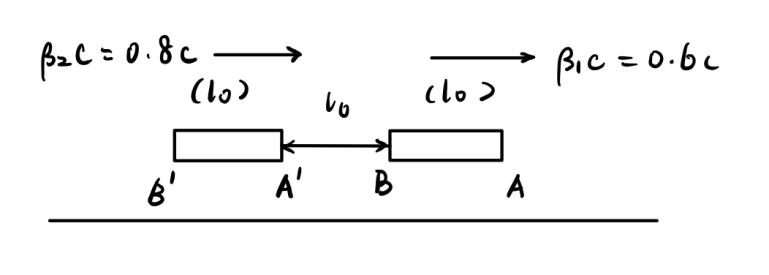
# 五、相对论题：因果律（40分）

在狭义相对论中，虽然一个事件在不同惯性系中的时刻和位置不同，但由于因果事件之间的“信号传输速度”不能超过光速，故洛伦兹变换并不违背因果律。我们可以从下面的事例中体会这一点。

两艘飞船AB、A’B’，静长均为。两飞船同向运动，AB、A’B’速度分别为和。地面系中，初始位形如图所示，头尾相距。A、A’装有无线电发射装置，B、B’装有接收装置。

由于A’B’速度更快，将会与AB相撞，故地面系初始时刻时，A’B’的A’端向前发射无线电波，请求AB飞船加速以避免相撞。但AB燃料耗尽无法加速。AB飞船中，B端接收到信号的同时，从A端向A’B’飞船的B’端发射无线电波，请求A’B’飞船减速以避免相撞。但A’B’飞船也因故障无法减速，最终飞船相撞。

下面考虑这一事故中的因果律问题。从地面、飞船AB、飞船A’B’看来，两个事件至关重要：

（i）A’B’飞船的B’端收到“无法加速信号”；

（ii）飞船A’B’、AB头尾相撞。

若（i）先发生，则相撞主要由于飞船A’B’的故障；若（ii）先发生，则相撞主要取决于AB告知时间过晚。 求地面、飞船AB、飞船A’B’三个惯性系中看到的这两个事件的先后顺序，并讨论是否有矛盾。若有，请找出本事件中不符合因果律的地方。

# 五、相对论题：因果律（40分）

先给出各事件在不同参考系中的时空坐标列表：[]中是步骤序号，()中是时空坐标

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| (x,ct) | | S系——地面 | S’系——AB | S’’系——A'B' |
| Event 0 | t=0，B到达xB=1 | [2] (1, 0) | [3](5/4, -3/4) |  |
| Event 1 | t=0，原点对齐 | [1] (0, 0) | [1] (0, 0) | [1] (0, 0) |
| Event 2 | B收信 | [4] (5/2, 5/2) | [5] (5/4, 5/4) |  |
| Event 3 | A发信 | [7] (15/4, 13/4) | [6] (9/4, 5/4) | [8] (23/12, 5/12) |
| Event 4 | B'收信 | [10] (25/9, 38/9) | [11] (11/36, 115/36) | [9] (-1, 10/3) |
| Event a | A'撞B | [0] (4,5) | [0] (5/4, 13/4) | [0] (0, 3) |

建立3个坐标系，与地面系固连的S系、与AB飞船固连的S’系、与A'B'飞船固连的S’’系，为保证能使用一般情况的洛伦兹变换：

（3分）

需先确定时刻，S,S’,S’’系有共同原点。不妨设A’初始位置为公共原点，

则A’端发射信号事件(记为“事件1”)在S系中表述为(x，ct单位均使用，之后不再赘述)

原点在A’，易得在S’’系中有

（1分）

再确定A、B在S‘系中的固定坐标，利用初始状态B定位事件（记为“事件0”）

利用洛伦兹变换，可获得事件0在S’系中的表述

（1分）

故

（2分）

（2分）

S系中，A’与B相撞为追及问题，则A’与B相撞事件（记为“事件a”）在S系中表述为

（2分）

利用洛伦兹变换，可获得事件a在S’系、S’’系中的表述

（3分）

（2分）

S系中，B收信为追及问题，则B收信事件（记为“事件2”）在S系中表述为

（2分）

利用洛伦兹变换，可获得事件2在S’系中的表述

（2分）

S‘系中，A发信与B收信同时，A发信事件（记为“事件3”）在S’系中表述为

（2分）

利用洛伦兹变换，可获得事件3在S系中的表述

（2分）

再利用洛伦兹变换，可获得事件3在S‘’系中的表述

（2分）

信号到达B’，B’收信事件（记为“事件4”），由于各系光速不变，易得为

（2分）

利用洛伦兹变换，可获得事件4在S系中的表述

（2分）

再利用洛伦兹变换，可获得事件4在S‘系中的表述

（2分）

只需对比事件4、事件a在各系中的时间即可

S系：=，故A'B'飞船的B'端收到“无法加速信号”在先（1分）

S’系：=’，故A'B'飞船的B'端收到“无法加速信号”在先（1分）

S‘’系：‘’=，故飞船A'B'、AB头尾相撞在先（1分）

分析矛盾原因：在AB飞船中收到信号和发出信号两事件同时，则“信号速度”相当于无穷大，故事实上AB收到信号与发出信号两个事件无因果关系，这是矛盾的根源。若收信到发信之间也用无线电信号传输，则将符合因果律。**（5分）**