ГОДИШНИК НА УНИВЕРСИТЕТА ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ – СОФИЯ

Юбилейна приложна научно-техническа конференция
„65 години Хидротехнически факултет и 15 години немскоезиково обучение”

6–7 ноември 2014
6–7 November 2014

International Jubilee Conference
„65th Anniversary Faculty of Hydraulic Engineering and 15th Anniversary Hydraulic Engineering in German”

ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY – SOFIA

XLVII том vol. 2014 св. fasc. I-B

ВРЕМЕ В КЛАСИЧЕСКАТА ФИЗИКА – ОСНОВНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

З. Пейков[1]**, Н. Михайлов**[2]

Ключови думи: *време, основни характеристики*

Научна област: *теоретична и математическа физика*

РЕЗЮМЕ

На базата на теоретични разглеждания е дефинирана основната величина време в класическата физика като мярка за съществуване и продължителност на даден процес и са разгледани основните негови свойства: времева ос и времеви интервали; независимост от материята и пространството; неограниченост и непрекъснатост; изотропност и хомогенност; еднопосочност и скорост на течение на времето; проявата му чрез движението на телата. По-подробно са разгледани понятията като абсолютна скорост на времето и скоростта на разпространението му в пространството от даден източник до даден наблюдател с помощта на сигнали. Показано е, че скоростта на времето и времевите интервали са относителни понятия, тъй като зависят от движението на източника и наблюдателя. Изведен е законът, на който те се подчиняват в различни случаи на едномерно движение, и той се оказва добре познатият закон за класическия надлъжен Доплеров ефект. Разгледана е величината „едновременност” на две събития, извършващи се в различни точки на пространството, която също зависи от местоположението и движението на източниците и наблюдателя и се оказва относително понятие. Накрая е разгледан въпросът за причинно-следствената връзка между двете събития и условията, на която тя се подчинява.

[1] Звезделин Пейков, доц. д-р, кат. “Физика”, УАСГ, бул. “Хр. Смирненски” № 1, 1046 София, e-mail: Peykov_fhe@uacg.bg
[2] Николай Михайлов, гл. ас., кат. “Физика”, УАСГ, бул. “Хр. Смирненски” 1, 1046 София

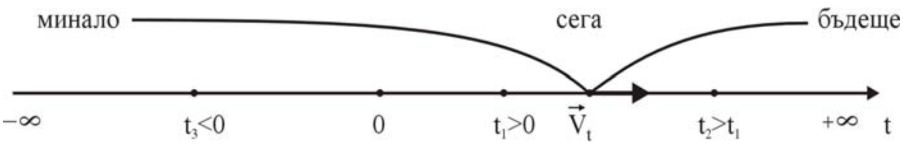
1. Въведение

Още от времето на Нютон се приема, че класическото време е основна скаларна величина t, която е мярка за съществуването и продължителността на даден процес (изменение).

2. Описание на времето (времева ос)

Как можем да опишем времето? За тази цел се избира неограничена числова ос с произволно начало $t = 0$, наречена времева ос (фиг.1).

Всеки един момент време (напр. t_1, t_2, t_3) се описва от някаква точка на оста, която не изменя своята координата. Съществува подреденост на тези точки (моменти) по по-сока на оста: $t_3 < 0 < t_1 < t_2$. Измежду всички точки съществува една, която непрекъснато променя своята координата – това е моментът време „сега”. Тя се движи по оста от $-\infty$ към $+\infty$ с някаква скорост $\vec{\mathbf{v}}_{\mathbf{t}}$, наречена абсолютна скорост на времето, чиято посока се определя от единичен вектор $\vec{\mathbf{e}}_{\mathbf{t}}$. Всички моменти по оста наляво от точката „сега” се наричат минало, а всички такива надясно от нея – бъдеще. Движението на точката сега от миналото към бъдещето определя хода на времето (стрела на времето).



Фиг. 1. Времева ос

Интервал време наричаме разликата между два момента (краен и начален) по хода на времето, който винаги е неотрицателна величина

$\Delta t = t_2 - t_1 =$ краен – начален момент ≥ 0.

3. Основните свойства на времето в класическата физика са следните:

а) Независимост

Времето не зависи от пространството и материята в него – абсолютно време.

б) Еднопосочност и скорост на течение на времето

Въпреки, че времето е скаларна величина, се приема, че то има посока на своето течение от миналото към бъдещето. Обратна посока на времето – от бъдещето към миналото – досега в природата не е известно дали съществува.

Въпросът за скоростта на течение на времето в класическата физика не се поставя.

Само се приема, че тя е еднаква константа във всички точки на пространството.

в) Неограниченост

В класическата физика се приема, че $t \in (-\infty, +\infty)$

г) Непрекъснатост

Това означава, че съществува безкрайно малък интервал време $dt > 0$, който може да се разглежда в граничен случай като даден момент време върху времевата ос.

д) Изотропност и хомогенност

Времето във всички точки от пространството тече по един и същи начин, с една и съща скорост $\vec{\mathbf{v}}_{\mathbf{t}} = const$. Освен това, течението на времето и ходът на различните процеси не зависят от избора на началния момент $t = 0$ на времевата ос.

е) Едновременност

Две различни събития в различни точки от пространството се смятат за едновременни, ако стават в един и същи момент време t. Тук се предполага, че е в сила свойство **д)** на времето.

ж) Време и причинно-следствена връзка

Тъй като времето (интервалът време) е мярка за продължителността на всеки процес, а всеки процес има причина и следствие като винаги следствието е резултат от причината (основен принцип във физиката), следва, че еднопосочността на времето (така наречената стрела на времето) е свързана с този принцип.

з) Време и движение

Времето се проявява чрез движението на телата. Всеки процес означава някакво движение на материята. За да можем да измерваме времето (интервалите време), ние използваме някакъв процес – цикличен или не.

Въпросът дали тече времето, ако няма никакво движение, е неправомерен, тъй като при отсъствие на всякакви процеси във Вселената, ние по никакъв начин не можем да установим дали времето тече или не. Тоест времето неразривно се свързва с движението.

и) Поток на времето и уравнение на непрекъснатост

Пространството, в което тече времето, може да се разглежда като поле на времето и при подходящи дефиниции (в сравнение с механиката на флуидите) могат да се дефинират величините: плътност и поток на времето, уравнение на непрекъснатост, вихри и циркулация на времето.

4. Скорост на времето

Въпреки че в класическата физика въпросът за скоростта на времето не се поставя, ние ще се опитаме да разгледаме това понятие и резултатите, до които то води.

4.1. Абсолютна скорост на времето

Това е скоростта $\vec{\mathbf{v}}_{\mathbf{t}}$, с която точката „сега” се движи по оста на времето (фиг. 1). Както бе споменато, тази скорост се приема за постоянна и еднаква за всички точки от пространството – абсолютна скорост на времето. Ако използваме общата дефиниция за понятието скорост във физиката – изменение на дадена физическа величина за единица време – и разгледаме преместването на точката „сега” по оста на времето от момент t_1 до момент t_2, ще имаме

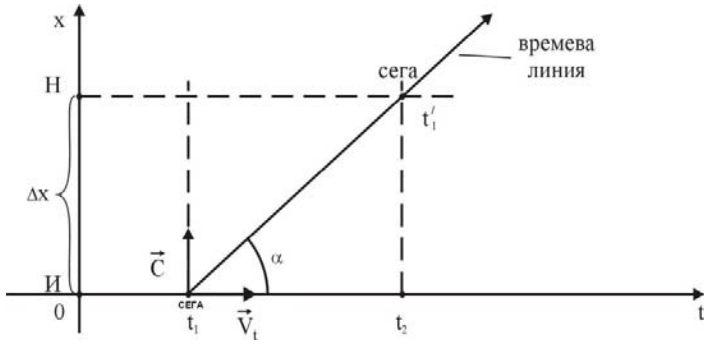
$$\vec{\mathbf{v}}_{\mathbf{t}} = \frac{\text{изменение}}{t_2 - t_1}\vec{\mathbf{e}}_{\mathbf{t}} = \frac{\Delta t}{\Delta t}\vec{\mathbf{e}}_{\mathbf{t}} = 1.\vec{\mathbf{e}}_{\mathbf{t}} = \vec{\mathbf{e}}_{\mathbf{t}}\,. \tag{1}$$

Това е безразмерен вектор с големина винаги единица и посока по оста на времето.

4.2. Разпространение на хода на времето (точката „сега”) в пространството

Да разгледаме неподвижна материална точка (източник) в пространството, за която времето тече (т.е. имаме часовник, свързан с нея, който измерва времето). Как един наблюдател, намиращ се в друга точка от пространството, може да определи момента „сега” за дадената материална точка? Единственият начин е точката в момента „сега” да излъчи в пространството някакъв сигнал (той може да бъде вълнов – светлинна, звукова вълна, или корпускулярен – движение на частица), разпространяващ се със скорост $\vec{\mathbf{c}}$ в пространството (това може да не е скоростта на светлината), който достига до наблюдателя и му дава информация за момента „сега”. (Липсата на какъвто и да е сигнал не дава възможност на наблюдателя да определи дали времето за източника тече изобщо или не.) Разпространението на този сигнал ще наричаме разпространение на времето на материалната точка в пространството със скорост $\vec{\mathbf{c}}$, равна на скоростта на сигнала.

На фиг. 2 това е илюстрирано в най-простия случай, когато сигналът се разпространява по пространствена ос *Ox* със скорост c = const и достига до неподвижен наблюдател, намиращ се на разстояние Δx от точката. Вижда се, че моментът „сега” t_1 достига до наблюдателя в негов момент $t'_1 \neq t_1$, като $t'_1 = t_2$ и $\Delta t = t_2 - t_1 = \dfrac{\Delta x}{c} > 0$. Или наблюдателят формално наблюдава миналото на материалната точка (това в астрономията е отдавна известно – ние наблюдаваме миналото на небесните обекти). Само ако $\Delta x = 0$, $t'_1 = t_1$.



Фиг. 2. Разпространение на времето в пространството

Тук възниква важният въпрос в класическата физика за синхронизацията на часовниците на източника и наблюдателя по начален момент и по техния ход. Часовникът на наблюдателя ще бъде синхронизиран с часовника на източника по начален момент от условието

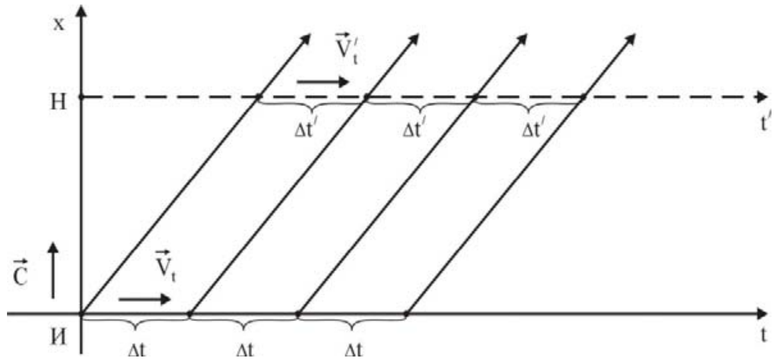
$$t_1' - \frac{\Delta x}{c} = t_1\,. \tag{2}$$

Наклонената линия, която представлява графиката на разпространение на сигнала в равнината (Ox, t), ще наричаме времева линия. Времевите линии в едномерния случай за различни моменти „сега” на източника (по оста t или обратно), представляват прави линии, сключващи ъгъл α с оста t, като tgα = c (фиг. 2). В двумерния случай, когато сигналът се разпространява едновременно и равномерно в равнината (Oxy) в пространството, времевите линии са разширяващи се концентрични окръжности, описващи конус по оста на времето, а в тримерния случай, когато сигналът се разпространява равномерно в цялото пространство, те са разширяващи се концентрични сфери.

4.3. Интервали време при разпространение на времето в пространството

Нека сега материалната точка да бъде източник на периодични сигнали, повтарящи се през определен интервал време Δt и разпространяващи се равномерно по оста Ox в пространството със скорост c. Те достигат до даден наблюдател, намиращ се на разстояние Δx от източника. Поставя се въпросът: запазват ли се по големина времевите интервали при тяхното разпространение в пространството (т.е. запазва ли се синхронизацията на часовниците на източника и наблюдателя по техния ход)?

4.3.1. Неподвижен източник и наблюдател



Фиг. 3. Разпространение на интервалите време в пространството при неподвижен източник и наблюдател

Този случай е илюстриран на фиг. 3. От фигурата се вижда, че при неподвижен източник и наблюдател $\Delta t' = \Delta t$ и времевите интервали запазват своята големина, въпреки че са отместени по оста на времето. Това може да се тълкува като еднаква абсолютна скорост на времето както за източника, така и за наблюдателя

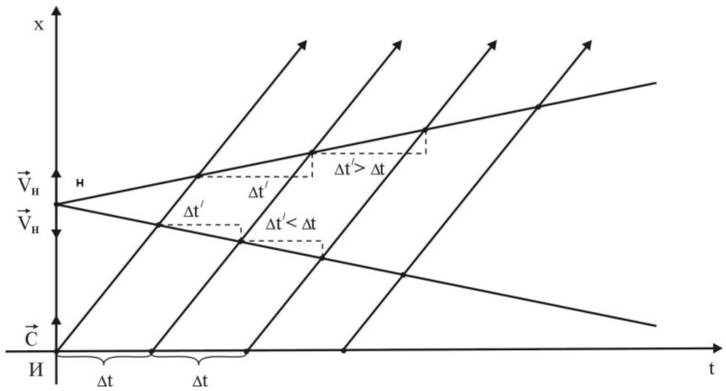
$$\mathrm{v}'_t = \frac{\Delta t}{\Delta t'} = \frac{\Delta t}{\Delta t} = 1 = \mathrm{v}_t \ . \tag{3}$$

4.3.2. Неподвижен източник и равномерно движещ се спрямо него наблюдател по оста *Ox* със скорост: $\vec{\mathrm{v}}_{\text{н}} = \text{const}$.

а) Отдалечаващ се наблюдател с $\mathrm{v}_{\text{н}} < c$ (фиг. 4)

В този случай, както се вижда от фигурата $\Delta t' > \Delta t$, което може да се тълкува като забавяне хода на времето за наблюдателя.

$$v'_t = \frac{\Delta t}{\Delta t'} < 1 = v_t \, . \tag{4}$$



Фиг. 4. Движещ се наблюдател и неподвижен източник

б) Приближаващ се наблюдател със скорост: $v_н < c$ (фиг. 4)

В този случай $\Delta t' < \Delta t$, което може да се тълкува като ускоряване хода на времето за наблюдателя

$$v'_t = \frac{\Delta t}{\Delta t'} > 1 = v_t \, . \tag{5}$$

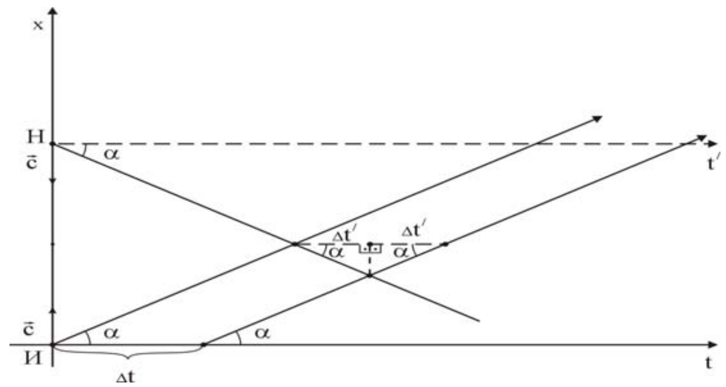
в) Отдалечаващ се наблюдател със скорост $v_н = c$

В този случай графиката на движението на наблюдателя ще бъде успоредна на времевите линии (няма да ги пресича) и формално $\Delta t' \to \infty$. Или за наблюдателя времето престава да тече

$$v'_t = \frac{\Delta t}{\Delta t'} \to 0 \, . \tag{6}$$

Такъв наблюдател ще наблюдава вечно един единствен момент „сега” на източника.

г) Приближаващ се наблюдател със скорост $v_н = c$ (фиг. 5)

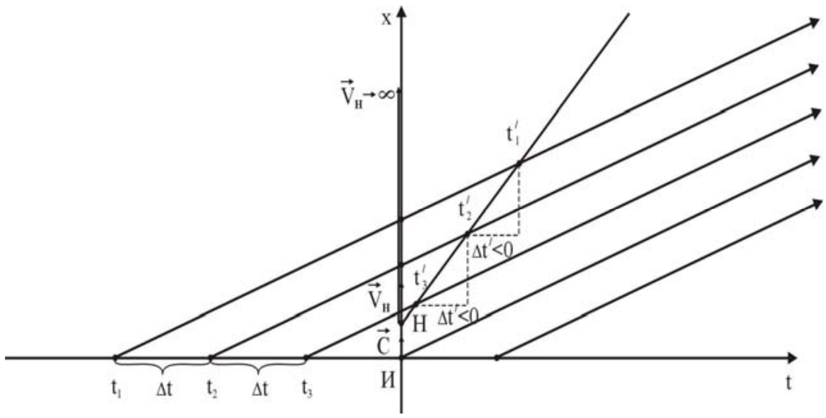


Фиг. 5. Приближаващ се наблюдател със скорост $v_н = c$

Сега графиката на движението на наблюдателя пресича така времевите линии, че $\Delta t' = \frac{1}{2}\Delta t$. Съответно за такъв наблюдател времето ще тече два пъти по-бързо

$$\mathrm{v}_t' = \frac{\Delta t}{\Delta t'} = 2 = 2\mathrm{v}_t \,. \tag{7}$$

д) Отдалечаващ се наблюдател със скорост $\mathrm{v}_н > c$ (фиг. 6)



Фиг. 6. Отдалечаващ се наблюдател със скорост $\mathrm{v}_н > c$

В този случай редът на достигане на моментите „сега”: t_1, t_2, t_3, … до наблюдателя се обръща и става: t'_3, t'_2, t_1', ... На това съответства $\Delta t' < \Delta t$ и още $\Delta t' = t_1' - t_2' = t_1 - t_2 < 0$.

Това може да се тълкува като обръщане хода на времето за наблюдателя от бъдещето към миналото, което продължава до момента на излъчване на първия сигнал от източника. Още

$$\mathrm{v}_t' = \frac{\Delta t}{\Delta t'} < 0 \,. \tag{8}$$

(Да не забравяме, че класическата механика не ограничава големината на скоростта на източника и наблюдателя, за разлика от СТО.)

е) Отдалечаващ се наблюдател със скорост $\mathrm{v}_н \to \infty$ (фиг. 6)

В този случай $\Delta t' \to 0$, $\Delta t' < 0$ и за наблюдателя времето тече в обратна посока безкрайно бързо

$$\mathrm{v}_t' = \frac{\Delta t}{\Delta t'} \to -\infty \,. \tag{9}$$

ж) Приближаващ се наблюдател със скорост $\mathrm{v}_н \to -\infty$

Аналогично $\Delta t' \to 0$, $\Delta t' > 0$ и за наблюдателя времето тече в права посока безкрайно бързо

$$\mathrm{v}_t' = \frac{\Delta t}{\Delta t'} \to \infty \,. \tag{10}$$

з) Скорост на сигнала c → ∞ и произволна крайна скорост на наблюдателя $v_н$.

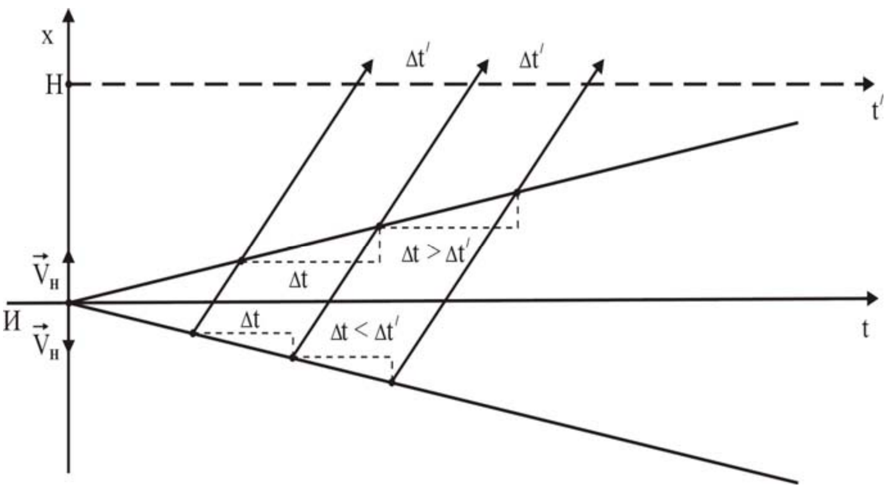
Сега времевите линии на фигурите стават вертикални, успоредни на оста *Ox*. При всяко произволно движение на наблюдателя интервалите време запазват своята големина $\Delta t' = \Delta t$ и времето тече еднакво както за наблюдателя, така и за източника.

4.3.3. Неподвижен наблюдател и равномерно движещ се спрямо него източник по оста *Ox* със скорост $v_и$ = const

В този случай отначало ще смятаме, че скоростта на сигнала не зависи от движението на източника. Това е възможно при вълнов сигнал.

Аналогично на горното (поради относителността на движението на източника и наблюдателя) ще имаме подобни случаи:

а) Отдалечаващ се източник със скорост $v_и < c$ (фиг. 7)



Фиг. 7. Движещ се източник и неподвижен наблюдател

В този случай, както се вижда от фигурата, $\Delta t' > \Delta t$, което може да се тълкува като забавяне хода на времето за наблюдателя

$$v'_t = \frac{\Delta t}{\Delta t'} < 1 = v_t \,. \tag{11}$$

б) Приближаващ се източник със скорост: $v_и < c$ (фиг. 7)

В този случай $\Delta t' < \Delta t$, което може да се тълкува като ускоряване хода на времето за наблюдателя

$$v'_t = \frac{\Delta t}{\Delta t'} > 1 = v_t \,. \tag{12}$$

в) Отдалечаващ се източник със скорост $v_и = c$

Сега графиката на движението на източника пресича така времевите линии , че $\Delta t' = 2\Delta t$. Или за наблюдателя времето тече два пъти по-бавно

$$v'_t = \frac{\Delta t}{\Delta t'} = \frac{1}{2} = \frac{v_t}{2} \,. \tag{13}$$

Този странен на пръв поглед резултат се дължи на направеното допускане за независимост на скоростта на сигнала от скоростта на движението на източника.

г) Приближаващ се източник със скорост $v_и = c$

В този случай всички времеви линии се сливат в една и ще пресичат времевата ос на наблюдателя само в една точка. Съответно $\Delta t' = 0$ и времето за наблюдателя тече безкрайно бързо

$$v'_t = \frac{\Delta t}{\Delta t'} = \to \infty \,. \tag{14}$$

д) Приближаващ се източник със скорост $v_и > c$

В този случай редът на достигане на моментите „сега": t_1, t_2, t_3,… до наблюдателя се обръща и става: t'_3, t'_2, t_1', … На това съответства $\Delta t' < \Delta t$ и още $\Delta t' = t'_1 - t'_2 = t_1 - t_2 < 0$. Става обръщане на хода на времето за наблюдателя от бъдещето към миналото, което продължава до момента на излъчване на първия сигнал от източника. Още

$$v'_t = \frac{\Delta t}{\Delta t'} < 0 \,. \tag{15}$$

е) Отдалечаващ се източник със скорост $v_и \to -\infty$

В този случай: $\Delta t' \to 0,\ \ \Delta t' > 0$ и за наблюдателя времето тече в права посока безкрайно бързо

$$v'_t = \frac{\Delta t}{\Delta t'} \to \infty \,. \tag{16}$$

ж) Приближаващ се източник със скорост $v_и \to \infty$

Аналогично $\Delta t' \to 0,\ \ \Delta t' < 0$ и за наблюдателя времето тече в обратна посока безкрайно бързо

$$v'_t = \frac{\Delta t}{\Delta t'} \to -\infty \,. \tag{17}$$

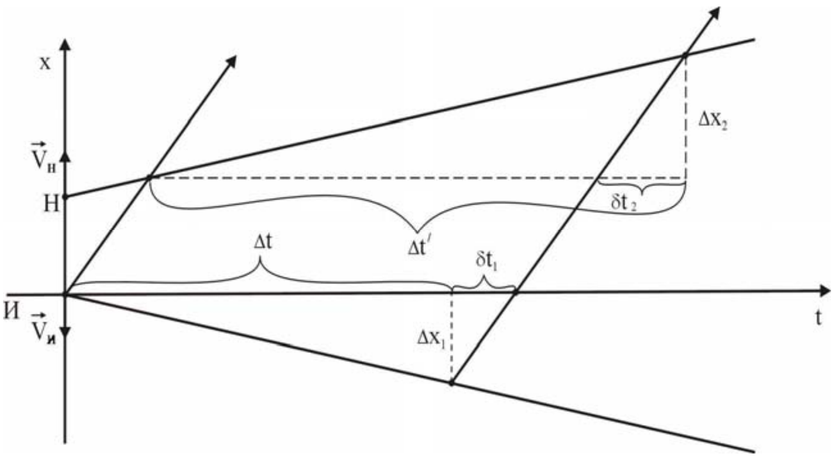
з) Скорост на сигнала $c \to \infty$ и произволна крайна скорост на източника

Сега времевите линии на фигурите стават вертикални, успоредни на оста *Ox*. При всяко произволно движение на източника интервалите време запазват своята големина $\Delta t' = \Delta t$ и времето тече еднакво както за наблюдателя, така и за източника.

В заключение на всички тези разглеждания дотук можем да направим извода, че ходът на времето за един източник и наблюдател зависи от тяхното движение, т.е. дори и в класическата физика той не е еднакъв за всички точки от пространството (това се отнася и за синхронизацията на хода на часовниците на източника и наблюдателя). Единствено при безкрайна скорост на сигнала или когато източникът и наблюдателят са в покой един спрямо друг, ходът на времето във всички точки от пространството става еднакъв. Възможно е да се обърне ходът на времето при скорост на източника или наблюдателя по-голяма от скоростта на сигнала. Тогава интервалът време става отрицателна величина.

4.3.4. Връзка между интервалите време за източника и наблюдателя

Ще получим количествена връзка между интервалите време Δt и $\Delta t'$ на източника и наблюдателя в разгледаните по-горе случаи. И тук отначало ще смятаме, че скоростта на сигнала с не зависи от скоростта на източника, освен това и че излъчването на сигнала не променя пространственото положение на източника. Да разгледаме случая на едновременно движещ се източник и наблюдател, когато те се раздалечават (фиг. 8) със скорости: $v_и = const < c$ $v_н = const < c$. Проекциите на тези скорости по оста Ox $v_{их}$ и $v_{нх}$ са алгебрични величини със знак (+) или (–) в зависимост от посоката на векторите на скоростта спрямо оста.



Фиг. 8. Връзка между интервалите време на източника и наблюдателя

В този случай, както се вижда от фигурата, $\Delta t' \neq \Delta t$. Имаме

$$\Delta t + \delta\, t_1 = \Delta t' - \delta\, t_2\,, \tag{18}$$

където δt_1 и δt_2 са указани на чертежа. От друга страна,

$$\frac{\Delta x_1}{\delta\, t_1} = c, \qquad \frac{\Delta x_2}{\delta\, t_2} = c$$

$$\frac{\Delta x_1}{\Delta t} = -\mathrm{v}_{их}\,, \qquad \frac{\Delta x_2}{\Delta t'} = \mathrm{v}_{нх}\ .$$

Оттук

$$\Delta x_1 = c\delta\, t_1, \qquad \Delta x_2 = c\delta\, t_2\ .$$

$$\Delta x_1 = -\mathrm{v}_{их}\Delta t, \qquad \Delta \mathrm{x}_2 = \mathrm{v}_{нх}\Delta t'\,.$$

Приравнявайки, получаваме:

$$\delta\, t_1 = \frac{-\mathrm{v}_{их}}{\mathrm{c}}\Delta t, \qquad \delta\, t_2 = \frac{\mathrm{v}_{нх}}{\mathrm{c}}\Delta t'\,.$$

Заместваийки в изходното равенство (18), получаваме

$$\Delta t + \frac{-\mathrm{v}_{их}}{\mathrm{c}}\Delta t = \Delta t' - \frac{\mathrm{v}_{нх}}{\mathrm{c}}\Delta t'$$

Оттук $\Delta t\left(1+\frac{-\mathrm{v}_{\text{их}}}{\mathrm{c}}\right)=\Delta t'\left(1-\frac{\mathrm{v}_{\text{нх}}}{\mathrm{c}}\right)$.

Накрая

$$\Delta t'=\Delta t\frac{c-\mathrm{v}_{\text{их}}}{c-\mathrm{v}_{\text{нх}}}. \tag{19}$$

В общия случай при отдалечаване или приближаване на източника и наблюдателя аналогично се получава същата формула. Тя съдържа в себе си всички разгледани по-горе случаи при произволно движение на източника и наблюдателя с произволни скорости.

Ако скоростта на сигнала **c** зависи от движението на източника (корпускулярен сигнал), трябва в горните разглеждания да въведем абсолютната скорост на сигнала в пространството

$$c'=c+\mathrm{v}_{\text{их}}. \tag{20}$$

(Това води до изменение на наклона на времевите линии.) Тогава:

$$\Delta t'=\Delta t\frac{c'-\mathrm{v}_{\text{их}}}{c'-\mathrm{v}_{\text{нх}}}=\frac{c}{c+\mathrm{v}_{\text{их}}-\mathrm{v}_{\text{нх}}}. \tag{21}$$

Аналогично се изменя разглеждането на описаните по-горе случаи в точка **4.3.3** и странният резултат в **4.3.3 в)** изчезва и се заменя с $\Delta t'\to\infty$ при $c'=0$, $\mathrm{v}_{\text{н}}=0$ и $\mathrm{v}_{\text{их}}=-c$.

4.4. Абсолютна скорост на времето за наблюдателя

Използвайки дефиницията за абсолютна скорост на времето (1), можем да получим привълнови сигнали:

$$\mathrm{v}_t'=\frac{\Delta t}{\Delta t'}=\frac{c-\mathrm{v}_{\text{нх}}}{c-\mathrm{v}_{\text{их}}}. \tag{22}$$

и при корпускулярни такива

$$\mathrm{v}_t'=\frac{\Delta t}{\Delta t'}=\frac{c'-\mathrm{v}_{\text{нх}}}{c'-\mathrm{v}_{\text{их}}}. \tag{23}$$

Вижда се, че тя може да бъде различна от абсолютната скорост на времето за източника $v_t = 1$.

4.5. Класически надлъжен ефект на Доплер

Нека сигналите от източника се излъчват периодично с период $T=\Delta t$ и честота

$$\nu=\frac{1}{T}=\frac{1}{\Delta t}.$$

Те се приемат от наблюдателя пак периодично с период $T'=\Delta t'$ и честота

$$\nu' = \frac{1}{T'} = \frac{1}{\Delta t'}.$$

Замествайки в по-горната формула за връзката между интервалите време при вълнови сигнали, получаваме за връзката между честотите

$$\nu' = \nu \frac{c - \mathrm{v}_{нх}}{c - \mathrm{v}_{их}}. \qquad (24)$$

Получената формула е известна като закон за класическия надлъжен ефект на Доплер при движение на източник и приемник на механични вълни [1]. Интересно е, че ние получихме този закон, без да използваме идеята за непрекъснати вълни, а само за кратковременни вълнови сигнали.

5. Едновременност на събитията

Зависимостта на интервалите време от движението на наблюдателя и източника поставя въпроса и за едновременността на две събития, произхождащи в различни точки от пространството. Както бе споменато, две събития в класическата физика се считат за едновременни, ако стават в един и същи момент време. Но какво става за един наблюдател, ако те произтичат в различни точки от пространството, отдалечени на интервал Δx една от друга?

5.1. Покой

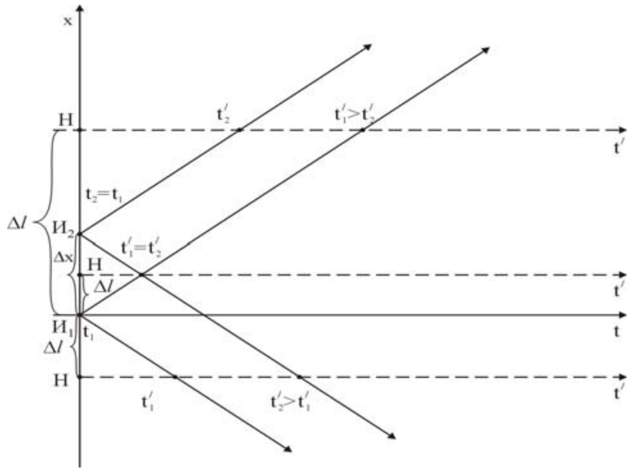
Да разгледаме два източника (1) и (2), намиращи се на разстояние Δx един от друг по оста Ox в покой, които едновременно излъчват сигнали в моменти $t_1 = t_2$, разпространяващи се равномерно в пространството със скорост $\boldsymbol{c}$ = const (фиг. 9). Те достигат до наблюдател, намиращ се на разстояние Δl от първия също в покой, в моменти t'_1, t'_2. Вижда се, че в зависимост от положението на наблюдателя по оста Ox е напълно възможно тези събития да не са едновременни, а именно:

а) при $\Delta l > \frac{\Delta x}{2}$ наблюдателят възприема второто събитие като изпреварващо първото $t'_2 < t_1'$;

б) при $\Delta l < \frac{\Delta x}{2}$ наблюдателят възприема първото събитие като изпреварващо второто $t'_2 > t_1'$;

в) единствено при $\Delta l = \frac{\Delta x}{2}$ или при безкрайна скорост на сигнала наблюдателят възприема двете събития като едновременни $t'_2 = t_1'$.

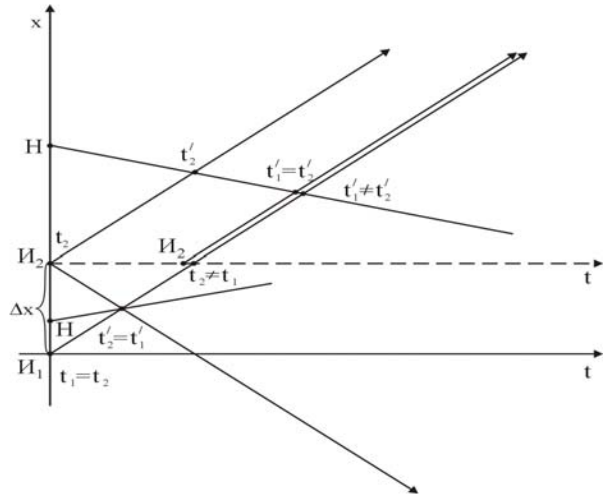
Или в случая на покой двете събития са едновременни само когато наблюдателят се намира в такова положение в пространството, в което времевите линии на двата източника се пресичат, или пък скоростта на сигнала е безкрайно голяма.



Фиг. 9. Наблюдател и източници в покой

5.2. Движение

Нека сега наблюдателят (и, или) източниците се движат в пространството един спрямо друг с някакви скорости (фиг. 10).



Фиг. 10. Движещи се източници и наблюдател

Както се вижда от фигурата, в този случай двете събития ще бъдат едновременни за наблюдателя в следните случаи:

а) когато графиката на движение на наблюдателя е такава, че тя преминава през пресечните точки на времевите линии за двата източника;

б) когато времевите линии на двата източника се сливат, въпреки че в този случай де факто двете събития не са едновременни $t_1 \neq t_2$, но за наблюдателя те са едновременни $t'_1 = t'_2$.

в) когато скоростта на сигнала е безкрайно голяма.

Във всички останали случаи двете събития няма да бъдат едновременни за наблюдателя, като е възможно първото да изпреварва второто или обратно, в зависимост от движението на източниците и наблюдателя.

Всичко това показва, че и в класическата физика понятието едновременност не е абсолютно понятие, а е свързано с движението.

6. Причинно-следствена връзка

Въпросът за едновременността на две събития, произхождащи в два обекта, намиращи се в различни точки от пространството ($\Delta x \neq 0$), поставя и въпроса за причинно-следствената връзка във физиката. Нека второто събитие във втория обект в момент време t_2 да е резултат от първото събитие в първия обект в момент време t_1 (фиг. 11), като скоростта на разпространение на взаимодействието между тях да означим с $\mathrm{v}_{\text{вз}} = \dfrac{\Delta x}{t_2 - t_1}$. Нека в момента t_1 първият обект излъчи сигнал, разпространяващ се в пространството със скорост c = const, а вторият обект да излъчи сигнал в момент време t_2, разпространяващ се със същата скорост. За даден наблюдател двете събития ще останат причинно-следствено свързани само ако моментите на възприемане на двата сигнала от него са: $t'_2 > t'_1$. Това е възможно, когато времевите линии на двата сигнала са подредени по посока на нарастване времето t' за наблюдателя. Оттук следват следните условия за наличието на причинно-следствена връзка между две събития, произхождащи в различни точки от пространството:

а) скоростта на сигналите да бъде по-голяма от скоростта на взаимодействието

$$c > \mathrm{v}_{\text{вз}} = \frac{\Delta x}{t_2 - t_1}\,;$$

б) скоростта на наблюдателя да бъде по-малка от скоростта на сигнала

$$\mathrm{v}_{\text{н}} < c\,.$$

Само тогава двете събития за наблюдателя ще бъдат причинно-следствено свързани.

Фиг. 11. Причинно-следствена връзка

7. Заключение

В заключение на тази работа ще отбележим, че всички разглеждания за времето са направени в рамките на класическата физика, в която скоростта на движението не е ограничена. В специалната теория на относителността се постулира максимална скорост в природата, равна на скоростта на светлината ***c* = const,** която не зависи от движението на източника и наблюдателя. Това води до определени изменения в направените по-горе разглеждания, а така също и до невъзможност за обръщане хода на времето.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Савельев, И.* Курс общей физики. I, II том Наука, Москва, 1978.

TIME IN THE CLASSICAL PHYSICS – BASIC CHARACTERISTICS

Z. Peykov[1], N. Mihailov[2]

Keywords*: *time, basic characteristics

Research area*: *theoretical and mathematical physics

ABSTRACT

The main quantity time in the classical physics has been theoretically defined as a measure of a process existence and continuity. Time basic properties have been discussed: time axis and time intervals; independence on matter and space; unlimitedness and continuity; isotropy and homogeneity; one-directionness and velocity of time flow; its appearance through bodies' movement. Time quantities as absolute velocity and velocity of propagation of time in space from a given source to the observer by signals have been discussed more in detail. It has been shown that time velocity and time intervals are relative quantities since they depend on the motion of the source and the observer. The law which they follow on different cases of one-dimensional movement has been drawn and this law is verified as the well-known law of the classical longitudinal Doppler effect. The quantity simultaneity of two events happening at different places in the space has been discussed; it also depends on the space location and motion of the source and the observer and proves to be a relative quantity. Finally the problem of cause-effect relation between both events and the conditions on which it depends has been also considered.

[1] Zvezdelin Peykov, Assoc. Prof. Dr., Dpt. "Physics", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: Peykov_fhe@uacg.bg.

[2] Nikolai Mihailov, Chief. Assist., Dpt. "Physics", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046