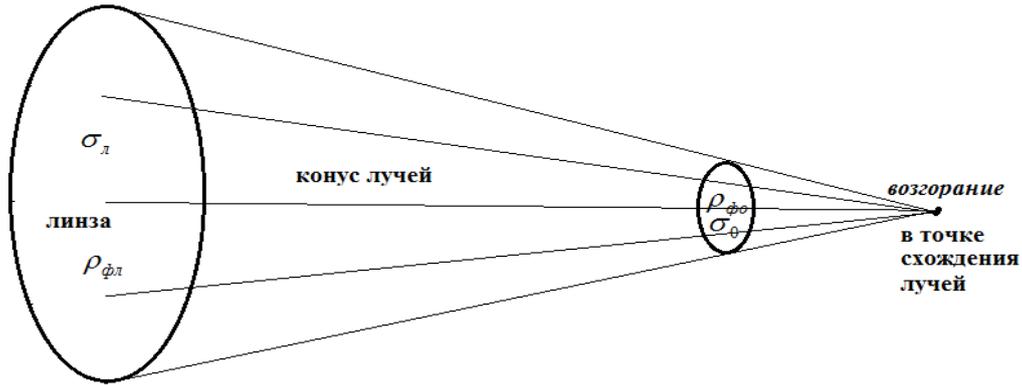
На расстоянии  $R$  от источника масса фотонов, протекающая в единицу времени через поверхность  $\sigma_R = 4\pi R^2$ , по формуле (2.1) равна

$$\rho_{\phi R} c_R \sigma_R = \rho_{\phi S} c_S \sigma_S \quad (2.2)$$

Из данной формулы вытекает, что плотность фотонов на расстоянии  $R$

$$\rho_{\phi R} = \frac{\rho_{\phi S} c_S \sigma_S}{4\pi R^2 c_R} \quad (2.3)$$

обратно пропорциональна площади отдаленной поверхности  $\sigma_R$  и прямо пропорциональна площади поверхности источника  $\sigma_S$ , т.е. чем больше  $\sigma_R = 4\pi R^2$  и чем меньше  $\sigma_S$ , тем меньше будет плотность фотонов, следовательно, ухудшается видимость для человеческого глаза на определенном расстоянии. Очевидно, яркость светила характеризуется плотностью  $\rho_{\phi S}$  фотонов, давлением « $p_S$ » и скоростью фотонов  $c_S$ , полученных из источника «S».



Фигура 2

На фигуре 2 показан известный способ зажигания фокусированными солнечными лучами. Из (2.2) при  $\sigma_o \rightarrow 0$  применительно к линзе вытекает возрастание плотности фотонов в точке пересечения лучей от линзы  $\rho_{\phi o} = \frac{\rho_{\phi l} c_l \sigma_l}{c_o \sigma_o} \rightarrow \infty$ . Кинетическая энергия фотонов переходит в энергию молекул на площадке  $\sigma_o \rightarrow 0$ , происходит выгорание и возгорание легко воспламеняющихся тел.

Дифференцирование (2.1) по радиусу дает равенство  $\frac{d\rho_{\phi} c \sigma}{dr} = 0$ , с применением которого уравнение динамики  $\rho_{\phi} c \frac{dc}{dr} + \frac{dp}{dr} = \rho_{\phi} F_r$  преобразуется к виду

$$\frac{d\rho_{\phi} c^2}{dr} + \frac{\rho_{\phi} c^2}{\sigma} \frac{d\sigma}{dr} + \frac{dp}{dr} = \rho_{\phi} F_r, \tag{2.4}$$

где  $\sigma = 4\pi r^2$  поверхность сферы произвольного радиуса  $r$ . Для тривиальных источников фотонов, как свеча, горящая спичечная головка и др., градиенты давления и гравитационные силы должны быть невелики по сравнению с Солнцем. Пренебрежение ими приводит к неравенству

$$\frac{d\rho_{\phi} c^2}{dr} = -\frac{\rho_{\phi} c^2}{\sigma} \frac{d\sigma}{dr} < 0.$$

Производная  $\frac{d\rho_{\phi} c^2}{dr} < 0$  отрицательна, следовательно, кинетическая энергия единицы объема

$\rho_{\phi} c^2$  является уменьшающейся функцией, стремящейся к нулю (освещение от небольших источников занимает соответствующую площадь).

**3. О постоянстве скорости фотонов вне гравитационного поля при нулевом градиенте давления.** Уравнение  $\frac{d\rho_{\phi} c^2}{dr} + \frac{\rho_{\phi} c^2}{\sigma} \frac{d\sigma}{dr} + \frac{dp}{dr} = \rho_{\phi} F_r$ , рассмотренное выше, вне гравитационного

поля  $\vec{F} \equiv 0$  при нулевом градиенте давления имеет вид  $\frac{d\rho_{\phi} c^2}{dr} + \frac{\rho_{\phi} c^2}{\sigma} \frac{d\sigma}{dr} = 0$ , откуда следует

$\rho_{\phi} c^2 \sigma = \rho_{\phi S} c_S^2 \sigma_S$ . Закон сохранения массы (2.1) дает равенство  $\rho_{\phi} c \sigma = \rho_{\phi S} c_S \sigma_S$ . В результате из двух уравнений следует постоянство скорости фотонов  $c = c_S$ . Формула (2.3) для произ-

вольного радиуса  $r$  принимает вид  $\rho_{\phi} = \frac{\rho_{\phi S} \sigma_S}{4\pi r^2}$ , т.е. и в этом случае плотность фотонов убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от источника света. При не равном нулю

градиенте давления  $\frac{dp}{dr} \neq 0$  из (1.7) и (2.3) вытекает зависимость скорости фотонов от давления

« $p_S$ » и скорости  $c_S$  на источнике «S», а также от радиуса  $R$  отдаленности от Солнца или другого источника света.

**4. Переменность скорости фотонов вдоль луча в гравитационном поле.** Одномерные уравнения Эйлера вдоль луча даны в 1. Гравитационные силы направлены к центру источника фотонов, поэтому в уравнении динамики

$$\frac{d(\rho_\phi c^2 + p)}{dx} = \rho_\phi F_x, \quad (4.1)$$

проекция силы на направление луча отрицательна  $F_x < 0$ , суммарная энергия единицы объема  $\rho_\phi c^2 + p$  становится монотонно убывающей функцией, стремящейся к нулю:

$$\rho_\phi c^2 + p \rightarrow 0 \quad (4.2)$$

Данное явление характерно для известных в астрофизике «черных дыр», где по предположению гравитационные силы настолько велики, что фотоны не могут покинуть сферу, радиус которой определен действием силы тяготения «черной дыры»  $F_{xc} \approx \frac{m_\phi m_S}{x_c^2}$ .

При незначительных гравитационных силах фотоны покидают пределы их действия и распределяются в пространстве. При приближении фотонов к любой планете Солнечной системы гравитационная сила Солнца ослабевает и начинает действовать на фотоны сила тяготения планеты, что вызывает ускорение фотонов, потому как  $F_{xz} \approx \frac{m_\phi m_3}{x_3^2}$  будет иметь положительную

проекцию на направление луча, вследствие чего суммарная энергия единицы объема  $\rho_\phi c^2 + p$  монотонно возрастает  $\rho_\phi c^2 + p \rightarrow \rho_{\phi R} c_R^2 + p_R$  до поглощения фотонов поверхностью Земли или другой планеты. Измерения скорости света от Солнца на поверхности любой планеты, например, на Земле, зависят, очевидно, от места расположения прибора на конкретном расстоянии  $R$  от Солнца и должны иметь небольшие по космическим масштабам отклонения от измеренного на планете Земля значения в вакууме  $c = 299792,458 \text{ км/с}$ .

Как видно из результатов применения уравнений Эйлера, скорость фотонов есть переменная величина в поле гравитационных сил.

**5. Уравнения Эйлера о волновой природе движения фотонов.** Природа звуковых волн как явление переноса малых возмущений по адиабатическому газу обоснована одномерными уравнениями Эйлера [3]. Данный в [3] подход, очевидно, вполне приемлем здесь. Действительно, образование конуса лучей при прохождении фотонов через линзу с возрастанием их плотности  $\rho_{\phi 0}$  можно принять за явление «баротропности»  $\rho_\phi = \rho_\phi(p)$  течения. Следуя [3], допустим, что до момента времени  $t < t^0$  параметры потока фотонов установились во времени и имеют стационарные значения вдоль луча  $c = \bar{c} = const, \rho_\phi = \bar{\rho}_{\phi 0} = const, p = \bar{p}_0 = const$ . Пусть в некоторый момент времени  $t = t^0$  в поток фотонов внесены относительно малые возмущения  $c' = c'(x, t^0), \rho'_\phi = \rho'_\phi(x, t^0), p' = p'(x, t^0)$ , например, изменение физического состояния воздуха после грозы, прохождение света через грани хрусталя или алмаза и т.д. Дальнейшее развитие возмущений по лучу во времени  $t > t^0$  описываются нестационарными уравнениями

$$\rho_\phi \left( \frac{\partial c}{\partial t} + c \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial p}{\partial \rho_\phi} \frac{\partial \rho_\phi}{\partial x} = \rho_\phi F_x, \quad (5.1)$$

$$\frac{\partial \rho_\phi}{\partial t} + \frac{\partial \rho_\phi c}{\partial x} = 0 \quad (5.2)$$

Опираясь на  $\rho_\phi = \rho_\phi(p)$ , представим уравнение (5.1) в виде

$$\rho_\phi \left( \frac{\partial c}{\partial t} + c \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial p}{\partial \rho_\phi} \frac{\partial \rho_\phi}{\partial x} = \rho_\phi F_r \quad (5.3)$$

Решение системы (5.2) и (5.3) для времени  $t > t^0$  представляется в виде

$$c = \tilde{c} + c'(x, t), \rho_\phi = \tilde{\rho}_{\phi 0} + \rho'_\phi(x, t) \quad (5.4)$$

В результате подстановки суммы (5.4) в (5.3) и отбрасывания величин второго и третьего порядков малости получается система уравнений для малых возмущений

$$\frac{\partial c'}{\partial t} + \tilde{\rho}_{\phi 0} \tilde{c} \frac{\partial c'}{\partial x} + \frac{\partial p}{\partial \rho_\phi} \frac{\partial \rho'_\phi}{\partial x} = 0, \quad (5.5)$$

$$\frac{\partial \rho'_\phi}{\partial t} + \tilde{c} \frac{\partial \rho'_\phi}{\partial x} + \tilde{\rho}_{\phi 0} \frac{\partial c'}{\partial x} = 0 \quad (5.6)$$

В (5.5) производится приближенная замена  $\frac{\partial p}{\partial \rho_\phi} \approx \frac{\partial p(\rho_{\phi 0})}{\partial \rho_\phi} = c_0^2$ , где  $c_0^2$  имеет размерность скорости и является аналогом скорости звука в газодинамике. В этом случае система становится линейной:

$$\tilde{\rho}_{\phi 0} \left( \frac{\partial c'}{\partial t} + \tilde{c} \frac{\partial c'}{\partial x} \right) + c_0^2 \frac{\partial \rho'_\phi}{\partial x} = 0, \quad (5.7)$$

$$\frac{\partial \rho'_\phi}{\partial t} + \tilde{c} \frac{\partial \rho'_\phi}{\partial x} + \tilde{\rho}_{\phi 0} \frac{\partial c'}{\partial x} = 0 \quad (5.8)$$

Исключение из (5.7) и (5.8)  $c'$  приводит к волновому уравнению

$$\frac{\partial^2 \rho'_\phi}{\partial t^2} + \tilde{c} \left( \frac{\partial^2 \rho'_\phi}{\partial x \partial t} - \tilde{\rho}_{\phi 0} \frac{\partial^2 c'}{\partial x^2} \right) = c_0^2 \frac{\partial^2 \rho'_\phi}{\partial x^2}$$

Аналогичное исключение  $\rho'_\phi$  дает второе волновое уравнение

$$\frac{\partial^2 c'}{\partial t^2} + \tilde{c} \left( \frac{\partial^2 c'}{\partial t \partial x} - \frac{c_0^2}{\tilde{\rho}_{\phi 0}} \frac{\partial^2 \rho'_\phi}{\partial x^2} \right) = c_0^2 \frac{\partial^2 c'}{\partial x^2}$$

Для  $\tilde{c} = 0$  данная система принимает форму, аналогичную распространению звуковых волн

$$\frac{\partial^2 \rho'_\phi}{\partial t^2} = c_0^2 \frac{\partial^2 \rho'_\phi}{\partial x^2}, \quad \frac{\partial^2 c'}{\partial t^2} = c_0^2 \frac{\partial^2 c'}{\partial x^2}$$

Таким образом, моделирование динамики фотонов уравнениями Эйлера приводит к следующим гипотезам: излучаемые Солнцем или другими звездами Галактики фотоны доходят до поверхности Земли и других космических объектов с различными скоростями из-за влияния гравитационных полей в космических масштабах.

Известно следующее [2]. Датский астроном Ремер из наблюдений за затмениями спутников Юпитера в 1676 г. определил скорость света равным 215 000 км/с. Бредли из астрономических наблюдений вычислил  $c = 303\,000$  км/с. Французский ученый Физо в 1849 г. получил  $c = 313\,000$  км/с. По опытам Майкельсона 1932 года скорость света в вакууме равна 299 792,459 км/с.

Уравнения Эйлера достаточно объективно передают зависимость скорости фотонов от физического состояния излучающего объекта, дальности их распространения, образования конуса направленных лучей, волновую природу.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Берестецкий Е. М. Теоретическая физика IV. Квантовая электродинамика. – Физматлит, 2002. – ISBN 5-9221-0058-0 (рус.) - §3, с.26-27 и § 4, с. 29.  
[2] Савельев И.В. Курс общей физики. – Т. 2. – М.: Наука, 1988. – С. 496.  
[3] Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1973. – С. 847.

REFERENCES

- [1] Berestetskiy E.M. *Theoretical Physics IV. Quantum electrodynamics*. Fizmatlit, 2002, ISBN 5-9221-0058-0 (Russ.) - §3, p.26-27 and § 4, p. 29. (in Russ.).  
[2] Savelyev I.V. *Course of general physics*. Vol. 2. M.: Science, 1988. P. 496. (in Russ.).  
[3] Loitsiansky L.G. *Fluid Mechanics*. M.: Nauka, 1973. P. 847. (in Russ.).

ФОТОНДАР ДИНАМИКАСЫН МОДЕЛЬДЕУ

К. Б. Жақып-тегі

ҚР БҒМ Математика және математикалық модельдеу институты, Алматы, Қазақстан

**Тірек сөздер:** фотон, импульс, гравитациялық күштер, қысым, сәуле.

**Аннотация.** Мақалада фотондар динамикасын Эйлердің бірөлшемелі теңдеуімен модельдеу мүмкіншілігі қарастырылған. Мынандай гипотезалар теориялық тұрпатта негізделген: Күннен немесе Галактиканың басқада жұлдыздарынан шыққан фотондар Жер бетіне және өзге планеталарға гравитация күштерінің әсерінен әртүрлі жылдамдықтармен жетуі, фотондардың жылдамдықтары және фотонодардың алысқа тарауы сәуле жіберетін жұлдыздардың физикалық күйлерінен тәуелді екендігі. Көрсетілген: линзадан өткенде фотондардың тығыздығы ұлғаятындығы, кеңістікте сәулелер толқындар тұрпатында үлестірілуі және фотондарға «қара тесіктің» гравитация күшінің әсерлігі.

Поступила 25.02.2015 г.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)  
[physics-mathematics.kz](http://physics-mathematics.kz)

Редактор *М. С. Ахметова*  
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 9.06.2015.  
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
15,7 п.л. Тираж 300. Заказ 3.