



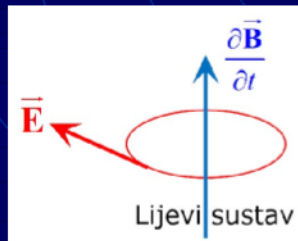
# Hercijanski TVEM val i Teslin nehercijanski geostacionaran električni val

**Dr. sc. Ivan Šimatović, dipl. ing. el.**  
nezavisan istraživač, Krapina, Hrvatska

U spomen 165. obljetnice rođenja Nikole Tesle i  
120. obljetnice njegovih slavni eksperimenata  
uveličavajućim odašiljačem u Colorado Springsu

# Diferencijalne jednađžbe elektrodinamike u operatorskom obliku

Četiri Heavisideove vektorske parcijalne diferencijalne jednađžbe makroskopskog dinamičkog EM polja u izotropnom vodljivom prostoru s raspodijeljenim nabojima, iskazane u operatorskom obliku, jesu:

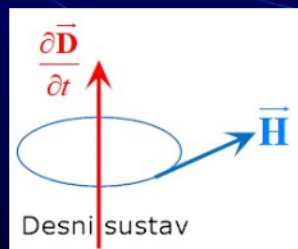


$$rot \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = -\mu_0 \cdot \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$$

Prva jednađžba - načelo EM indukcije

$$div \vec{D} = div(\epsilon_0 \cdot \vec{E}) = \epsilon_0 \cdot div \vec{E} = \rho$$

Treća jednađžba - izvornost E polja



$$rot \vec{H} = \kappa \cdot \vec{E} + \epsilon_0 \cdot \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \vec{\Gamma}$$

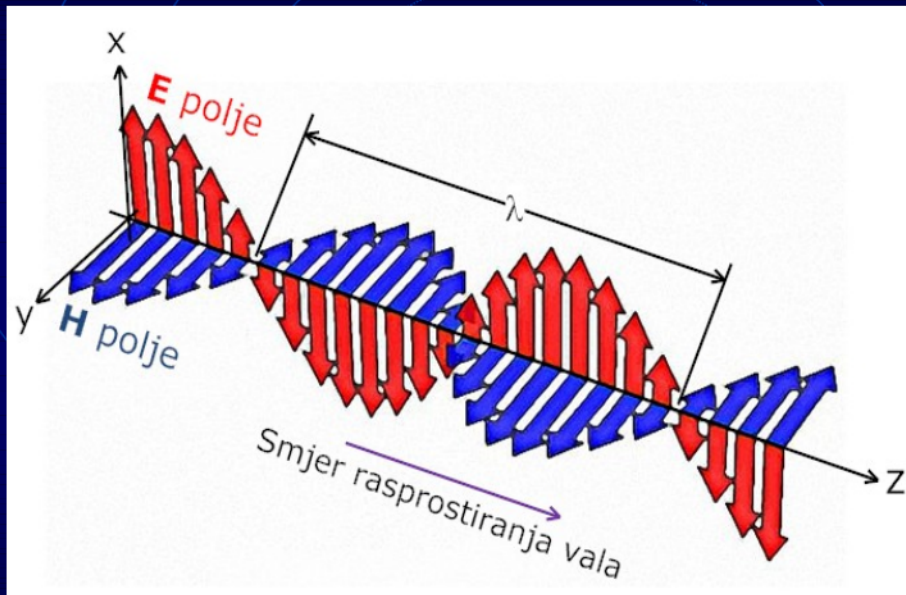
Druga jednađžba - H i strujno protjecanje

$$div \vec{B} = div(\mu_0 \cdot \vec{H}) = \mu_0 \cdot div \vec{H} = 0$$

Četvrta jednađžba - bezizvornost H polja

Prva i druga jednađžba funkcioniraju samo ako je na njihove obje strane vrtložno polje!

# Linearno polariziran hercijanski transverzalno-vektorski EM val



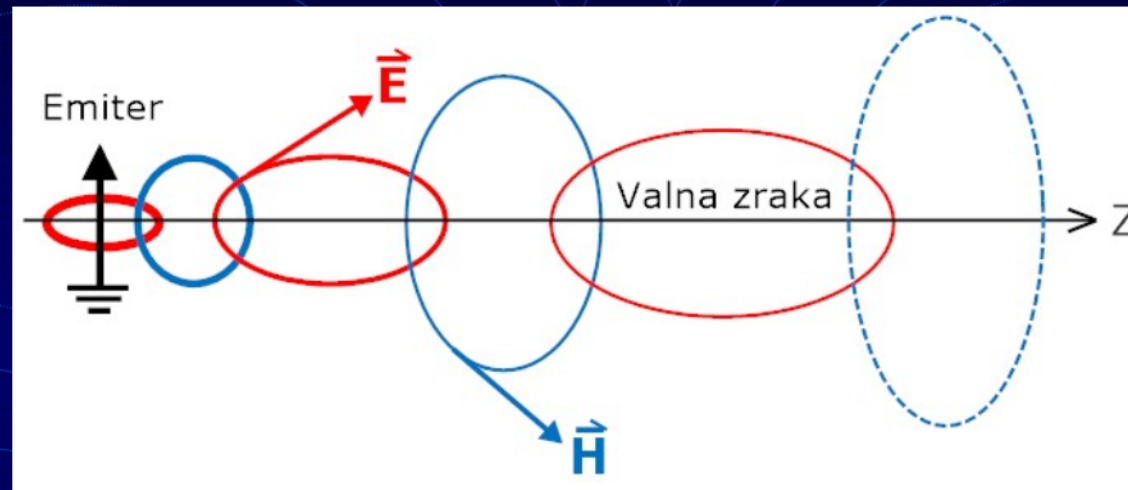
Transverzalno-vektorski EM val (TVEM val) predstavlja samostalno rasprostiranje praznim prostorom, ili medijem, brzih periodičkih vremenskih promjena uzajamno povezanih vrtložnog **E** i **H** polja. Karakteriziraju ga:

- amplitude jakosti EM polja  $E_M$  i  $H_M$
- frekvencija  $f$  i pripadna valna duljina  $\lambda$  te
- fazna brzina  $c_0$  propagacije valne fronte.

Linearno polariziran TVEM val sastoji se od dva uzajamno okomita sinkrona poprečna harmonijska valna titranja vektora jakosti polja **E** i **H** kontinuirano raspodijeljenih duž valne zrake (**Z** osi). Valnu duljinu i frekvenciju povezuje izraz  $\lambda \cdot f = c_0$



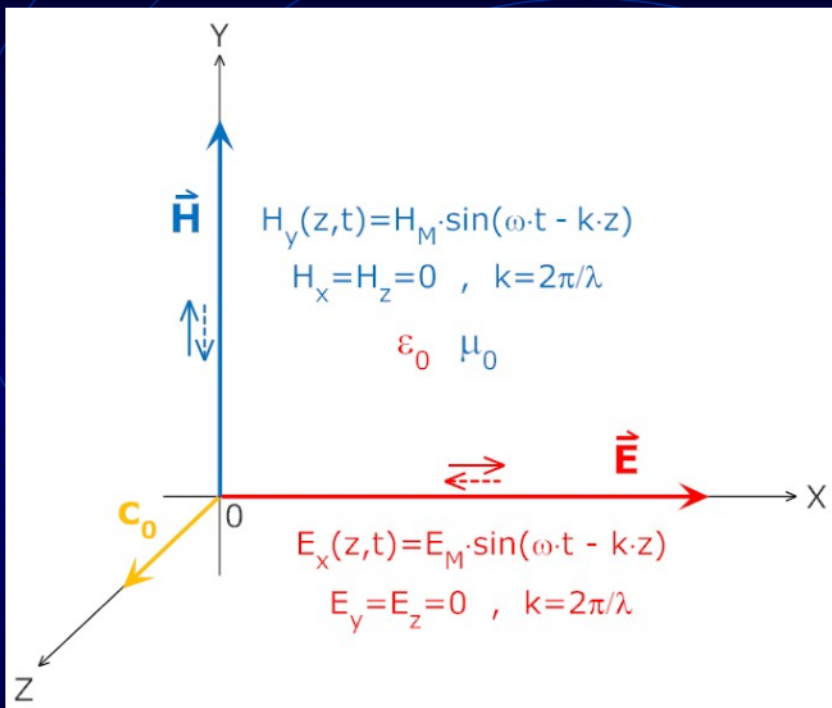
# Ulančene silnice vrtložnog **E** i **H** polja linearno polariziranog TVEM vala



Električno polje **E** i magnetsko polje **H** linearno polariziranog TVEM vala u praznom prostoru, podalje od emitera, su posvuda uzajamno ulančena bezizvorna (*solenoidalna*) vrtložna dinamička polja. Stoga su njihove silnice zatvorene krivulje (*petlje*). One leže u dvije fiksne i međusobno okomite ravnine polarizacije – **električnoj** i **magnetskoj**.

Njihovo presjecište određuje valnu zraku (**Z<sub>os</sub>**) duž koje se samostalno pravocrtno širi linearno polariziran te dvodimenzionalno sinkrono titrajući hercijanski TVEM val.

# Poprečno titrajući vektori **E** i **H** polja TVEM vala



Vektori električnog polja **E** EM vala podalje od emitera ( $z > \lambda$ ) titraju poprečno na valnu zraku (**Z os**) u vodoravnoj polarizacijskoj XZ ravnini ( $\varphi_E = 0$ ), a pridruženi im vektori magnetskog polja **H** titraju poprečno na valnu zraku u okomitoj polarizacijskoj YZ ravnini ( $\varphi_H = \pi/2$ ).

TVEM val zadovoljava jednadžbe klasične elektrodinamike i D'Alembertovu valnu jednadžbu.

Uzajamno okomiti poprečni vektori EM polja **sinkrono titraju** frekvencijom **f**, a TVEM val širi se duž valne zrake praznim prostorom vakuumskom faznom brzinom svjetlosti  $c_0 \doteq 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ . Pritom vektori **E**, **H** i  $c_0$  čine desni sustav.

# Ravan neprigušen harmonijski TVEM val

U razmatranjima koja slijede koristiti će se matematički model ravnog neprigušenog EM vala u Kartezijevim koordinatama, koji omogućuje da se na relativno jednostavan i pregledan način pobliže istraže temeljne osobine hercijanskog putujućeg TVEM vala i nehercijanskog stacionarnog (*stojnog*) longitudinalnog električnog vala.

U svakom ravnom valu jakosti vektora EM polja duž valne zrake zavisne su samo o uzdužnoj prostornoj koordinati  $z$  i vremenu  $t$ . Stoga sasvim općenito vrijedi:

$$\vec{\mathbf{E}} = E_M(z) \cdot f(z,t) \cdot \vec{\mathbf{e}}_E, \quad \vec{\mathbf{H}} = H_M(z) \cdot f(z,t) \cdot \vec{\mathbf{e}}_H$$

Hvatište vektora jakosti EM polja su točke na valnoj zraci ( $x=0, y=0, z \geq 0$ ), a  $\mathbf{e}_E$  i  $\mathbf{e}_H$  su jedinični vektori na pravcima djelovanja vektora jakosti polja  $\mathbf{E}$  i  $\mathbf{H}$ . U putujućem ravnom TVEM valu i stacionarnom električnom valu valne fronte su paralelne XY ravnine okomite na valnu zraku ( $Z$  os).

# Matematički prikaz vektora jakosti polja **E** i **H** ravnog putujućeg TVEM vala

Matematički izrazi koji u izotropnom praznom prostoru, podalje od izvora ( $z > \lambda$ ), u Kartezijevim koordinatama opisuju sinkrono titrajuće te međusobno okomite poprečne vektore jakosti polja **E** i **H** ravnog putujućeg linearno polariziranog neprigušenog harmonijskog TVEM vala duž valne zrake (**Z** osi) jesu:

$$\vec{\mathbf{E}}(z, t) = E_M \cdot f(z, t) \cdot \vec{\mathbf{e}}_E = E_x(z, t) \cdot \vec{\mathbf{i}} = E_M \cdot \sin(\omega \cdot t - k_0 \cdot z) \cdot \vec{\mathbf{i}}, \quad E_y = E_z = 0$$

$$\vec{\mathbf{H}}(z, t) = H_M \cdot f(z, t) \cdot \vec{\mathbf{e}}_H = H_y(z, t) \cdot \vec{\mathbf{j}} = H_M \cdot \sin(\omega \cdot t - k_0 \cdot z) \cdot \vec{\mathbf{j}}, \quad H_x = H_z = 0$$

$$k_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0} = \frac{2\pi \cdot f}{c_0} = \frac{\omega}{c_0} \rightarrow \text{valni broj (repetancija)}$$

Hamiltonov operator  $\nabla$  (*nabla*) za ravni EM val u Kartezijevim i cilindričnim koordinatama ima samo uzdužni član i izgleda ovako:

$$\vec{\nabla} = \vec{\mathbf{k}} \cdot \frac{\partial}{\partial z}$$



# Divergencija i rotacija električnog polja ravnog putujućeg TVEM vala

$$\begin{aligned} \operatorname{div} \vec{\mathbf{D}}(z, t) &= \vec{\nabla} \cdot [\varepsilon_0 \cdot \vec{\mathbf{E}}(z, t)] = \vec{\mathbf{k}} \cdot \frac{\partial}{\partial z} [\varepsilon_0 \cdot E_M \cdot \sin(\omega \cdot t - k_0 \cdot z) \cdot \vec{\mathbf{i}}] = \\ &= -\varepsilon_0 \cdot k_0 \cdot E_M \cdot \cos(\omega \cdot t - k_0 \cdot z) \cdot \underbrace{\vec{\mathbf{k}} \cdot \vec{\mathbf{i}}}_{=0} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \vec{\mathbf{E}}(z, t) &= \vec{\nabla} \times \vec{\mathbf{E}}(z, t) = \vec{\mathbf{k}} \cdot \frac{\partial}{\partial z} \times [E_M \cdot \sin(\omega \cdot t - k_0 \cdot z) \cdot \vec{\mathbf{i}}] = \\ &= -k_0 \cdot E_M \cdot \cos(\omega \cdot t - k_0 \cdot z) \cdot \underbrace{\vec{\mathbf{k}} \times \vec{\mathbf{i}}}_{=\vec{\mathbf{j}}} = -k_0 \cdot E_M \cdot \cos(\omega \cdot t - k_0 \cdot z) \cdot \vec{\mathbf{j}} \neq \vec{\mathbf{0}} \end{aligned}$$

Električno polje **E** hercijanskog TVEM vala duž valne zrake je **bezizvorno** i **virtložno** pa stoga duž nje ima električni vektorski potencijal **V(z,t)** koji je također bezizvorno (*solenoidalno*) virtložno polje. Virtložno električno polje **E** je duž valne zrake posvuda ulančeno s pratećim virtložnim magnetskim poljem **H**

# Divergencija i rotacija magnetskog polja ravnog putujućeg TVEM vala

$$\begin{aligned} \operatorname{div} \vec{\mathbf{B}}(z, t) &= \vec{\nabla} \cdot [\mu_0 \cdot \vec{\mathbf{H}}(z, t)] = \vec{\mathbf{k}} \cdot \frac{\partial}{\partial z} \cdot (\mu_0 \cdot H_M \cdot \sin(\omega \cdot t - k_0 \cdot z) \cdot \vec{\mathbf{j}}) = \\ &= -\mu_0 \cdot k_0 \cdot H_M \cdot \cos(\omega \cdot t - k_0 \cdot z) \cdot \underbrace{\vec{\mathbf{k}} \cdot \vec{\mathbf{j}}}_{=0} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \vec{\mathbf{H}}(z, t) &= \vec{\nabla} \times \vec{\mathbf{H}}(z, t) = \vec{\mathbf{k}} \cdot \frac{\partial}{\partial z} \times (H_M \cdot \sin(\omega \cdot t - k_0 \cdot z) \cdot \vec{\mathbf{j}}) = \\ &= -k_0 \cdot H_M \cdot \cos(\omega \cdot t - k_0 \cdot z) \cdot \underbrace{\vec{\mathbf{k}} \times \vec{\mathbf{j}}}_{=-\vec{\mathbf{i}}} = k_0 \cdot H_M \cdot \cos(\omega \cdot t - k_0 \cdot z) \cdot \vec{\mathbf{i}} \neq \vec{\mathbf{0}} \end{aligned}$$

Magnetsko polje  $\mathbf{H}$  hercijanskog TVEM vala duž valne zrake je **bezizvorno** i **virtložno** pa stoga duž nje ima vektorski potencijal  $\mathbf{W}(z, t)$  koji je također bezizvorno (*solenoidalno*) virtložno polje! Virtložno magnetsko polje  $\mathbf{H}$  je duž valne zrake posvuda ulančeno s pratećim virtložnim električnim poljem  $\mathbf{E}$

# Vektorski potencijali **E** i **H** polja TVEM vala

Budući da su **E** i **H** polja TVEM vala duž valne zrake posvuda vrtložna i stoga bezizvorna oba imaju vektorski potencijal. Stoga vrijedi: **E** = rot **V** i **H** = rot **W**

$$\vec{E}(z,t) = E_M \cdot \sin(\omega \cdot t - k_0 \cdot z) \cdot \vec{i} = \text{rot} \vec{V} = \vec{\nabla} \times \vec{V} = \vec{k} \cdot \frac{\partial}{\partial z} \times [V(z,t) \cdot \vec{j}] = \frac{\partial V}{\partial z} \cdot \underbrace{\vec{k} \times \vec{j}}_{=\vec{i}} = -\frac{\partial V}{\partial z} \cdot \vec{i}$$

$$\vec{H}(z,t) = H_M \cdot \sin(\omega \cdot t - k_0 \cdot z) \cdot \vec{j} = \text{rot} \vec{W} = \vec{\nabla} \times \vec{W} = \vec{k} \cdot \frac{\partial}{\partial z} \times [W(z,t) \cdot \vec{i}] = \frac{\partial W}{\partial z} \cdot \underbrace{\vec{k} \times \vec{i}}_{=\vec{j}} = \frac{\partial W}{\partial z} \cdot \vec{j}$$

Električni vektorski potencijal **V** za **E** polje i magnetski vektorski potencijal **W** za **H** polje određuju se integracijom duž Z osi, što daje:

$$\vec{V}(z,t) = V(z,t) \cdot \vec{j} = -\vec{j} \cdot E_M \cdot \int \sin(\omega \cdot t - k_0 \cdot z) \cdot dz = -\frac{E_M}{k_0} \cdot \cos(\omega \cdot t - k_0 \cdot z) \cdot \vec{j} + \vec{V}_0$$

$$\vec{W}(z,t) = W(z,t) \cdot \vec{i} = \vec{i} \cdot H_M \cdot \int \sin(\omega \cdot t - k_0 \cdot z) \cdot dz = \frac{H_M}{k_0} \cdot \cos(\omega \cdot t - k_0 \cdot z) \cdot \vec{i} + \vec{W}_0$$

# Povezanost vektora jakosti polja **E** i **H** TVEM vala

Iz prvih dviju jednažbi elektrodinamike proizlazi da za jakost vektora električnog i pratećeg magnetskog polja harmonijskog TVEM vala u praznom prostoru, posvuda duž valne zrake, vrijedi proporcija:

$$|\vec{E}| = z_0 \cdot |\vec{H}|, \quad z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \doteq 377 \, \Omega \doteq 120 \cdot \pi \, \Omega \rightarrow \text{valni otpor vakuuma}$$

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A} \cdot \text{m}} \rightarrow \text{magnetska permeabilnost vakuuma}$$

$$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{V} \cdot \text{m}} \rightarrow \text{dielektričnost vakuuma}$$

Budući da su vektori jakosti polja TVEM vala duž valne zrake međusobno okomiti njihov skalarni umnožak iščezava, a njihov vektorski umnožak određuje **Poyntigov vektor P** gustoće snage koja struji duž valne zrake u smjeru širenja vala:

$$\vec{E} \cdot \vec{H} = 0 \quad \vec{E} \times \vec{H} = \vec{P} \geq \vec{0}$$



# Osnovna svojstva hercijanskog TVEM vala

- Prema Faraday-Maxwellovoj teoriji elektrodinamike i Heavisideovom sustavu vektorskih parcijalnih diferencijalnih jednačbi dinamičkih EM polja postoje samo poprečno titrajući TVEM valovi s vrtložnim i stoga bezizvornim **E** i **H** poljem.
- 1888. godine eksperimentalno ih je dokazao 300 MHz-nim VN oscilatorom entuzijastičan mladi njemački fizičar **Heinrich Rudolf Hertz**, ali ih je držao beskorisnim. Njihova moguća primjena bila mu je upitna i posve nezanimljiva. Zadovoljio se samo time da je uspio vjerodostojno dokazati njihovo postojanje i time potvrditi ispravnost diferencijalnih jednačbi elektrodinamike.
- TVEM valovi su izrazito disipativni jer im jakost EM polja opada obrnuto proporcionalno kvadratu udaljenosti od emitera.
- TVEM valovi mogu se samostalno širiti praznim prostorom i prostorom ispunjenim medijem.

# Je li za rasprostiranje TVEM valova neophodan medij?

Prvim Michelsonovim sofisticiranim interferometrijskim mjerenjem načinjenim 1881. godine te kasnije ponovljenom serijom unaprijeđenih Michelson-Morleyevih mjerenja 1887. godine utvrđeno je da se Zemlja **relativno ne giba** prema **luminiferoznom (svjetlosnom) eteru** – hipotetskoj nepokretnoj, savršeno finoj, fluidnoj te fizikalno i kemijski nedetektibilnoj tvari koja ispunjava čitav prostor i ne pruža nikakav otpor gibanju materije.

Tada se, naime, držalo da se eter za visokofrekventne titraje **E** i **H** polja TVEM valova vlada kao nedisipativan krut elastičan (*transmisijski*) medij kojim se oni rasprostiru, što je veoma teško spojivo s posve oprečnom pretpostavkom o savršenoj fluidnosti etera!

Na temelju interpretacije iznenađujućih rezultata serije Michelson-Morleyevih mjerenja te kasnijih brojnih žestokih rasprava fizičari znanstvene središnjice su početkom XX. stoljeća napokon **konsenzusom zaključili da luminiferozni eter**, kakvim ga se dotad zamišljalo, **ne postoji** jer tim pionirskim interferometrijskim mjerenjima nije moglo biti ustanovljeno relativno gibanje Zemlje prema njemu.

# Posljedice ishoda Michelson-Morleyevih interferometrijskih mjerenja u fizici

Na temelju tog nategnutog konsenzusom usvojenog zaključka fizičara:

- oficijelno se drži da se TVEM valovi **samostalno šire praznim prostorom, bez interakcije s njime**, sinkronim poprečnim titranjem njihovih uzajamno okomitih i posvuda ulančenih vrtložnih dinamičkih vektorskih **E** i **H** polja ("*rolling waves*")
- **Albert Einstein** je 1905. godine, razrađujući specijalnu teoriju relativnosti, postulirao da je vakuumska fazna brzina svjetlosti  **$c_0$**  najveća moguća brzina u svemiru i da je jednaka u svim inercijskim referentnim sustavima (*drugi aksiom*).

Zbog odbacivanja, kao nepotrebne, **hipoteze o postojanju luminiferoznog etera** kojim se bez gubitaka rasprostiru titraji polja TVEM valova otpala je mogućnost postojanja longitudinalnih EM valova u praznom prostoru (*vakuumu*) čije bi vektori električnog polja uzdužno titrali. Za takvo titranje je, kako drže fizičari, neophodan krut elastičan, plinovit ili fluidan medij.



# Teslina koncepcija etera i njegovi pogledi na rasprostiranje EM valova

Za razliku od fizičara – pripadnika znanstvene središnjice – koji su nakon dugih rasprava složno odbacili hipotezu o postojanju luminiferoznog etera, **Nikola Tesla** je, kao dubokouman nezavisan otkrivač, i dalje **ostao nepokolebljivo uvjeren u njegovo postojanje.**

Tesla je, naime, držao da svjetlost i radiovalovi nisu ništa drugo do li **uzdužni poremećaji etera** koji predstavljaju njegovo naizmjenično zgušćivanje (*kompresiju*) i razrjeđivanje (*ekspanziju*) zbog titranja EM polja. Po njegovom shvaćanju svi EM valovi su zapravo longitudinalni "*električni zvučni valovi*" različitih frekvencija koji se šire eterom.

Tesla je, nadalje, pretpostavljao da je eter suptilan plinovit vrtložan entitet ekstremno male gustoće (**oko  $2 \cdot 10^{-26} \text{ g/cm}^3$** ), koji ispunjava sav prostor te je obilato nabijen energijom. Tu hipotetsku, tajnovitu i latentno posvuda dostupnu neiscrpnu energiju etera običavali su istraživači i ezoteričari krajem XIX. i početkom XX. stoljeća nazivati "*energijom X*".



# Nikola Tesla otkriva longitudinalne geostacionarne električne valove!

Nikola Tesla je u svojem VN laboratoriju u Coloradu Springsu početkom srpnja 1899. godine, dok su jedne olujne noći u daljini žestoko sijevale munje, mjerenjem kohererom otkrio postojanje dotad fizici nepoznatih i s rakursa klasične elektrodinamike konceptualno spornih prirodnih **geostacionarnih longitudinalnih električnih valova** ekstremno niskih frekvencija u rasponu od desetak pa do nekoliko desetaka Hz. Oni su živahno i dugotrajno uzdužno titrali u ograničenom prostoru između ioniziranih oblaka (*ili niže ionosfere*) i tla. Pritom im je jedan čvor uvijek bio na tlu, na mjestu udara munje.

Ti egzotični stupičasti električni stojni valovi ekstremno velike valne duljine su se, zbog "*nedopuštenog*" uzdužnog titranja električnog polja u rezonantnoj šupljini između oblaka i tla te izostanka pratećeg magnetskog polja, **bitno razlikovali** od do tada u fizici jedino poznatih hercijanskih TVEM valova s posvuda uzajamno ulančenim i sinkrono titrajućim **E** i **H** poljem. Tesla ih je zato nazvao **nehercijanskim valovima**.

# Teslini geostacionarni električni valovi prkose klasičnoj elektrodinamici?!

Zbog odbacivanju hipoteze o postojanju luminiferoznog etera, kao nužnog preduvjeta za uzdužno titranje električnog polja, Teslini geostacionarni longitudinalni električni valovi bez pratećeg titrajućeg magnetskog polja nisu se mogli konceptualno uklopiti u tada već teorijski strogo razrađenu, eksperimentalno izvrsno verificiranu te opće prihvaćenu klasičnu elektrodinamiku – neupitan vrhunac i perjanicu tadašnje teorijske fizike.

Umjesto da se kritički preispita zašto se osebujni mjerenjima dokazani Teslini geostacionarni niskofrekventni longitudinalni električni valovi ne uklapaju u zacrtane okvire klasične elektrodinamike počelo ih se smatrati njegovom zabludom, ignorirati, gurati "*pod tepih*", ili u pseudo-znanost, što ne prestaje sve do danas!

Pravo je pitanje jesu li takvi stavovi pripadnika znanstvene središnjice u pogledu realnosti geostacionarnih longitudinalnih valova utemeljeni? Jasan odgovor na njega daje kraća analiza koja slijedi. U njoj se, kao polazište, uzima stacionarno uzdužno **E** polje.

# Električno polje Teslinog geostacionarnog vala

Postavi li se Kartezijev koordinatni sustav tako da mu je ishodište na površini tla, a  $Z$  os je usmjerena vertikalno može se uzdužno titrajuće (*konzervativno*) električno polje Teslinog geostacionarnog harmonijskog vala unutar rezonantne šupljine između oblaka (*ili niže ionosfere*) i tla, s jednim čvorištem na tlu, prikazati vektorskim izrazom

$$\vec{E}(z,t) = E_z(z,t) \cdot \vec{k} = 2 \cdot E_M \cdot \sin k_0 z \cdot \cos \omega t \cdot \vec{k} \quad , \quad E_y = E_x = 0 \quad , \quad k_0 = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi \cdot f}{c_0} = \frac{\omega}{c_0}$$

Ono je gradijent stacionarnog vala električnog skalarnog potencijala  $U_z(z,t)$  koji titra unutar rezonantne šupljine, a nastao je zbog prisutnih električnih naboja.

$$\vec{E}(z,t) = \text{grad} U_z(z,t) = \vec{\nabla} \cdot U_z(z,t) = \vec{k} \cdot \frac{\partial}{\partial z} \cdot U_z(z,t) = 2 \cdot E_M \cdot \sin k_0 z \cdot \cos \omega t \cdot \vec{k}$$

Integracijom duž  $Z$  osi dobiva se za stacionaran val električnog skalarnog potencijala izraz

$$U_z(z,t) = \int E_z(z,t) \cdot dz = 2 \cdot E_M \cdot \cos \omega t \cdot \int \sin k_0 z \cdot dz = -\frac{2 \cdot E_M}{k_0} \cdot \cos k_0 z \cdot \cos \omega t + U_0$$



# Divergencija i rotacija električnog polja Teslinog geostacionarnog vala

$$\begin{aligned} \operatorname{div} \vec{\mathbf{D}}(z, t) &= \vec{\nabla} \cdot [\varepsilon_0 \cdot \vec{\mathbf{E}}(z, t)] = \vec{\mathbf{k}} \cdot \frac{\partial}{\partial z} \cdot (2 \cdot \varepsilon_0 \cdot E_M \cdot \sin k_0 z \cdot \cos \omega t \cdot \vec{\mathbf{k}}) = \\ &= 2 \cdot \varepsilon_0 \cdot k_0 \cdot E_M \cdot \cos k_0 z \cdot \cos \omega t \cdot \underbrace{\vec{\mathbf{k}} \cdot \vec{\mathbf{k}}}_{=1} = 2 \cdot \varepsilon_0 \cdot k_0 \cdot E_M \cdot \cos k_0 z \cdot \cos \omega t = \rho(z, t) \neq 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \vec{\mathbf{E}}(z, t) &= \vec{\nabla} \times \vec{\mathbf{E}}(z, t) = \vec{\mathbf{k}} \cdot \frac{\partial}{\partial z} \times (2 \cdot E_M \cdot \sin k_0 z \cdot \cos \omega t \cdot \vec{\mathbf{k}}) = \\ &= 2 \cdot k_0 \cdot E_M \cdot \cos k_0 z \cdot \cos \omega t \cdot \underbrace{\vec{\mathbf{k}} \times \vec{\mathbf{k}}}_{=0} = \vec{\mathbf{0}} \end{aligned}$$

Za razliku od posvuda bezizvornog vrtložnog EM polja hercijanskog TVEM vala uzdužno električno polje Teslinog geostacionarnog vala proizlazi iz skalarnog potencijala  $U_z$  koji grade naboji u rezonantnoj šupljini (*oblaci, ionizirani zrak i tlo*). Stoga je ono izvorno ( $\rho \neq 0$ ) i nevrtložno ( $\operatorname{rot} \mathbf{E} = 0$ ) pa titranjem ne gradi prateće magnetsko polje!



# Teslin geostacionaran električni val nema popratno magnetsko polje!

Uvrštenjem  $rot \vec{E} = 0$  u prvu Heavisideovu jednažbu izlazi:

$$\underbrace{rot \vec{E}}_{=0} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = -\mu_0 \cdot \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = \vec{0} \quad \rightarrow \quad \frac{\partial}{\partial t} \cdot \vec{H}(z,t) = \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = \vec{0}$$

Integracijom po vremenu dobiva se, kao konstanta integracije, **vremenski nepromjenljivo magnetsko polje  $\vec{H}_0$**  koje nas ne zanima!

$$\int \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \cdot dt = \int \vec{0} \cdot dt = \vec{H}_0 \quad \rightarrow \quad \text{konstanta integracije}$$

Ono je za geostacionaran električni val funkcionalno nebitno jer **nema elektromagnetski indukcijski učinak!** Time je dokazano da taj val **nema popratno (titrajuće) magnetsko polje** kao što ga ima hercijanski TVEM val.

# Ukupna gustoća struje u električnom polju geostacionarnog vala

Ukupna gustoća struje u uzdužno titrajućem **E** polju geostacionarnog vala jednaka je zbroju gustoće galvanske struje zbog vodljivosti ioniziranog zraka i gustoće pomaćne struje:

$$\begin{aligned}\vec{\Gamma}(z,t) &= \kappa \cdot \vec{E} + \varepsilon_0 \cdot \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = 2 \cdot \kappa \cdot E_M \cdot \sin k_0 z \cdot \cos \omega t \cdot \vec{k} - 2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \omega \cdot E_M \cdot \sin k_0 z \cdot \sin \omega t \cdot \vec{k} = \\ &= 2 \cdot E_M \cdot \sin k_0 z \cdot (\kappa \cdot \cos \omega t - \varepsilon_0 \cdot \omega \cdot \sin \omega t) \cdot \vec{k} = \Gamma(z,t) \cdot \vec{k} \neq \vec{0}\end{aligned}$$

$$\text{rot } \vec{\Gamma}(z,t) = \vec{\nabla} \times \vec{\Gamma}(z,t) = \vec{k} \cdot \frac{\partial}{\partial z} \times [\Gamma(z,t) \cdot \vec{k}] = \frac{\partial \Gamma}{\partial z} \cdot \underbrace{\vec{k} \times \vec{k}}_{=\vec{0}} = \vec{0}, \quad \text{div } \vec{\Gamma}(z,t) = \frac{\partial \Gamma}{\partial z} \neq 0$$

Budući da je uzdužno vektorsko polje gustoće struje **beztložno** i **izvorno** ono svojim protjecanjem **ne gradi** prateće titrajuće vrtložno magnetsko polje jer je:

$$\underbrace{\text{rot}(\text{rot } \vec{H})}_{=0} = \underbrace{\text{grad} \left( \underbrace{\text{div } \vec{H}}_{=0} \right)}_{=0} - \Delta \cdot \vec{H} = \text{rot } \vec{\Gamma} = \vec{0} \rightarrow \Delta \cdot \vec{H} = \vec{0} \rightarrow \vec{H} = \vec{H}_0$$

# Diferencijalne jednačbe jakosti polja i potencijala električnog geostacionarnog vala

Na temelju prethodnih razmatranja može se za geostacionaran uzdužni električni val napisati nehomogena diferencijalna jednačba u preglednom operatorskom obliku u dvije inačice – prva za izvornost njegovog konzervativnog električnog polja  $\mathbf{E}$  te druga, njoj ekvivalentna, ali općenitija, za električni skalarni potencijal  $U_z$  koji vlada unutar rezonantne šupljine i iz kojeg, kao njegov gradijent, proizlazi uzdužno titarjuće bezvrtložno  $\mathbf{E}$  polje ( $\mathit{rot} \mathbf{E} = \mathbf{0}$ ).

$$\mathit{div} \vec{\mathbf{E}} = \vec{\nabla} \cdot \vec{\mathbf{E}} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad \text{ili} \quad \mathit{div}(\mathit{grad} U_z) = \vec{\nabla} \cdot (\vec{\nabla} \cdot U_z) = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

Njezino opće rješenje je:

$$U_z(z, t) = C \cdot f(z) \cdot g(t)$$

# Geostacionarni longitudinalni električni valovi su složen fizikalni entitet!

Na temelju izraza za jakost uzdužno titrajućeg električnog polja  $\mathbf{E}$ , njegovu divergenciju  $\rho$  te pripadni električni skalarni potencijal  $U_z$  geostacionarnog harmonijskog električnog vala:

$$\vec{\mathbf{E}}(z, t) = 2 \cdot E_M \cdot \sin k_0 z \cdot \cos \omega t \cdot \vec{\mathbf{k}}$$

$$\rho(z, t) = 2 \cdot \varepsilon_0 \cdot k_0 \cdot E_M \cdot \cos k_0 z \cdot \cos \omega t$$

$$U_z(z, t) = -\frac{2 \cdot E_M}{k_0} \cdot \cos k_0 z \cdot \cos \omega t + U_0$$

je očito da on utjelovljuje tri sinkrono titrajuća stacionarna vala:

- jedan vektorski ( $\mathbf{E}$  polje) te
- dva skalarna ( $U_z$  i  $\rho$ ).

Zato ga se često naziva **električnim skalarnim valom!**



# Usporedba hercijanskog TVEM vala i nehercijanskog geostacionarnog električnog vala

Vrst vala	Hercijanski putujući TVEM val	Nehercijanski stacionaran <b>E</b> val
EM polje	Poprečno električno <b>E</b> i magnetsko <b>H</b> polje	Samo uzdužno električno polje <b>E</b>
Način titranja	Poprečno, sinkrono, u dvije dimenzije	Uzdužno, jednodimenzionalno
Divergencija EM polja	$\text{div } \mathbf{E} = 0$ , $\text{div } \mathbf{H} = 0$	$\text{div } \mathbf{E} = \rho/\epsilon_0 \neq 0$
Rotacija EM polja	$\text{rot } \mathbf{E} \neq 0$ , $\text{rot } \mathbf{H} \neq 0$	$\text{rot } \mathbf{E} = 0$
Slobodni naboji	Nepotrebni	Neophodni
Skalarni potencijal	Nema	Ima za <b>E</b> polje
Vektorski potencijal	Ima za <b>E</b> i <b>H</b> polje	Nema
Širenje	Neograničeno	Samo u ograničenom prostoru

Iz ove usporedbe se jasno vidi da se geostacionaran longitudinalan električni val po strukturi i načinu funkcioniranja **posve razlikuje** od TVEM vala!

# Zaključno o Teslinim longitudinalnim geostacionarnim električnim valovima

- Longitudinalni geostacionarni električni valovi su Teslinim mjerenjima i njegovim uveličavajućim odašiljačem **vjerodostojno dokazan fizikalni entitet** (*protiv činjenica nema dokaza!*) čije je uzdužno (*konzervativno*) polje bezvrtložno ( $\text{rot } \mathbf{E} = 0$ ) i izvorno pa stoga ono udovoljava samo trećoj jednažbi elektrodinamike ( $\text{div } \mathbf{E} = \rho/\epsilon_0$ ).
- Svi fizici poznati stacionarni (*stojni*) valovi manifestiraju se **samo u ograničenom prostoru**. Tako i egzotični geostacionarni električni valovi titraju samo unutar goleme rezonantne šupljine između oblaka (*ili niže ionosfere*) i tla u kojoj postoje slobodni naboji (*oblaci, ionizirani zrak, tlo*) te njihov električni skalarni potencijal.
- Pomicanjem duž valne zrake geostacionarnog vala od čvora prema trbuhu amplituda jakosti njegovog električnog polja se povećava, što je svojstveno svim stojnim valovima.
- **Krajnje je vrijeme da sporni Teslini geostacionarni longitudinalni električni valovi napokon steknu "pravo građanstva" u klasičnoj elektrodinamici, koje im je bilo predugo uskraćeno zbog neutemeljenih stavova i predrasuda pripadnika znanstvene središnjice.**

# Teslin zapis u **Dnevniku iz Colorado Springsa** o otkriću geostacionarnih valova

4. srpanj 1899.

"Ovo je bilo predivno i najzanimljivije iskustvo sa znanstvenog gledišta. Jasno je pokazalo postojanje stacionarnih valova, jer kako bi se promatranja mogla drukčije objasniti? Kako ti valovi mogu biti stacionarni ako se ne reflektiraju i odakle se mogu reflektirati ako ne s mjesta s kojeg su krenuli? Bilo bi teško povjerovati da su se reflektirali sa suprotne točke Zemljine površine, premda je to možda moguće. Ali radije mislim da se reflektiraju s točke oblaka gdje je započela provodna staza; u ovom slučaju točka na kojoj je munja udarila u tlo bila bi čvorišna točka. Sad je sigurno da se oni mogu proizvesti oscilatorom.

*(Ovo je od ogromne važnosti)"*

U uznapredovanoj fazi eksperimenata u Coloradu Springsu Tesla je svojim genijalno koncipiranim tronamotnim uveličavajućim odašiljačem doista uspio proizvesti snažne geostacionarne električne valove i jasno sagledati mogućnosti njihove primjene.



# Priznanje Tesli



**Nikola Tesla je u pogledu postojanja nehercijanskih geostacionarnih električnih valova i iznalaženja načina njihovog pridobivanja uveličavajućim odašiljačem očitio bio u pravu!**



# LITERATURA

- [1] Nikola Tesla, *Colorado Springs Notes 1899-1900*, Nolit, Beograd, 1978.
- [2] Tomo Bosanac, *Teoretska elektrotehnika*, prvi dio, Tehnička knjiga, Zagreb, 1973.
- [3] Javorski – Detlaf, *Priručnik iz fizike*, Golden marketing & Tehnička knjiga, Zagreb, 2008.
- [4] Bronštejn – Semendjajev, *Matematički priručnik*, Golden marketing & Tehnička knjiga, Zagreb, 2004.
- [5] Veći broj članaka i napisa s interneta na temu EM polja i vektorske analize

