PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652
Letnik 5 (1977/1978)
Številka 2
Strani 87–89

Karel Šmigoc:

PRVA KOZMIČNA HITROST

Ključne besede: fizika.

Elektronska verzija: http://www.presek.si/5/5-2-Smigoc.pdf

PRVA KOZMIČNA HITROST

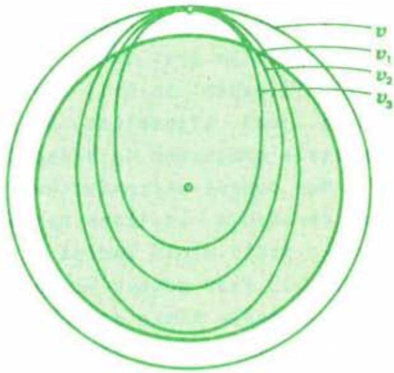
V zadnjih dveh desetletjih, odkar je 4. oktobra 1957 poletel okoli Zemlje prvi umetni satelit, smo spoznali veliko o vesolju. Ti uspehi so bili tako mogočni, da so vzbudili pozornost vseh ljudi. Literatura, ki je obravnavala te nove zmage, je postala dragoceno in brano čtivo.

Med osnove astronavtike - vede o raziskovanju vesolja - spada vprašanje, kolikšno najmanjšo hitrost mora imeti telo, da lahko kroži okoli Zemlje - to hitrost imenujemo prva kozmična hitrost. Prav gotovo je veliko bralcev, ki poznajo to hitrost, ali jo znajo hitro izračunati. Odgovor na to vprašanje lahko najdemo v vsakem srednješolskem učbeniku fizike. V tem sestavku bomo izračunali to hitrost samo s pomočjo Pitagorovega izreka in nekaterih osnovnih izrekov o vodoravnem metu.

Zasledujmo gibanje krogle, ki je bila izstreljena iz topa v vodoravni smeri (Sl. 1). Ugotovimo, da je sestavljeno iz enakomernega gibanja v vodoravni smeri, ki ga je povzročil top in prostega padanja proti središču Zemlje zaradi teže. Pri manjših metnih razdaljah lahko spregledamo Zemljino ukrivljenost in vzamemo njeno površje kot del ravne ploskve. Prav tako lahko zanemarimo pojemanje zemeljskega pospeška z oddaljenostjo od Zemlje. S temi približki (zanemarimo tudi upor zraka) ugotovimo, da je tir izstrelka parabola. Če pa upoštevamo ukrivljenost

Sl. 1 Vodoravni met za manjši metno razdaljo; h je višina topovske cevi.

Zemlje in pojemanje pospeška prostega pada z višino, ugotovimo, da je tir izstrelka močno sploščena elipsa z enim goriščem v središču Zemlje (Sl. 2). Z večanjem hitrosti izstrelka se sploščenost elipse manjša. Kot je razvidno iz sl. 2, postaja met vse daljši, pri računanju dometa pa je treba vse bolj upoštevati ukrivljenost zemeljske površine. Pri neki mejni hitrosti preide elipsa v krog in izstrelek ne pade več na Zemljo, ampak kroži okrog nje kot satelit.

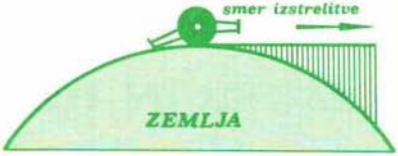


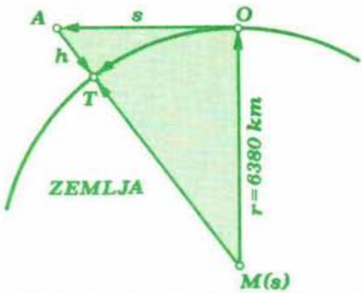
Sl. 2 Vodoravni met za večje metne razdalje, pri katerih se pozna ukrivljenost zemeljske površine. Metne krivulje bi se nadaljevale v notranjosti Zemlje tako, kot je narisano, če bi bila vsa masa Zemlje zbrana v njenem središču.

Dopolnimo ta opis gibanja še s kratkim računom. Ukvarjali se bomo z vodoravnim metom.

Spomnimo se, da je čas potovanja izstrelka od topovske cevi do cilja neodvisen od njegove začetne hitrosti in je kar enak času, v katerem bi krogla prosto padla od ustja cevi do višine, na kateri se nahaja cilj. Če je npr. vodoravno usmerjena topovska cev 5m više od cilja, pade izstrelek na tla po eni sekundi. Dolžina meta je tako sorazmerna začetni hitrosti. Izstrelek z začetno hitrostjo 10m/s pade na tla deset metrov od našega topa.

Poglejmo, kako vpliva Zemljina ukrivljenost na pot izstrelka. Iz slike 3 je razvidno, da se razdalja med vodoravno premico v smeri topovske cevi in površino Zemlje veča, če se premikamo v smeri izstrelitve. Podobno je pri izstrelku: čim večja je njegova hitrost, tem večja je razdalja med smerjo izstrelitve in točko na površini Zemlje, kamor pade. Lahko tudi rečemo, da izstrelek z večjo hitrostjo globlje pade, ker leži zemeljska površina pri večjih razdaljah "niže" kot pri manjših. Sedaj si





Sl. 3 "Odmikanje" tal v smeri izstrelitve izstrelka zaradi ukrivljenosti zemeljske površine.

Sl. 4 Izračun prve kozmične hitrosti (glej tekst).

predstavljajmo, da se izstrelek giblje tako hitro, da je odmikanje tal zaradi ukrivljenosti zemeljske površine prav tako hitro, kot padanje zaradi teže - višina izstrelka je tedaj stalna, kar pomeni, da izstrelek obkroža Zemljo.

Na sliki 4 je narisana lega izstrelka ob izstrelitvi in 1 s kasneje: OA = s je pot zaradi enakomernega gibanja po eni sekundi, AT = h pa pot zaradi prostega pada po eni sekundi. Kot vemo, je ta enaka 5m. Ta pot pa mora biti tudi enaka odmiku izstrelka od tangentne smeri zaradi zemeljske ukrivljenosti. Uporabimo Pitagorov izrek v pravokotnem trikotniku OAM pa dobimo:

$$s^2 + r^2 = (r + h)^2 \quad \text{, oziroma}$$

$$s^2 = (r + h)^2 - r^2 = 2hr + h^2$$

Za polmer Zemlje (r) vzamemo 6380 km, za h pa 5m in dobimo

$$s^2 = 63{,}8 \text{ km}^2$$

ter končno:

$$s = 7{,}99 \text{ km.}$$

Ker je s pot izstrelka v eni sekundi, sledi, da se mora telo, ki kroži okrog Zemlje, gibati vsaj s 7,99 km/s, oziroma 28800 km/h. Za vsakdanje razmere je to seveda zelo velika hitrost. Sodobna potniška letala letijo z okrog 1000 km/h, nadzvočna potniška letala pa dosegajo 3000 km/h. Raketa, ki ponese satelit v orbito okrog Zemlje, mora torej leteti okrog desetkrat hitreje od nadzvočnih potniških letal.

Karl Šmigoc