



1. Suntem în plină eră spațială și zborul cosmic este la ordinea zilei. Convoaie de nave spațiale brăzdează vidul ce separă Pământul și coloniile lui.

Ești comandantul unui astfel de convoi, constând din cinci rachete cu indicativele A – E în ordinea lor de marș. Aceasta este prima ta misiune, dar din fericire nu ai multe responsabilități, căci întregul curs este prestabilit încă de la plecare. Nu este nevoie nici măcar de un aparat care să indice viteza de croazieră, întrucât nu există niciun corp ceresc în apropiere care să servească drept sistem de referință, și oricum viteza nu suferă variații decât la plecare și la sosire.

Nu dispui decât de un set de ceasuri absolut exacte și perfect sincronizate, câte unul pentru fiecare rachetă și mai cunoști de asemenea distanța dintre rachete, aceeași pentru oricare două din ele consecutive. Vom adopta această distanță drept unitate de lungime (“l.u.”), iar unitățile în care indică ceasurile, drept unitate de timp (“t.u.”). (De asemenea, este important de subliniat faptul evident că nu poți verifica simultan două dintre ceasurile tale.)

La un moment dat, în timpul călătoriei, întâlnești un convoi absolut identic în toate privințele (numărul de rachete, distanța dintre ele, valoarea vitezei etc.), ce se întoarce de la destinația către care te îndrepti tu. Ai datoria să notezi în jurnalul de bord ora exactă la care fiecare dintre rachetele celelalte (cu indicativele 1 – 5) trec prin dreptul navelor tale. Iată tabelul care consemnează aceste evenimente.

Momentul trecerii	racheta 1	racheta 2	racheta 3	racheta 4	racheta 5
racheta A	00:00	03:00	06:00	09:00	12:00
racheta B	05:00	08:00	11:00	14:00	17:00
racheta C	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00
racheta D	15:00	18:00	21:00	24:00	27:00
racheta E	20:00	23:00	26:00	29:00	32:00

Timpii scriși cu roșu se referă la un alt fenomen, înregistrat în același moment cu trecerea rachetelor.

Analizând datele de mai sus, ești în măsură să determini mai multe lucruri:

- Viteza relativă v_{rel} a celuilalt convoi față de al tău.
- Viteza v_{abs} a ambelor convoaie față de Pământ.
- Viteza relativă u_{rel} a fenomenului neprecizat față de tine.
- Viteza u_{abs} a fenomenului neprecizat față de Pământ.
- Determinarea naturii fenomenului și sugerarea unei explicații a prezenței lui.
- Tabelul care consemnează toate aceste evenimente, așa cum sunt ele înregistrate în jurnalul de bord al căpitanului celuilalt convoi, presupunând că înregistrarea începe tot la timpul 00:00. Folosește tabelul de mai jos pentru a răspunde la acest punct și scrie cu roșu cei doi timpi corespunzători fenomenului neprecizat din primul tabel.

Momentul trecerii	racheta A	racheta B	racheta C	racheta D	racheta E
racheta 1	00:00				
racheta 2					
racheta 3					
racheta 4					
racheta 5					



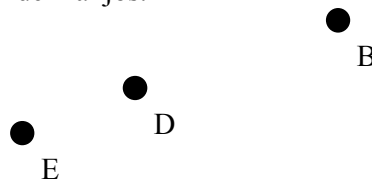
2. Din păcate, există o problemă majoră cu această metodă de reprezentare a datelor călătoriei: ea funcționează doar în propriul sistem de referință și de obicei necesită calcule laborioase pentru a fi transformate și folosite de un alt observator. Așa încât există acum o metodă alternativă nouă, foarte ingenioasă, de consemnare a evenimentelor, pusă la punct la începutul secolului XXI de către profesorul american Nathaniel David Mermin. Este o metodă cât se poate de simplă, necesitând doar două echere și un compas și care le permite tuturor observatorilor să lucreze pe aceeași diagramă. Toți navigatorii spațiali trebuie să se familiarizeze acum cu ea și să învețe să o folosească, mai ales comandanții noi, așa ca tine. Metoda se bazează pe doar două concepte grafice. Primul concept este acela de “equiloc”. El reprezintă evenimentele care se petrec în același loc, la diferite momente de timp. Orice astfel de evenimente determină o dreaptă, așa ca în exemplul de mai jos.

● (07:00)

● (05:00)

● (04:00)

Cel de-al doilea concept este cel de “equitemp”. El reprezintă evenimentele care se petrec în același moment, în locuri diferite. Orice astfel de evenimente determină o dreaptă, așa ca în exemplul de mai jos.



Pentru un observator oarecare, toate equilocurile au aceeași pantă și toate equitempurile au aceeași pantă, mai mică decât a equilocurilor. De asemenea, distanțele dintre punctele unui equiloc sunt corelate prin intermediul vitezei luminii cu distanțele dintre punctele unui equitemp (de exemplu, două evenimente situate la o distanță de 1 an pe un equiloc, sunt la fel de depărtate ca două evenimente situate la o distanță de 1 an-lumină pe un equitemp). În cele ce urmează, ți se cere să folosești echerele și compasul pentru a trasa evenimente ce determină diferite equilocuri și equitempuri, spre a le pune în evidență față de diferite sisteme de referință utilizând același desen.

Pagina următoare constituie foaia ta de răspuns pentru punctele de la **g** la **j**. Nu desena pe ea decât atunci când ești foarte sigur de răspunsuri. Exersează mai întâi pe ciornele pe care se găsește același desen și întoarce-te apoi la aceasta.

g. Sunt desenate cu roșu cele două evenimente corespunzătoare fenomenului neprecizat din primul tabel. Completează schema cu celelalte 23 de puncte, folosind creionul.

h. Așa cum s-a precizat, diagrama poate servi tuturor observatorilor. Trasează pe ea direcțiile equilocurilor și equitempurilor pentru convoiul care se întoarce pe Pământ și arată că echipajul lui resimte exact aceleași fenomene ca și echipajul tău.

i. Tot pe aceeași diagramă trasează cu verde direcțiile equilocurilor și equitempurilor corespunzând sistemului de referință al Pământului și arată că din această perspectivă ambele convoaie se comportă absolut la fel.

j. Propune pe desen o posibilă origine a fenomenului neprecizat și de asemenea punctează cu roșu evenimentele corespunzătoare plecării convoiului tău și sosirii celui alt convoi de pe și respectiv pe Pământ.



Romanian Master of Mathematics and Sciences

2011
Physics Section





Romanian Master of Mathematics and Sciences

2011

Physics Section

În josul paginii se pot observa Pământul (E) și locul tău de destinație (D). Așa numitul “Paradox al Gemenilor” pretinde că în situația în care efectuezi călătoria până la D și înapoi la E, persoanele pe care le-ai lăsat pe Pământ având aceeași vârstă cu tine, la întoarcerea ta vor fi mai bătrâne decât tine, și nu invers.

k. Desenează equilocurile și equitempurile tale și respectiv ale Pământului și arată că acesta nu este un paradox, ci pura realitate. (Încă o dată, exersează întâi pe ciorne și întoarce-te aici pentru răspunsul definitiv.)



3. Ei bine, probabil că deja ți-ai dat seama care era fenomenul neprecizat. Tipii de pe Pământ ți-au trimis un mesaj informându-te că ți-au jucat o festă, un fel de “botez al spațiului” la care prin tradiție sunt părtași toți noii comandanți. Ei ți-au desincronizat în mod intenționat ceasurile în momentul plecării, spre a te face să crezi că mergi cu o viteză apropiată de cea a luminii și a-ți induce astfel speranța unei călătorii scurte și plăcute (ca să nu mai punem la socoteală și Paradoxul Gemenilor). De fapt viteza de croazieră este cât se poate de nerelativistă, deci te așteaptă o călătorie luuuuungă și plicticoasă!

l. Cum anume și cu cât au fost desincronizate ceasurile? Care este viteza reală a convoiului față de Pământ?

m. Așadar, până la urmă este această nouă metodă de descriere a fenomenelor relativiste corectă? Și apare vreo inadvertență în această ultimă parte a poveștii (afară de exprimarea prea puțin literară)?