

相對論

新分頁

boson4.phys.tku.edu.tw/high-school_math/relativity.html

Facebook

iGoogle

Yahoo!奇摩

駕客記事臺北市立建

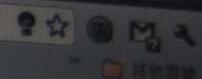
自修室座位預約-查詢

麥駝林

百度一下，你就知道

維基百科 - 維基百科

歡迎光臨「2011年



相對論

對物理定律的期待

時時適用（古今）

現在學的定律，以後不能用？



處處適用（中外）

出國留學學的，回國竟不能用？

在運動中也對？

一定不對，不然剎車為什麼會跌倒（不是靜者恆靜嗎？）（平移運動）

甩水桶轉，水不落下（離心力）；蘋果會掉下來（萬有引力），月球為什麼不會？（旋轉、轉動）

退一步，接受沒有運動（即靜止）時適用的規則作物理定律？

那，什麼叫做“靜止”？

如果沒法定出那一個絕對靜止的座標系，則退而求其次，希望(1)了解同一物理定律適用（物理現象的表現可以不同）的一系列參考座標。並且(2)不同參考座標之間的現象，我們也可以精確轉換，也就是說，知道一的座標系中的現象大小，可以預測同一事件在另一個座標系被觀察到的大小。

怎樣關係的兩個不互相靜止的座標系，最符合同一物理定律的要求？



上午 11:12
2011/4/23

相對論 新分頁

boson4.phys.tku.edu.tw/high-school_math/relativity.html

Facebook iGoogle Yahoo!奇摩 駕客記事臺北市立建... 自修室座位預約-查詢 夢駝林 百度一下，你就知道 維基百科 - 維基百科 歡迎光臨「2011年... 其他書籙

怎樣關係的兩個不互相靜止的座標系，最符合同一物理定律的要求？

試想 $f = ma$ ， a 是加速度，為位置對時間的二次微分，座標系之間無相對加速度（僅相對速度）者，應該會看到同樣的 $f = ma$ 公式，這可以從 $x'(t) = x(t) + v$ 的轉換，會給出一樣的 a 來了解。

慣性座標

慣性座標系：意指未加速的座標，等速移動的座標系都算是。

一個有用的物理定律，是具有在慣性座標系間轉換的不變性 (invariance) 的。例如牛頓運動定律之的 $f = ma$ ，不管要用 x 的座標系還是 x' 的座標系來表示，只要它們都是無加速度的慣性座標系，也就是說 x 與 x' 之間的關係是用 $x = x' + vt$ ，則 $f = ma$ 及 $f' = ma'$ 這樣的形式在任何慣性座標都是一樣的（大家可以自己代代看）。

伽利略與牛頓的時間與空間

那麼，在慣性座標系之間，與時間、空間有關的物理量如何轉換？以速度以例：

火車行駛時速五十公里、車上乘客靜在車廂內活動位置 x' ，則乘客對地面速度時速 v ，其對於地面的位置 x 可被表示為

$$x_{\text{ground}} = x_{\text{train}} + v_{\text{train}} * t$$

火車行駛時速五十公里、車上乘客向前以球速二十公里投擲棒球，則對於地面而言球速是時速七十公里。速度會相加的這回事，若從寫公式的角度而言，如下：

$$x_{\text{ball_ground}} = x_{\text{ball_train}} + v_{\text{train}} * t$$

其中

$$x_{\text{ball_train}} = x_{\text{ball_train_0}} + v_{\text{ball_train}} * t$$

上式代入上式得

$$x_{\text{ball_ground}} = x_{\text{ball_train_0}} + v_{\text{ball_train}} * t + v_{\text{train}} * t$$

任务栏图标：开始、IE、谷歌浏览器、播放器、Word、文件夹、我的电脑、画图

时间：上午 11:12
日期：2011/4/23

$$\begin{aligned} v_{\text{ball_ground}} &= dx_{\text{ball_ground}}/dt = 0 + v_{\text{ball_train}} + v_{\text{train}} \\ &= v_{\text{ball_train}} + v_{\text{train}} \end{aligned}$$

也就是說

$$70 = 50 + 20$$

這有什麼好其怪的？



問題是，以上算法是根據 $x = x' + vt$ 公式，而不是實驗的結果。（我們將會看到，即使進行實驗，只要 v 夠小（什麼叫夠小待會說明），這個公式也是對的，人類不太有高速移動的經驗。）

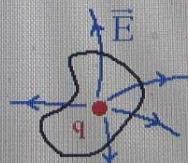
電、磁與馬克斯威爾方程式

電磁學從最早有庫倫定律（靜止電荷量、力、距離的關係）、到高斯定律（電荷如何在空間中建立電場）、以及安培定律（固定電流產生固定磁場）、法拉第定律（變化的磁場導致電流產生），最後再由馬克斯威爾引入位移電流而整合成美麗的四條一組方程式，

Maxwell's Equations

$$\oint \vec{E} \cdot \hat{n} dS = \frac{q}{\epsilon_0}$$

Gauss's Law



相對論 新分頁 boson4.phys.tku.edu.tw/high-school_math/relativity.html

$\oint \vec{B} \cdot \hat{n} dS = 0$ (no monopoles)

$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 (i + \epsilon_0 \frac{d\Phi_B}{dt})$ and Ampère's Law

$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$ Faraday's Law

$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$

$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \left(\vec{j} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right)$

$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$

$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

(Differential Forms)

從數學形式上告訴我們電與磁隨時間的變化會形成波動，且波速是固定的常數

值： 上午 11:12
2011/4/23



1.3 MEGA PIXELS

相對論 新分頁

boson4.phys.tku.edu.tw/high-school_math/relativity.html

Facebook iGoogle Yahoo!奇摩 駕客記事臺北市立建... 自修室座位預約-查詢 夢駝林 百度一下，你就知道 维基百科 - 维基百科 歡迎光臨「2011年... 其他語言

值：

從數學形式上告訴我們電與磁隨時間的變化會形成波動，且波速是固定的常數

To obtain the electromagnetic wave equation in a vacuum using the modern method, we begin with the modern 'Heaviside' form of Maxwell's equations. In a vacuum and charge free space, these equations are:

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$$

Taking the curl of the curl equations gives:

$$\nabla \times \nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial}{\partial t} \nabla \times \mathbf{B} = -\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2}$$

$$\nabla \times \nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \nabla \times \mathbf{E} = -\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2}$$

By using the vector identity

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{V}) = \nabla (\nabla \cdot \mathbf{V}) - \nabla^2 \mathbf{V}$$

where \mathbf{V} is any vector function of space, it turns into the wave equations:

$$\frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} - c_0^2 \cdot \nabla^2 \mathbf{E} = 0$$

$$\frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2} - c_0^2 \cdot \nabla^2 \mathbf{B} = 0$$



相對論 新分頁

boson4.phys.tku.edu.tw/high-school_math/relativity.html

Facebook iGoogle Yahoo!奇摩 駕客記事臺北市立建... 自修室座位預約-查詢 夢駝林 百度一下，你就知道 维基百科 - 维基百科... 歡迎光臨「2011年... 其他選項

馬克斯威爾方程式難到在不同慣性座標系間並不具不變性？若如此要用這個公式還得先說明是要用在那一個參考座標系，不太可能吧？但是，若它具不變性，則電磁波在任何慣性座標系都是固定值，真是不可思議。

會不會因為是波而不是粒子，速度在不同慣性座標系之間的轉換轉就不是用加的？其實不會，基於古典物理，不同觀察者，對波之特性的描述可由都卜勒公式得到。

都卜勒聲學公式與 Maxwell 公式中的光速

靠近中的火車鳴笛音頻變高，遠離中的變低，這是因為聲源對傳聲媒介空氣作相對運動的結果。頻率公式如下：

$$f' = f \frac{1 - v/c}{1 - s/c}.$$

其中 v 、 s 、 c 分別是聽者、聲源，及波的速度。

找尋以太（電磁波的傳播媒介）

馬克斯威爾一直認為有一種傳播電磁波的媒介，如同空氣之於聲音以及水面之於水波一樣。

Fizeau 實驗

光速在介質中是慢下來的，Fresnel 認為流動介質進一步部分地影響通過它的光束之光速。他認為移動介質（如流體）中的光速會是

$$V = \frac{c}{n} + v \left(1 - \frac{1}{n^2} \right)$$

1851 年 Fizeau 用干涉儀與鍍銀半透片進行了以下實驗，並印證了上述的假想



相對論

新分頁

boson4.phys.tku.edu.tw/high-school_math/relativity.html

Facebook iGoogle Yahoo!奇摩 駕駛客記事臺北市立建... 室座位預約-查詢 夢駝林 百度一下，你就知道 维基百科 - 维基百科... 歡迎光臨「2011年... 其他語言

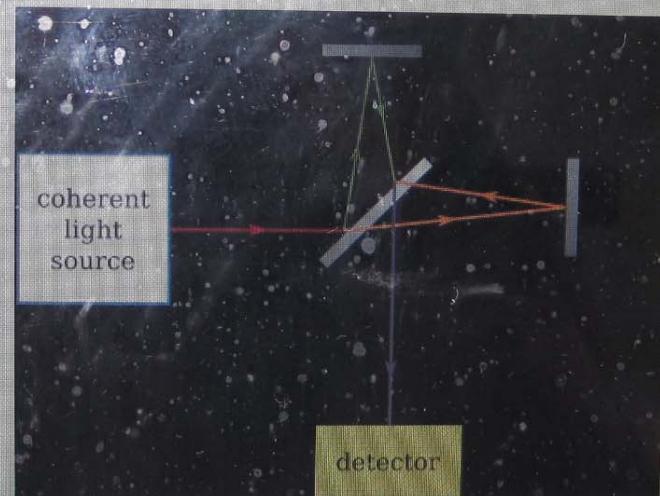
邁可森—莫利 (Michelson-Morley) 之導致確定的光速恆定論（有人說這最有名的失敗實驗）

1887 年，

可見光光波的波長非常短（3000 埃到 7000 埃），光速也很快，因此差一點點距離就可以在干涉條紋上看出來。地球有自轉及公轉，若以太在宇宙中是靜止，則地球對之有相對運動。當然還是有人懷疑地球運動，因為光可能被地球帶著走，像大氣一樣。但這想法並沒能提供有進一步證明或是反證的機會（然後相對論被實驗證實後，以太的不存在也就定案）

技術上，邁可森需要同一批光子（同調光）走互相垂直的兩個不同路徑。

Michelson-Morley 實驗裝置如下：



兩臂各長 11 公尺，以大理石為底座，裝置浮在水銀上以減振，同時也可以轉動。

此實驗的分析

