

magnetické pole intenzity $H = \frac{I}{2\pi r}$. Podľa obr. 7.4 vektor σ na povrchu drôtu smeruje do drôtu, takže jeho vtok do úseku drôtu dĺžky l je:

$$-\oint (\mathbf{E} \times \mathbf{H}) \cdot d\mathbf{S} = \rho \frac{I}{\pi r^2} \cdot \frac{I}{2\pi r} \cdot 2\pi r l = \rho i^2 \pi r^2 l = \rho i^2 q l$$

Podľa tohto výsledku vtok elektromagnetickej energie do úseku drôtu sa rovná súčasne v drôte vznikajúcemu Joulovmu teplu, čo súhlasí s rovnicou (1), lebo za ustáleného stavu úbytok elektromagnetickej energie v drôte sa rovná nule.

8. ZÁKLADY ŠPECIÁLNEJ TEÓRIE RELATIVITY

8.1. Historický úvod. Fyzikálne pojmy a veličiny možno rozdeľovať do skupín podľa ich rôznych vlastností. Jedno také delenie je napr. delenie na množstvá a stavy. Iné, podľa súvislosti fyzikálnych veličín s priestorom, je ich delenie na skaláry, vektory a tenzory. Na tomto mieste nás bude zaujímať možnosť rozdeľovať fyzikálne veličiny na *absolútne a relatívne* veličiny.

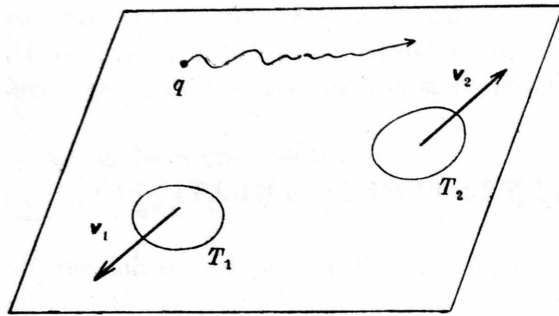
Absolútnou sa nazýva fyzikálna veličina, ktorá charakterizuje vec alebo jav, ktorých sa týka, bez ohľadu na iné objekty alebo súčasne prebiehajúce iné deje. Naproti tomu relatívna veličina vyjadruje súvis vecí niekedy na pohľad od seba aj nezávislých.

Dejiny fyziky nás poučujú o tom, že o niektorých fyzikálnych veličinách, ktoré sa pôvodne považovali za absolútne, sa neskoršie ukázalo, že majú význam len relatívny. V staroveku a ešte aj v stredoveku aj pohyb telies sa napr. považoval za absolútny dej. Tak to bolo až do čias Galileiho a Newtona, ktorí sa pri štúdiu rozličných mechanických dejov presvedčili, že mechanické deje sa odohrávajú vzhľadom na všetky tzv. *inerciálne súradnicové sústavy* podľa rovnakých zákonov. Preto hovoriť o rovnomernom a priamočiarom translačnom mechanickom pohybe o sebe nemá zmyslu.

Napriek tomu sa snaha o zachovanie absolútneho významu každého pohybu udržala vo fyzike až do začiatku XX. storočia. V druhej polovici minulého storočia sa tým rozumel pohyb vzhľadom na všadeprítomný a všetky telesá prenikajúci *svetelný éter*, ktorý mal byť nositeľom vtedy objaveného elektromagnetického a tým aj svetelného vlnenia. Keby totiž jestvoval svetelný éter, pozorovaním optických javov bolo by zásadne možné odhaliť aj mechanický pohyb vzhľadom na svetelný éter a ten považovať za absolútny. Avšak všetky pokusy dokázať existenciu svetelného éteru, v ktorom sa svetlo malo šíriť vo všetkých smeroch rovnakou rýchlosťou, stretávali sa s neúspechom. Naopak, rôzne veľmi starostlivo vykonané pokusy, pri ktorých sa používalo

svetlo z pozemských aj vesmírnych zdrojov, stále presvedčivejšie dokazovali, že sa svetlo vo vákuu šíri vo všetkých smeroch rovnakou a tou istou rýchlosťou vzhľadom na všetky inerciálne súradnicové sústavy. Ináč povedané: Svetlo sa šíri rovnako vzhľadom na všetky súradnicové sústavy, vzhľadom na ktoré

sa mechanické deje odohrávajú podľa rovnakých zákonov.



Obr. 8.1.

spôsobom pohybuje bodový elektrický náboj q . Za týchto podmienok okolie telesa T_1 aj okolie telesa T_2 je s časom sa meniacim poľom elektrickým, a preto aj s časom sa meniacim poľom magnetickým, t. j. poľom elektromagnetickým.

Z tejto predstavy vyplýva, že keď v ľubovoľnom elektromagnetickom poli, ako sa ono javí pozorovateľovi viazanému na teleso T_1 , sú splnené Maxwellove rovnice (7.1.8), niet dostatočného fyzikálneho dôvodu sa domnievať, že by nemali byť súčasne splnené aj v elektromagnetickom poli, ako sa ono javí pozorovateľovi, ktorý je v pokoji vzhľadom na teleso T_2 .

Avšak, ako sme sa o tom presvedčili v čl. 7.2, z Maxwellových rovníc vyplýva, že sa elektromagnetické vlnenie, a preto aj svetlo šíri vo vákuu rýchlosťou c , určenou dvoma univerzálnymi prírodnými konštantami, permitivitou

vákuu ϵ_0 a permeabilitou vákuu μ_0 , $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$, teda rovnakou rýchlosťou

vzhľadom na obidve telesá T_1 a T_2 , ktoré sú vo vzájomnom pohybe, lebo niet dôvodu k predpokladu, že by pozorovatelia viazaní jeden na pohyb telesa T_1 a druhý na pohyb telesa T_2 , pri rovnakých definíciách určili veličiny ϵ_0 a μ_0 rozlične.

Tento teoretický záver, napriek tomu, že je vo veľmi dobrej zhode s experimentálnym pozorovaním, je však v príkrom protirečení so základnými vzťahmi kinematiky Galileiho a Newtonovej. Podľa tejto tzv. *klasikkej kinematiky*, keď sa nejaký bod P pohybuje vzhľadom na teleso T' rýchlosťou \mathbf{v}' a teleso T' je vzhľadom na teleso T v rovnomernom a priamočiaram translačnom pohybe rýchlosťou \mathbf{v}_0 , rýchlosť bodu P vzhľadom na teleso T je $\mathbf{v} =$

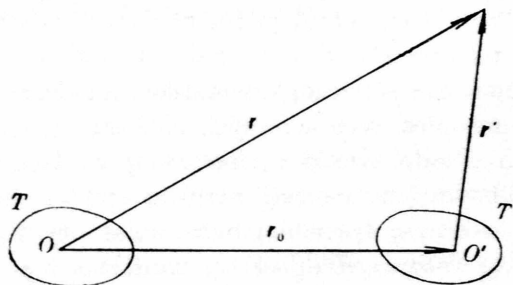
$= \mathbf{v}_0 + \mathbf{v}'$, nerovná sa teda rýchlosti \mathbf{v}' . Zo základných predstáv klasickej kinematiky podobný vzťah vyplýva aj pre šírenie sa vlnenia.

Za tejto situácie fyzici minulého storočia a ešte aj v prvých rokoch nášho storočia stáli pred rozhodnutím: alebo rozvíjať fyzikálne teórie aj naďalej na starých a dennou skúsenosťou potvrdzovaných predstavách o priestore a čase a v náuke o dejoch elektromagnetických byť v rozpore so starostlivo získanou experimentálnou skúsenosťou, alebo zotrvať na experimentálnom poznatku, že svetlo sa šíri vo všetkých inerciálnych sústavách tou istou a vo všetkých smeroch rovnakou rýchlosťou a primerane k tomu zmeniť predstavy o priestore a plynutí času. Vec rozriešil A. Einstein, ktorý v svojom diele „O elektrodynamike pohybujúcich sa telies“, vydanom r. 1905, rozhodol sa pre vedecky jedine správnu druhú možnosť. Položil tak základy svojej, po dosť dlhých bojoch dnes už všeobecne uznávanej, tzv. *špeciálnej teórie relativity*.

8.2. Minkowského štvorrozmerný priestoro-čas. V teórii relativity sa bodovou udalosťou nazýva udalosť, ktorá sa odohráva vo veľmi malej (teoreticky nekonečne malej) časti priestoru a vo veľmi krátkom (teoreticky nekonečne krátkom) časovom intervale. Jej uloženie v priestore a čase sa nazýva *svetobodom*.

Po tejto úvodnej pripomienke majme na mysli telesá T a T' v ľubovoľnom vzájomnom pohybe a nejakú bodovú udalosť A , napríklad rozpad atómu nejakého rádioaktívneho prvku. Polohový vektor bodu O' telesa T' (obr. 8.2) vzhľadom na bod O telesa T nech je \mathbf{r}_0 . Bod O' v čase t nech sa vzhľadom na teleso T pohybuje rýchlosťou \mathbf{v}_0 . Okrem toho teleso T' nech sa vzhľadom na teleso T otáča uhlovou rýchlosťou $\boldsymbol{\omega}$.

Polohový vektor miesta, kde sa — podľa pozorovateľa viazaného na teleso T' v čase t' — prihodila udalosť A , vzhľadom na bod O' telesa T' nech je \mathbf{r}' . Polohový vektor tejže udalosti A , ktorá sa podľa pozorovateľa viazaného na teleso T prihodila v čase t , vzhľadom na bod O telesa T nech je \mathbf{r} . Podľa obr. 8.2 $\mathbf{r} = \mathbf{r}_0 + \mathbf{r}'$. Okrem udalosti A vez-



Obr. 8.2.

míme si ešte inú, tiež bodovú udalosť B , v priestore aj čase veľmi blízku bodovej udalosti A , takže jej polohové vektory vzhľadom na body O a O' môžeme písať ako $\mathbf{r} + d\mathbf{r}$, resp. $\mathbf{r}' + d\mathbf{r}'$, a príslušné časy ako $t + dt$, resp. $t' + dt'$.