

**Ўзбекистон республикаси олий ва ўрта махсус  
таълим вазирлиги**

**Гулистон давлат университети**

**“Умумий физика” кафедраси**

# **РЕФЕРАТ**

**МАНЗУ: Тортишишнинг марказий майдони ва унда  
жисмнинг ҳаракат траекториялари.**

**Гулистон-2015**

**Режа**

**Кириш**

- 1. Тортишишнинг марказий майдони**
- 2. Тортишишнинг марказий майдонида жисмнинг  
харакат траекториялари**
- 3. Космик тезлик**
- 4. Хулоса**
- 5. Адабиётлар**

## Тортишишнинг марказий майдони

Маълум бўлишича, КА ҳаракат траекториясини етарлича аниқликда ҳисоблаш учун барча осмон жисмларини унга таъсирини ҳисоблашга зарурият йўқ экан. Агар КА космик фазода планеталардан жуда узоқда ҳаракатланаётган бўлса, фақат Қуёшнинг тортиш кучини ҳисобга олишнинг ўзи етарли. Чунки планеталарнинг КАга берган тезланишлари, Қуёш берган тезланиш олдида арзимас миқдорни ташкил этади. Борди-ю биз Ер яқинида ҳаракатланаётган КА нинг траекториясини ўрганаётган бўлсак, Қуёшнинг унга бераётган тезланиши, Қуёшнинг Ерга бераётган тезланишига тенг бўлиб, КА нинг Қуёшга нисбатан ҳаракати ўрганилаётганда албатта уни ҳисобга олиш зарур бўларди. Бироқ КА нинг Ерга нисбатан ҳаракати ўрганилаётганда, бу жуда кичик миқдор бўлиб, жисмнинг Ерга нисбатан ҳаракатига сезиларли ўзгариш киритаолмайди.

Ана шунинг учун ҳам космонавтикада, аксарият ҳолларда, тахминий ҳисоблашларда, КАнинг ҳаракати, фақат бир осмон жисми таъсирида бўлаяпти деб қараб ўрганилади. Бошқача айтганда, ҳаракат чегараланган икки жисм рамкасида ўрганилади. Бу ҳол ҳаракатдаги жисм орбиталарини ҳисоблашда катта қулайлик туғдиради.

Осмон жисмини бир жинсли моддий шар деб қарайлик, ёки, энг камида, бир – бирининг ичига солинган бир жинсли сферик қатламлардан ташкил топган дейлик. Бундай жисм, унинг бутун массаси марказида (нуқта кўринишида) мужассамлашгандек

тортиш хоссасига эга булади. Бундай тортиш майдони *марказий ёки сферик майдон* деб аталади.

КА нинг марказий майдондаги ҳаракатини ўрганайлик. Бошланғич ҳолда КА осмон жисмидан  $r_0$  масофада бўлиб,  $v_0$  тезликка эга булсин. У ҳолда унинг жисм марказига нисбатан кинетик энергияси:

$$W_{0K} = \frac{mv_0^2}{2},$$

потенциал энергияси эса:

$$W_{0P} = G \frac{Mm}{r_0^2}$$

(4)

бўлади, бу ерда  $M$  тортувчи осмон жисмининг массасини,  $r_0 = R$  КАнинг унинг марказидан узоқлигини характерлайди. Ногравитацион кучларни ҳисобга олмасак, тортиш майдони потенциал майдон бўлганидан, механик энергиянинг сақланиш қонунидан фойдаланамиз. Унда маълум вақтдан сўнг КАнинг кинетик энергияси:

$$W_K = \frac{mv_r^2}{2},$$

потенциал энергияси эса:

$$W_P = G \frac{Mm}{r^2}$$

бўлишини эътиборга олсак, у ҳолда энергиянинг сақланиш қонунидан:

$$\frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{GM \cdot m}{r_0} = \frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{GM \cdot m}{r}$$

(5)

бўлади, бу ерда тенгликнинг чап томони КАнинг бошланғич тўла энергиясини, ўнг томони эса, унинг  $r$  масофада  $v_r$  тезликка эришган пайтдаги тўла

энергиясини ифодалайди. Тенгликнинг ҳар иккала томонини  $m$  га кискартириб, КАнинг марказий жисмдан ихтиёрий  $r$  масофадаги тезлигини ифодалайдиган ушбу тенгламани топамиз:

$$v^2 = v_0^2 - \frac{2GM}{r_0} \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) \quad \text{б) ёки} \quad v^2 = v_0^2 - \frac{2K}{r_0} \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) \quad (6^*)$$

Бу ифода энергия интегралли дейилади, бу ерда  $K=GM$ -маълум осмон жисмининг гравитацион майдонини характерлаб, унинг гравитацион параметри деб аталади. Ер учун  $K=3,986 \cdot 10^5 \text{ км}^3/\text{с}^2$ ; Ой учун  $K = 4,9 \cdot 10^3 \text{ км}^3/\text{с}^2$ ; Қуёш учун  $K = 1,327 \cdot 10^{11} \text{ км}^3/\text{с}^2$  ( 1-жадвалга қаранг).

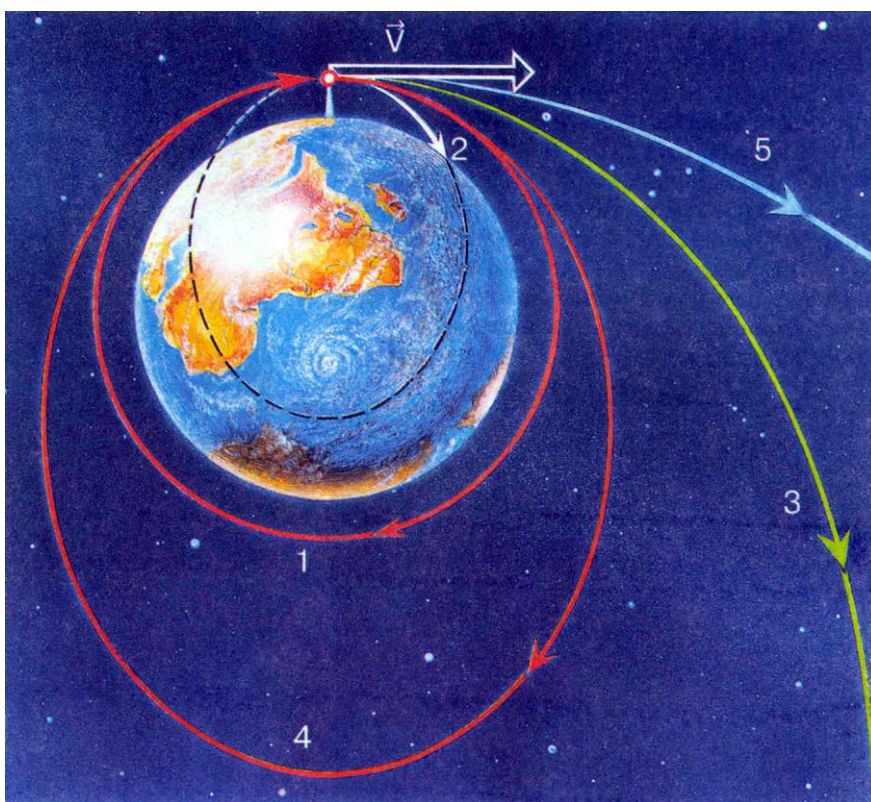
1-жадвал

Планеталар, Ой ва Қуёшнинг физик ва космодинамик характеристикалари

Осмон жисми	Меркур	Венера	Ер	Марс	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун	Ой	Қуёш	Осмон жисми
массасининг осмон жисми	6 02	408	332	3 098	1047,	3498,	22	19	270 7	270 7	массасининг осмон жисми
массага	5 00	520	958	000	58	5	900	300	05	05	массага
Гравитацион параметр $K, (\text{км}^3/\text{с}^2)$	2,20	3,248	3,986	4,284	1,266	3,793	5,79	6,8	4,903	1,3272	Гравитацион параметр $K, (\text{км}^3/\text{с}^2)$
	$28 \cdot 10^4$	$75 \cdot 10^5$	$\cdot 10^5$	$\cdot 10^4$	$\cdot 10^8$	$\cdot 10^7$	$\cdot 10^6$	$\cdot 10^6$	$\cdot 10^3$	$\cdot 10^{11}$	
Таъсир сферасининг	0,11	0,62	0,93	0,58	48,2	54,5	54,8	86,	0,066	92·10 <sup>6</sup>	Таъсир сферасининг
Тазйик	0,36	1,70	2,50	1,80	88,0	108,0	116,	194			Тазйик
Ўртача радиуси $r, \text{км}$	243	6050	6,371	3388	6940	5780	2517	245	1737	696000	Ўртача радиуси $r, \text{км}$
	9	2	6	5,029	0	0	0	40			
Сиртида эркин тезланишининг	4,25	10,36	11,18	5,029	60,43	36,23	21,4	23,	2,376	618	Сиртида эркин тезланишининг
	0	2	6	5,029	60,43	36,23	21,4	23,	2,376	618	
Сиртида эркин тушув тезланиши	0,38	0,90	1,00	0,38	2,68	1,16	0,93	1,1	0,165	27,9	Сиртида эркин тушув тезланиши
	0,38	0,90	1,00	0,38	2,68	1,16	0,93	1,1	0,165	27,9	
Ўз ўқи агрофида айлланиш даври	58,6	243,1	23с.5	24с.37	9	10	10	15	27,32	25,38	Ўз ўқи агрофида айлланиш даври
	сут	6 сут	6мин	мин.2	соат	соат	соат	соат	сутк	сут	
			.04се	3сек	50,5	14,5	42	т 48	а	(экват орда)	
			к		мин	мин	мин	мин			
Экваторнинг	(0°)	176°	23°27	24°48	3°7	26°45	98,0°	29°	6°40,	7°15	Экваторнинг

## Тортишишнинг марказий майдонида жисмнинг ҳаракат траекториялари

Марказий майдонда кўзатиладиган КА ҳаракат траекторияларини 4 гуруҳга ажратиш мумкин. ТММ да жисмлар, тўғри чизикли, айланма, эллипс, парабола ва гипербола кўринишдаги яъни кеплерча траекториялар бўйича ҳаракатланадилар (1-ва 2-расм). Агар жисм идеал жисм сиртида радиал йўналишда улоқтирилса, у тўғри чизик бўйлаб кўтарилиб, секинлашаборди ва маълум баландликда тўхтайди ва сўнгра радиал йўналишда қайтиб тушабошлайди

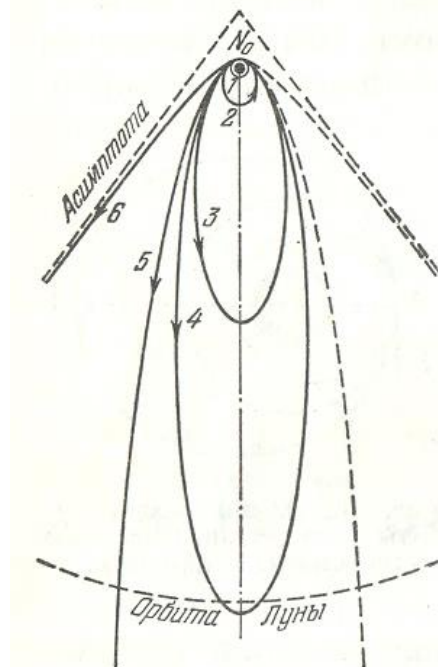


1-расм. Тортишишнинг марказий майдонида жисмнинг  
ҳаракат траекториялари

1. Тўғри чизикли ҳаракат. Агар жисмнинг бошланғич тезлиги нулга тенг бўлса, у марказий майдонни берувчи жисм маркази томон тик тушуди. Жисмнинг бошланғич

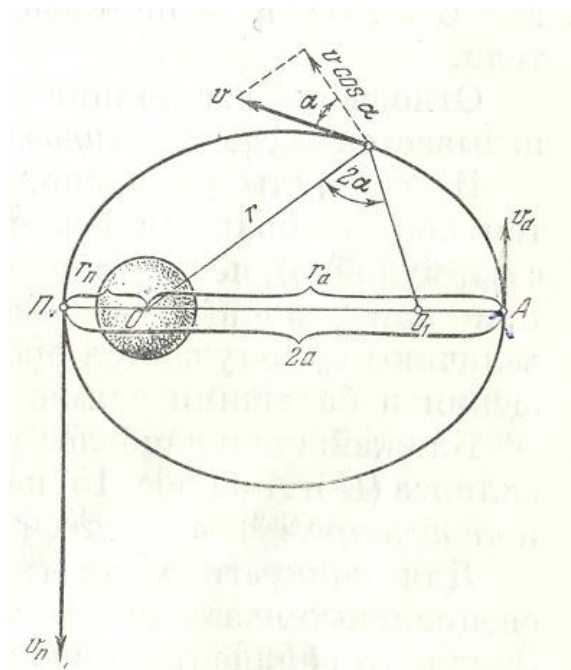
тезлиги марказга ёхуд унга карама- карши томонга (радиал) йуналганда ҳам унинг ҳаракати тўғри чизик буйлаб кўзатилади. Бошқа барча холларда жисмнинг тўғри чизик буйлаб ҳаракатланиши кўзатилмайди.

2. *Эллиптик траектория буйлаб ҳаракат.* Агар КА нинг бошланғич тезлиги радиал тезланишдан фарк килса, у ҳолда унинг ҳаракат траекторияси, унинг тортишиши туфайли, албатта эгилади. Бунда унинг йули хар доим бошланғич тезлик ва Ер маркази орқали утувчи текисликда ётади.



2-расм

Агар КА нинг бошланғич тезлиги, Ернинг массаси ва радиуси билан боғлиқ тезликнинг маълум миқдоридан ортмаса, унинг траекторияси эллипси беради (3-расм). Бу эллипс тортувчи осмон жисмининг сиртини кесиб утмаса, КА бу жисмнинг сунъий йўлдошига, осмон жисми маркази эса, эллипс фокусларидан бирига айланади.



3- расм. ТММ жисмнинг ҳаракат траекториялари.

Эллипснинг фокуслари деб шундай нуқталарга айтиладики, бу нуқталар билан эллипснинг ихтиёрий нуқтасини туташтирувчи кесмалар йигиндиси узгармас булади. Эллипснинг ҳар икки фокуси орқали ўтган ўқи, унинг катта ўқи дейилади. Катта ўқнинг ярми  $a$  - катта ярим ўқ дейилиб, йўлдошнинг осмон жисмидан ўртача узоқлиги радиус-вектор дейилиб  $r_a$  билан белгиланади. Йўлдошнинг тезлиги  $v$  ва тортиш марказидан узоқлиги  $r$  вақтнинг ихтиёрий momentiда, катта ярим ўқ-  $a$  билан қуйидагича боғланади:

$$v^2 = K \left( \frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)$$

(7)

Эллипс буйлаб ҳаракатланаётган жисмнинг даври  $T$  ва катта ярим ўқи  $a$  орасидаги қуйидаги муносабатдан:

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$$



ёки

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{K} a^3$$

айланиш даври эса

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{K}} a^{3/2}$$

(8)

бўлади.

Фокуслар орасидаги масофанинг катта ўқ узунлигига нисбати эллипснинг эксцентриситети дейилиб, у :

$$e = \frac{OF_1}{a} = \frac{OF_2}{a}$$

ёки

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$

(9)

ифодалардан топилади.

(7) формуладан КАнинг бошланғич тезлиги қанча катта бўлса, орбитанинг катта ярим ўқи ҳам шунча катта бўлиши, (8) формулага кўра эса, даври ҳам ортиши маълум бўлади. Тортиш нуқтасидан энг кичик ва энг катта масофадаги эллипс нуқталари (3- ва 4-расмда  $\Pi$  ва  $A$  нуқталар) мос равишда, перицентр ва апоцентр деб аталади. Агар тортувчи жисм Ер бўлса, у нуқталар *перигей* ва *апогей* деб, Қуёш бўлса -*перигелий* ва *афелий* дейилади.

КА нинг перигейдаги тезлиги ( $v_n$ ) максимум, апогейдагиси эса ( $v_a$ ) минимум қийматга эга булади. Бу икки тезлик ўзаро қуйидагича боғланади:

$$v_n \cdot r_n = v_a \cdot r_a$$

(10)

бу ерда  $r_n$  ва  $r_a$  перигий ва апогийнинг Ер марказидан узокликлари. Эллипснинг бошқа барча нуқталарида ушбу тенглик ўринли бўлади.

$$v \cdot r \cdot \cos \alpha = v_n \cdot r_n = v_a \cdot r_a$$

(11)

ёки

$$v_0 \cdot r_0 \cdot \cos \alpha_0 = v \cdot r \cos \alpha$$

(11\*)

Бу ерда  $v_0$ ,  $r_0$  - лар бошланғич ҳолатга тегишли.

(10) ва (11) ифодаларни  $m$  га курайтирилса, у ҳолда ҳаракат миқдорининг сақланиш қонуни ифодаси чиқади.

$$m \cdot v_n \cdot r_n = m \cdot v_a \cdot r_a = m \cdot v \cdot r \cos \alpha$$

(12)

бу ерда  $v \cos \alpha$  -  $v$  тезликнинг  $r$ - радиусга тик йўналишдаги ташкил этувчисини характерлайди (4-расмларга қаранг).

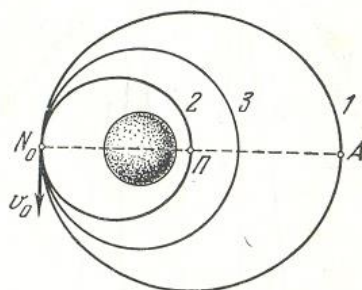
Агар марказий жисм сиртидан маълум  $h$  баландликда  $A$  нуқтадан (2-расм) бошланғич трансверсал тезлик (радиал йўналишга тик йўналишдаги) билан космик аппарат учирилса,  $A$  нуқта, бошланғич тезликнинг катталигига боғлиқ равишда, перигей ёки апогейга (1-расмда 2- ва 4- орбиталар) айланади. Тезликнинг маълум қийматларида у айлана бўйлаб ҳаракатланиб (расмда 1- орбита), айланма орбита радиуси  $r$ , катта ярим ўқ -  $a$  га тенг бўлади, у ҳолда (7) формуладан

$$v_{айл}^2 = \frac{K_{\oplus}}{r}$$

ёки  
(13)

$$v_{\text{айл}} = \sqrt{\frac{\kappa_{\oplus}}{r}}$$

бўлади, бу ерда  $\kappa$  - Ернинг гравитацион параметри эканлигини билган ҳолда, ундан ихтиёрий  $r$  масофадаги айланма орбитанинг тезлигини топиш мумкин бўлади. (13) да  $r=R+h$  бўлиб,  $R$ -Ернинг радиуси,  $h$  –эса, КАнинг Ер сиртидаги баландлигини ифодалайди.



4 - расм

$$v_1 = \sqrt{\frac{\kappa_{\oplus}}{R_{\oplus}}}$$

(14)

бўлса у, **биринчи космик тезликни** ифодалайди, унинг киймати 7,91 км/с га тенг.

3. *Параболик траектория буйлаб ҳаракат.* Апогейи чексизликда “ётган” эллиптик орбита, шубҳасиз эллипс була олмайди (1-расмда 3-орбита, 2-расмда 5-орбита). Бунда аппарат тортиш марказидан чексиз узокка кетиб, ёпик булмаган эгри чизик -парабола буйлаб ҳаракатланади. Космик аппарат тортиш марказидан узоклашган сайин тезлиги камайиб боради. (6\*) тенгламадан чексизликда ( $r_{\infty}$ ) тезлик нулга ( $v = 0$ )

бўлишини эътиборга олиб, параболик орбитанинг бошланғич  $r$  масофада таъминлайдиган бошланғич тезликни-  $v_0$  топамиз:

$$v_0^2 = \frac{2K}{r_0}$$

ёки

$$v_0 = \sqrt{\frac{2K}{r_0}}$$

(15)

(15) бўйича ҳисобланган тезлик *параболик* ёки *эркинлик тезлиги* дейилади.

Бундай тезликка эришгач, КА парабола бўйлаб ҳаракатланиб, тортиш марказига қайтмайди, бошқача айтганда, эркинлик олади. (15) ва (13) ни солиштириб:

$$v_{\text{эрк}} = v_{\text{айл}} \cdot \sqrt{2} \quad \text{ёки} \quad v_{\text{эрк}} = 1,414 v_{\text{айл}}$$

(16)

эканлигини аниқлаймиз. Агар  $r = R_{\oplus}$  - Ернинг радиуси деб олинса,

$$v_{\text{II}} = \sqrt{\frac{2K_{\oplus}}{R_{\oplus}}}$$

(17)

бўлиб, у **иккинчи космик тезлик** дейилади, унинг (Ер учун) миқдори 11,186 км/с ни ташкил этади. Энди (15) дан фойдаланиб, (6) формулани ёзсак, тортишиш майдонидаги тезлик

$$v_r^2 = v_0^2 - v_{\text{эрк}}^2 \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) \quad (18)$$

чиқади.

**4. Гиперболик траекториялар.** Агар КА, параболик тезликдан катта тезликка эришса, у бу ҳолда ҳам очик

эгри чизик буйлаб “чексизликка етади”, биров бунда унинг траекторияси гипербола кўринишини олади. Мазкур ҳолда КА нинг чексизликдаги тезлиги нулга тенг бўлмайди. Гарчи тортиш марказидан узоклашган сайин унинг тезлиги узлуксиз камайиб борсада, биров ушбу ифодадан топиловчи ( $r = \infty$  бўлганда)  $v_\infty$  тезликдан кам була олмайди:

$$v_\infty^2 = v_0^2 - v_{\text{эрк}}^2$$

(19)

$v_\infty$  - тезликни колдик тезлик (баъзан тезликнинг гиперболик орттирмаси ) деб айтишади.

Гиперболик траектория тортиш марказидан узокда, гипербола асимптоталари дейилувчи тўғри чизиклардан деярли фарк килмайди. Шунинг учун ҳам катта узокликда гиперболик траекторияни тўғри чизикли траектория дейиш мумкин 2-расмда б-орбита.

Параболик ва гиперболик траекторияларда ҳам (11) ва (11\*) тенгламалар барибир ўринли булаверади. Тортиш майдонида КА нинг пассив ҳаракати биринчи бўлиб планеталарнинг ҳаракатининг эллиптик шаклини топган ва уларнинг ҳаракат қонунларини аниқлаган немис олими И.Кеплер шарафига кеплерча ҳаракат деб юритилади.

