Российская Федерация

Науменко Юрий Викторович

Электромагнитный луч в теории "Панэлектродинамика"

Выпуск 16 Армавир 2022

9 785937 503473

ББК 22.31 УДК 53.02 Н-34

Науменко Юрий Викторович

Электромагнитный луч в теории "Панэлектродинамика"

Армавир 2022

ISBN 978-5-93750-347-3

В выпусках ∇7 - ∇14 проекта автора сформулирована в Галилеевом пространстве-времени новая теория электродинамики - "Панэлектродинамика":

$\overline{v}_E,\ \overline{v}_B,\ \overline{v}_e,\ \overline{v}_b$ - скорости движения соответствующих полевых переменных:

$\overline{E}$ - электрическое векторное поле, $\overline{B}$ - магнитное векторное поле,

e - электрическое скалярное поле, b - магнитное скалярное поле.

$\overline{v} = \overline{v}_{материи}$ - скорость движения материи в точке наблюдения полевых переменных,

Теория строится в предположении того, что **поля** $\overline{E}$ **,** $\overline{B}$ **,** e **,** b **движутся**, то есть

$$\frac{\partial}{\partial t}\overline{E}(\overline{v},t,\overline{r}) + \left(\overline{v}_E(\overline{v},t,\overline{r}) \cdot \overline{\nabla}\right) \cdot \overline{E}(\overline{v},t,\overline{r}) = \overline{0} \quad ; \quad \frac{\partial}{\partial t}e(\overline{v},t,\overline{r}) + \left(\overline{v}_e(\overline{v},t,\overline{r}) \cdot \overline{\nabla}\right) \cdot e(\overline{v},t,\overline{r}) = 0 \ ;$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\overline{B}(\overline{v},t,\overline{r}) + \left(\overline{v}_B(\overline{v},t,\overline{r}) \cdot \overline{\nabla}\right) \cdot \overline{B}(\overline{v},t,\overline{r}) = \overline{0} \quad ; \quad \frac{\partial}{\partial t}b(\overline{v},t,\overline{r}) + \left(\overline{v}_b(\overline{v},t,\overline{r}) \cdot \overline{\nabla}\right) \cdot b(\overline{v},t,\overline{r}) = 0 \ .$$

Считается (см. ∇4 , ∇5) , что в любой точке пространства в любой момент времени: при условии не стационарности $\overline{E}\ /\ \overline{B}\ /\ e\ /\ b$ существует направление, в котором движется поле $\overline{E}\ /\ \overline{B}\ /\ e\ /\ b$ **.** При этом направления движения полей: $\overline{v}_e \uparrow\uparrow \overline{v}_E$, $\overline{v}_b \uparrow\uparrow \overline{v}_B$.

Для свободного электромагнитного поля (нет источников поля): $\overline{v}_E = \overline{v}_B = \overline{v}_e = \overline{v}_b = \overline{c}$.

Уравнения Панэлектродинамики		Нет источников $\overline{c} = \overline{const}$
$\overline{E}(\overline{v},t,\overline{r}) = \overline{E}_0(\overline{v},t,\overline{r}) - \frac{1}{c}\cdot\overline{v}_B \times \overline{B}(\overline{v},t,\overline{r}) + \frac{1}{c}\cdot\overline{v}_b \cdot b(\overline{v},t,\overline{r})$		$\overline{E} = -\frac{1}{c}\cdot\overline{c}\times\overline{B} + \frac{1}{c}\cdot\overline{c}\cdot b$
$\overline{B}(\overline{v},t,\overline{r}) = \overline{B}_0(\overline{v},t,\overline{r}) + \frac{1}{c}\cdot\overline{v}_E \times \overline{E}(\overline{v},t,\overline{r}) + \frac{1}{c}\cdot\overline{v}_e \cdot e(\overline{v},t,\overline{r})$		$\overline{B} = \frac{1}{c}\cdot\overline{c}\times\overline{E} + \frac{1}{c}\cdot\overline{c}\cdot e$
$e(\overline{v},t,\overline{r}) = \frac{1}{c}\cdot\overline{v}_B \cdot \overline{B}(\overline{v},t,\overline{r})$	*сила, действующая на заряд q, движущийся со скоростью $\overline{v}$:* $\overline{f} = q \cdot \overline{E}(\overline{v},t,\overline{r})$	$e = \frac{1}{c}\cdot\overline{c}\cdot\overline{B}$
$b(\overline{v},t,\overline{r}) = b_0(\overline{v},t,\overline{r}) + \frac{1}{c}\cdot\overline{v}_E \cdot \overline{E}(\overline{v},t,\overline{r})$		$b = \frac{1}{c}\cdot\overline{c}\cdot\overline{E}$
$\frac{\partial}{\partial t}\overline{E}(\overline{v},t,\overline{r}) + \left(\overline{v}_E \cdot \overline{\nabla}\right)\cdot\overline{E}(\overline{v},t,\overline{r}) = \overline{0}$		$\frac{\partial}{\partial t}\overline{E} + \left(\overline{c}\cdot\overline{\nabla}\right)\cdot\overline{E} = \overline{0}$
$\frac{\partial}{\partial t}\overline{B}(\overline{v},t,\overline{r}) + \left(\overline{v}_B \cdot \overline{\nabla}\right)\cdot\overline{B}(\overline{v},t,\overline{r}) = \overline{0}$	$\overline{v}_E \equiv \overline{v}_E(\overline{v},t,\overline{r})$	$\frac{\partial}{\partial t}\overline{B} + \left(\overline{c}\cdot\overline{\nabla}\right)\cdot\overline{B} = \overline{0}$
$\frac{\partial}{\partial t}e(\overline{v},t,\overline{r}) + \left(\overline{v}_e \cdot \overline{\nabla}\right)\cdot e(\overline{v},t,\overline{r}) = 0$	$\overline{v}_B \equiv \overline{v}_B(\overline{v},t,\overline{r})$	$\frac{\partial}{\partial t}e + \left(\overline{c}\cdot\overline{\nabla}\right)\cdot e = 0$
$\frac{\partial}{\partial t}b(\overline{v},t,\overline{r}) + \left(\overline{v}_b \cdot \overline{\nabla}\right)\cdot b(\overline{v},t,\overline{r}) = 0$	$\overline{v}_e \equiv \overline{v}_e(\overline{v},t,\overline{r})$ $\overline{v}_b \equiv \overline{v}_b(\overline{v},t,\overline{r})$	$\frac{\partial}{\partial t}b + \left(\overline{c}\cdot\overline{\nabla}\right)\cdot b = 0$

$$\overline{E}_0(\overline{v},t,\overline{r})=\int\rho(\overline{0},t,\overline{r'})\cdot\frac{(\overline{r}-\overline{r'})}{\left|\overline{r}-\overline{r'}\right|^3}\cdot dV' \; ; \quad \overline{B}_0(\overline{v},t,\overline{r})=\frac{1}{c}\cdot\int\{\overline{j}(\overline{0},t,\overline{r'})-\overline{v}\cdot\rho(\overline{0},t,\overline{r})\}\times\frac{(\overline{r}-\overline{r'})}{\left|\overline{r}-\overline{r'}\right|^3}\cdot dV'$$

$$e_0(\overline{v},t,\overline{r})=0 \quad ; \qquad b_0(\overline{v},t,\overline{r})=\frac{1}{c}\cdot\int\{\,\overline{j}(\overline{0},t,\overline{r'})-\overline{v}\cdot\rho(\overline{0},t,\overline{r})\,\}\cdot\frac{(\overline{r}-\overline{r'})}{\left|\overline{r}-\overline{r'}\right|^3}\cdot dV'$$

$$\overline{\nabla}(\overline{F}\cdot\overline{G})=(\overline{F}\bullet\overline{\nabla})\,\overline{G}+(\overline{G}\cdot\bullet\overline{\nabla})\,\overline{F}+\overline{F}\times(\overline{\nabla}\times\overline{G})+\overline{G}\times(\overline{\nabla}\times\overline{F})$$

$$\overline{\nabla}\bullet(\overline{F}\times\overline{G})=\overline{G}\bullet\overline{\nabla}\times\overline{F}-\overline{F}\bullet\overline{\nabla}\times\overline{G} \qquad \overline{\nabla}\times(\varPhi\overline{F})=\varPhi\,\overline{\nabla}\times\overline{F}+\overline{\nabla}\varPhi\times\overline{F}$$

$$\overline{\nabla}\times(\overline{F}\times\overline{G})=(\overline{G}\bullet\overline{\nabla})\,\overline{F}-(\overline{F}\bullet\overline{\nabla})\,\overline{G}+\overline{F}\,(\overline{\nabla}\bullet\overline{G})-\overline{G}\,(\overline{\nabla}\bullet\overline{F})$$

$$\overline{\nabla}*(\varPhi\overline{F})=\varPhi\,\overline{\nabla}\bullet\overline{F}+(\overline{\nabla}\varPhi)\bullet\overline{F} \quad ; \qquad rot\;rot\;\overline{F}=\overline{\nabla}\times(\overline{\nabla}\times\overline{F})=\overline{\nabla}\,(\overline{\nabla}\bullet\overline{F})-\overline{\nabla}^2\,\overline{F} \qquad \Downarrow$$

Исследуем случай свободного электромагнитного поля - электромагнитный луч (в объеме луча $\overline{c}=\overline{c}(t,x.y.z)=\overline{const}$, $\left|\overline{c}\right|=\left|\overline{c}(t,x.y.z)\right|=c$) , например тонкий луч света.

$(*)\quad rot\;\overline{E}=-\frac{1}{c}\cdot\frac{\partial}{\partial t}\overline{B}-\frac{\overline{c}}{c}\cdot div\,\overline{B}-\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,b$	
$(**)\quad rot\;\overline{B}=\frac{1}{c}\cdot\frac{\partial}{\partial t}\overline{E}+\frac{\overline{c}}{c}\cdot div\,\overline{E}-\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,e$	
$div\,\overline{E}=\frac{\overline{c}}{c}\cdot rot\,\overline{B}+\frac{\overline{c}}{c}\cdot grad\,b=\frac{\overline{c}}{c}\cdot\{rot\,\overline{B}+grad\,b\}$	$div\,\overline{E}=\overline{0}\Rightarrow\left[\begin{array}{l}\overline{c}\perp\;rot\,\overline{B}+grad\,b\\ rot\,\overline{B}=-grad\,b\end{array}\right.$
$div\,\overline{B}=-\frac{\overline{c}}{c}\cdot rot\,\overline{E}+\frac{\overline{c}}{c}\cdot grad\,e=\frac{\overline{c}}{c}\cdot\{-rot\,\overline{E}+grad\,e\}$	$div\,\overline{B}=\overline{0}\Rightarrow\left[\begin{array}{l}\overline{c}\perp-rot\,\overline{E}+grad\,e\\ rot\,\overline{E}=grad\,e\end{array}\right.$
$(*)\quad grad\,e=-\frac{1}{c}\cdot\frac{\partial}{\partial t}\overline{B}+\frac{\overline{c}}{c}\times rot\,\overline{B} \qquad =$	$=rot\;\overline{E}$, если $div\,\overline{B}=\overline{0}$
$(**)\quad grad\,b=-\frac{1}{c}\cdot\frac{\partial}{\partial t}\overline{E}+\frac{\overline{c}}{c}\times rot\,\overline{E} \qquad =$	$=-rot\;\overline{B}$, если $div\,\overline{E}=\overline{0}$

а) $$rot\,rot\;\overline{E}=rot\left\{-\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\overline{B}-\frac{\overline{c}}{c}\cdot div\,\overline{B}-\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,b\right\}\Rightarrow\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\overline{E}-\overline{\nabla}^2\,\overline{E}=$$

$$=-grad\;div\,\overline{E}-\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\left\{\frac{\overline{c}}{c}\cdot div\,\overline{E}\right\}-rot(\frac{\overline{c}}{c}\cdot div\,\overline{B})+\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\left\{\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,e\right\}-rot(\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,b)$$

б) $$rot\,rot\;\overline{B}=rot\left\{\frac{1}{c}\cdot\frac{\partial}{\partial t}\overline{E}+\frac{\overline{c}}{c}\cdot div\,\overline{E}-\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,e\right\}\Rightarrow\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\overline{B}-\overline{\nabla}^2\,\overline{B}=$$

$$=-grad\;div\,\overline{B}-\frac{1}{c}\cdot\frac{\partial}{\partial t}\left\{\frac{\overline{c}}{c}\cdot div\,\overline{B}\right\}+\frac{1}{c}\cdot\frac{\partial}{\partial t}\left\{\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,b\right\}+rot(\frac{\overline{c}}{c}\cdot div\,\overline{E})-rot(\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,e)$$

в) $$\overline{B}\cdot rot\;\overline{E}-\overline{E}\cdot rot\;\overline{B}=div\,(\overline{E}\cdot\overline{B})=$$

$$=-\frac{1}{c}\cdot\frac{\partial}{\partial t}\frac{B^2}{2}-\frac{1}{c}\cdot\frac{\partial}{\partial t}\frac{E^2}{2}-\frac{\overline{c}}{c}\cdot\overline{B}\cdot div\,\overline{B}-\frac{\overline{c}}{c}\cdot\overline{E}\cdot div\,\overline{E}-\overline{B}\cdot[\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,b]-\overline{E}\cdot[\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,e]$$

Чтобы прийти к уравнениям $\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\overline{E} - \overline{\nabla}^2\,\overline{E} = \overline{0}$, $\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\overline{B} - \overline{\nabla}^2\,\overline{B} = \overline{0}$,

(*1) $\frac{1}{c}\cdot\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{B^2}{2}+\frac{E^2}{2}\right)+div\,(\overline{E}\times\overline{B})=0 \;\Rightarrow\; \frac{\partial}{\partial t}\omega + div\,\overline{S}=0,\;\omega=\frac{B^2}{2}+\frac{E^2}{2},\;\overline{S}=c\cdot\overline{E}\times\overline{B}$

требуется выполнение условий: $div\,\overline{E}=0$, $div\,\overline{B}=0$, $\overline{B}\cdot[\,\overline{c}\times grad\,b]+\overline{E}\cdot[\overline{c}\times grad\,e\,]=0$

$\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\left\{\overline{c}\times grad\,b\right\} - rot(\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,e)=\overline{0}$, $\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}[\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,e] - rot(\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,b)=\overline{0}$.

Система уравнений в дифференциальной форме теории Панэлектродинамика свободного электромагнитного поля $\Omega=\left\langle \overline{E},\overline{B},e,b\right\rangle$ для случая электромагнитного луча $\overline{c}(t,x.y.z)=\overline{const}$

$$rot\;\overline{E}=-\frac{1}{c}\cdot\frac{\partial}{\partial t}\overline{B}-\overline{c}\cdot div\,\overline{B}\;-\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,b= \quad /\,div\,\overline{B}=0\;/\quad =-\frac{1}{c}\cdot\frac{\partial}{\partial t}\overline{B}\;-\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,b$$

$$rot\;\overline{B}=\frac{1}{c}\cdot\frac{\partial}{\partial t}\overline{E}+\frac{\overline{c}}{c}\cdot div\,\overline{E}\;-\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,e= \quad /\,div\,\overline{E}=0\,/\quad =\frac{1}{c}\cdot\frac{\partial}{\partial t}\overline{E}\;-\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,e$$

$$div\,\overline{E}=\frac{\overline{c}}{c}\cdot\;rot\,\overline{B}\;+\;\frac{\overline{c}}{c}\cdot grad\,b=\frac{\overline{c}}{c}\cdot\{\,rot\,\overline{B}+\;grad\,b\,\}=0$$

$$div\,\overline{B}=-\frac{\overline{c}}{c}\cdot\;rot\,\overline{E}\;+\;\frac{\overline{c}}{c}\cdot grad\,e\;=\frac{\overline{c}}{c}\cdot\;\{-rot\,\overline{E}+grad\,e\,\}=0$$

$$grad\,e=-\frac{1}{c}\cdot\frac{\partial}{\partial t}\overline{B}+\;\frac{\overline{c}}{c}\times\;rot\,\overline{B}$$

$$grad\,b=-\frac{1}{c}\cdot\frac{\partial}{\partial t}\overline{E}+\;\frac{\overline{c}}{c}\times\;rot\,\overline{E}$$

$$\frac{1}{c^2}\cdot\frac{\partial^2}{\partial t^2}[\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,e]=0\quad\Rightarrow\quad\frac{\partial^2}{\partial t^2}e=0$$

$$\frac{1}{c^2}\cdot\frac{\partial^2}{\partial t^2}\{\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,b\}=0\quad\Rightarrow\quad\frac{\partial^2}{\partial t^2}b=0$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\overline{E}+\left(\overline{c}\cdot\overline{\nabla}\right)\cdot\overline{E}=\overline{0}\;;\;\frac{\partial}{\partial t}\overline{B}+\left(\overline{c}\cdot\overline{\nabla}\right)\cdot\overline{B}=\overline{0}\;;\;\frac{\partial}{\partial t}e+\left(\overline{c}\cdot\overline{\nabla}\right)\cdot e=0\;;\;\frac{\partial}{\partial t}b+\left(\overline{c}\cdot\overline{\nabla}\right)\cdot b=0$$

\- -

$$div\,\overline{E}=0\quad\Rightarrow\;rot\,\overline{B}=-\,grad\,b\Rightarrow\quad div\,rot\,\overline{B}=-\,div\,grad\,b\quad\Rightarrow\;\nabla^2\,b=0$$

$$div\,\overline{B}=0\quad\Rightarrow\quad rot\,\overline{E}=\;grad\,e\quad\Rightarrow\quad div\,rot\,\overline{E}=div\,grad\,e\quad\Rightarrow\;\nabla^2\,e=0$$

$$\begin{cases}\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\left\{\overline{c}\times grad\,b\right\}-rot(\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,e)=\overline{0}\\ \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\left\{\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,e\right\}+rot(\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,b)=\overline{0}\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}\frac{1}{c^2}\cdot\frac{\partial^2}{\partial t^2}\left[\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,e\right]+\nabla^2\left[\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,e\right]=\overline{0}+\overline{0}\\ \frac{1}{c^2}\cdot\frac{\partial^2}{\partial t^2}\left[\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,b\right]+\nabla^2\left[\frac{\overline{c}}{c}\times grad\,b\right]=\overline{0}+\overline{0}\end{cases}$$

При рассмотрении электромагнитного поля $\Omega=\left\langle \overline{E},\overline{B},e,b\right\rangle$ **без источников**, то есть **свободного** электромагнитного поля, представляющего собой тонкий электромагнитный луч, в теории Панэлектродинамика поле $\Omega = \left\langle \overline{E}, \overline{B}, e, b \right\rangle$ распространяется так:

- векторные компоненты $\overline{E}$, $\overline{B}$ удовлетворяют системам уравнений:

$$\begin{cases} \dfrac{1}{c^2}\dfrac{\partial^2}{\partial t^2}\overline{E} - \overline{\nabla}^2\,\overline{E} = \overline{0} \\ \dfrac{\partial}{\partial t}\overline{E} + \left(\overline{c}\cdot\overline{\nabla}\right)\cdot\overline{E} = \overline{0} \end{cases} , \qquad \begin{cases} \dfrac{1}{c^2}\dfrac{\partial^2}{\partial t^2}\overline{B} - \overline{\nabla}^2\,\overline{B} = \overline{0} \\ \dfrac{\partial}{\partial t}\overline{B} + \left(\overline{c}\cdot\overline{\nabla}\right)\cdot\overline{B} = \overline{0} \end{cases} ,$$

/ ∇9 ⇒ / то есть $\overline{E}$ распространяются как волна и $\overline{B}$ распространяются как волна.

- скалярные компоненты e , b удовлетворяют системам уравнений:

$$\begin{cases} \dfrac{1}{c^2}\cdot\dfrac{\partial^2}{\partial t^2}e + \nabla^2 e = 0 \\ \overline{\nabla}^2 e = 0 \\ \dfrac{1}{c^2}\cdot\dfrac{\partial^2}{\partial t^2}e = 0 \\ \dfrac{\partial}{\partial t}e + \left(\overline{c}\cdot\overline{\nabla}\right)\cdot e = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \dfrac{\partial}{\partial t}e + \left(\overline{c}\cdot\overline{\nabla}\right)e = 0 \Leftrightarrow \left[\begin{array}{l} \Leftrightarrow \dfrac{\partial}{\partial t}e + \left(\overline{c}\cdot grad\, e\right) = 0 \\ \Leftrightarrow \dfrac{\partial}{\partial t}e + div\,(\overline{c}\cdot e) = 0 \quad \to\downarrow \\ \boxed{\dfrac{\partial}{\partial t}\dfrac{e^2}{2} + div(\,\overline{c}\cdot\dfrac{e^2}{2}\,) = 0} \end{array} \right. \quad (*2)$$

$$\begin{cases} \dfrac{1}{c^2}\cdot\dfrac{\partial^2}{\partial t^2}b + \nabla^2 b = 0 \\ \overline{\nabla}^2 b = 0 \\ \dfrac{1}{c^2}\cdot\dfrac{\partial^2}{\partial t^2}b = 0 \\ \dfrac{\partial}{\partial t}b + \left(\overline{c}\cdot\overline{\nabla}\right)b = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \dfrac{\partial}{\partial t}b + \left(\overline{c}\cdot\overline{\nabla}\right)b = 0 \Leftrightarrow \left[\begin{array}{l} \Leftrightarrow \dfrac{\partial}{\partial t}b + \left(\overline{c}\cdot grad\, b\right) = 0 \\ \Leftrightarrow \dfrac{\partial}{\partial t}b + div\,(\overline{c}\cdot b) = 0 \quad \to\downarrow \\ \boxed{\dfrac{\partial}{\partial t}\dfrac{b^2}{2} + div(\,\overline{c}\cdot\dfrac{b^2}{2}\,) = 0} \end{array} \right. \quad (*3) ,$$

/ ∇9 ⇒ / то есть e может распространяться как волна и b может распространяться как волна.

Законы сохранения энергии для электромагнитного луча $\Omega = \left\langle \overline{E}, \overline{B}, e, b \right\rangle$:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{E^2}{2} + \frac{B^2}{2}\right) + div\,(c\cdot\overline{E}\times\overline{B}) = 0 \ ; \quad \frac{\partial}{\partial t}\frac{e^2}{2} + div(\,\overline{c}\cdot\frac{e^2}{2}\,) = 0 \ , \quad \frac{\partial}{\partial t}\frac{b^2}{2} + div(\,\overline{c}\cdot\frac{b^2}{2}\,) = 0 .$$

$$(*1) + (*2) + (*3) \ \Rightarrow \ \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{E^2}{2} + \frac{B^2}{2} + \frac{e^2}{2} + \frac{b^2}{2}\right) + div\left(c\cdot\overline{E}\times\overline{B} \ + \ \overline{c}\cdot\frac{e^2}{2} + \ \overline{c}\cdot\frac{b^2}{2}\right) = 0 \ .$$

Уравнения в дифференциальной форме свободного электромагнитного поля для случая луча похожи на уравнения Максвелла. Опыт Майкельсона, опыты по дифракции света, опыты по интерференции света проводились с лучами света. Это косвенно свидетельствует в пользу уравнений Панэлектродинамики для свободного электромагнитного луча.

□ **Литература:** Науменко Ю.В. Выпуски ∇1 - ∇14, □15 Армавир 2006г. – 2021г.

www.etvp.narod.ru , www.maxetp.narod.ru Краснодарский край, г. Армавир, ул. Азовская 9, кв.45

Подписано в печать 31.10.2022 г. , Формат бумаги 60x84/16. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл. п. л. 0.25. Усл. изд. л. 0.25 . Заказ №2033 . Тираж 10.
ООО «Редакция газеты «Армавирский собеседник». 352900, Россия, г. Армавир, ул. Комсомольская, 123. ИНН 2372001512. Тел. (86137) 3-22-27