

PREDNOSTI TROSTEPENOG OSCILATORA

Dr Zoran Marković, JP PTT Srbija

REZIME - Cilj ovog rada je da objasni funkcionisanje dvostepenog i trostepenog mehaničkog oscilatora, odnosno pokaže prednosti trostepenog oscilatora kod dobijanja viška energije mehaničkog oscilatora akademika Veljka Milkovića.

Ključne reči: brzina, kinetička energija, momenat, over-juniti, klatno.

1. UVOD

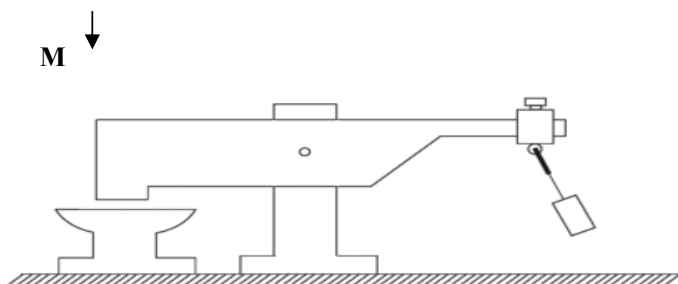
Ovaj rad ima za cilj da pojasni stav gospodina akademika Veljka Milkovića koji je došao do zaključka da se kod njegovog dvostepenog mehaničkog oscilatora može dobiti više energije nego što je potrebno uložiti [1]. Ovo dodavanje male energije pokretnom telu je izgledalo većini ljudi kao ništa važno za energetski balans mašine. No ipak, gospodin Milković je nastavio svoje istraživanje i tražio je odgovore za efekte koje dvostepeni mehanički oscilator ima na suprotnom kraju poluge za koju je vezano fizičko klatno. Očit višak energije na kraju poluge nije razumljiv ako se poče od „teoriskih istina“ da se energija ne može izgubiti niti se iz ničega stvoriti. U nastavku rada kritički će se razmatrati postojeći zakoni kretanja tela i objasniti način na koji se generiše kinetička energija.

U drugom delu rada opisaće se funkcionisanje dvostepenog i trostepenog mehaničkog oscilatora i mogućnost njegove primene za komprimovanje vazduha. Vazduh pod pritiskom se skladišti u rezervoaru komprimovanog vazduha i onda se po potrebi može pretvoriti u neki drugi vid energije (mehanički rad, električnu energiju i sl.)

2. KLATNO I OVER UNITY

U ranijim radovima nekoliko autora je pokušalo matematički opisati rad dvostepenog oscilatora akademika Veljka Milkovića. Međutim, uvek se previdi po neka činjenica jer je mehanizam jako složen za matematičko modeliranje i nije jednostavno utvrditi sve parametre koji utiču na sistem klatno-poluga.

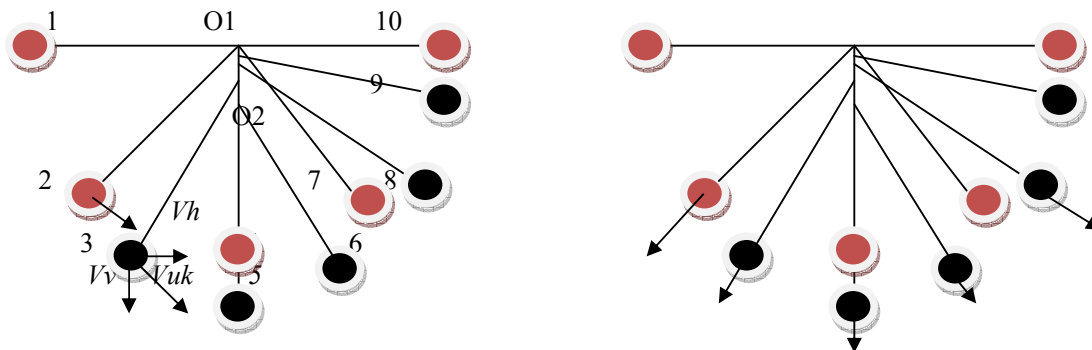
Dvostepeni oscilator Veljka Milkovića ima specifična svojstva i složena kretanja matematičkog klatna, poluge i mase na drugoj strani poluge.



Slika 1

Dakle, tačka vešanja klatna nije fiksna već se kreće gore-dole u zavisnosti od sila koje deluju na krajevima poluge. U takvoj situaciji klatno nema kružno kretanje već putanju koja je uslovljena parametrima

poluge, masom klatna, masom na drugom kraju poluge i samim otklonom klatna. Zapravo, usled delovanja sile dolazi do pomeranja poluge i podizanja mase koja se nalazi na kraju poluge sa druge strane klatna. Na slici 2. prikazana je putanja klatna kada se tačka oslonca pomera gore dole. Kod matematičkog klatna vektor brzine je normalan na krak klatna i promenljivog je intenziteta, sinusoidnog karaktera. Međutim, kada se tačka vešanja klatna pomera po vertikali (zanemariće se horizontalna pomeranja) tada vektor brzine nije više normalan na krak klatna i intenzitet se uvećava za vertikalno kretanje malja klatna. Ono što još moramo uočiti jeste, da pomeranje tačke vešanja zavisi od niza parametara, da dužina njenog pomeranja zavisi od intenziteta sile zatezanja u trenutku ravnoteže sila na poluzi. Sa druge strane od tog intenziteta zavisi i ubrzanje tačke vešanja, vreme koje će se ona pomerati i na kraju pređeni put. Vraćanje tačke vešanja u gornji položaj neće se desiti na isti način jer su sile koje deluju u tim momentima drugačije pa je drugačije ubrzanje, odnosno vreme vraćanja u početni položaj. Trenutak pokretanja tačke vešanja naniže zavisi od otklona klatna i od dodatog ubrzanja u nultim pozicijama (pozicije kada je brzina klatna jednaka nuli).



Slika 2. Kretanje malja klatna kada se pomera tačka oslonca, Kinetička energija malja i intenzitet centrifugalne sile

Predpostavimo da se tačka O počela pomerati na dole kada je klatno bilo u položaju 2 a vratila se u isti položaj kada je klatno u položaju 9, odnosno da je došla u položaj O2 kada je malj klatna stigao u položaj 6. Ako sada razdvojimo kinetičku energiju malja klatna prema komponentama brzine, videćemo da je horizontalna komponenta manja u poziciji 5 nego u poziciji 4, da nije bilo pomeranja tačke O. Vertikalna komponenta energije se troši na pomeranje poluge i podizanje mase M (dobija se potencijalna energija $Mg\Delta h$), ali spuštanjem mase M u početni položaj deo energije se vraća klatnu jer se smanjuje moment inercije i povećava obimna brzina. Dakle, nije tačna tvrdnja da poluga nema uticaja na energetski bilans klatna već je energetski bilans dvostepenog oscilatora stabilan ako masa M ima mek dodir kada se vraća u donji položaj. Kako to nije uvek moguće masa M udara o podlogu i dolazi do transformacije vertikalne komponente kinetičke energije u mehaničku energiju. U idealnom slučaju, kada bi se dogodilo trenutno pomeranje tačke O iz pozicije O1 u O2- kada je klatno u poziciji 5, odnosno vraćanje tačke O u gornji položaj kada je klatno u pozicijama 1 i 10, onda bi rad ukupne sile zatezanja u tački 5 bio sledeći:

$$E_5 = mg\Delta r + \frac{m v_5^2 \Delta r}{r}, \text{ gde je:}$$

- m-masa klatna;
- g- ubrzanje zemljine teže;
- Δr -rastojanje O1-O2 ;
- r-dižina poluge klatna i
- v_5 -brzina klatna u tački 5.

Sa druge strane energija potrebna za trenutno vraćanje tačke O u poziciju O1 jednaka je 0, jer je u tačkama 1 i 10 nema opterećenja u tački vešanja, odnosno možemo smatrati da je $m=0$.

Klatno je palo na niži nivo u poziciji 5 i izgubilo potencijalnu energiju $mg\Delta r$ koju treba nadomestiti da bi se klatno našlo u poziciji 10. Ukupan bilans rada ili energija je:

$$E = mg\Delta r + \frac{m v_5^2 \Delta r}{r} - mg\Delta r = \frac{m v_5^2 \Delta r}{r}$$

Dakle samo centrifugalna sila može proizvesti višak energije.

Kako pomeranje tačke vešanja nije trenutno već zavisi od više parametara tada se i energetska bilans menja shodno pozicijama klatna tokom pomeranja tačke vešanja. Kako je sila zatezanja vektorska veličina onda se uzima samo vertikalna komponenta sile i energetska dobitak je dosta manji od prikazanog idealnog slučaja.

Međutim, u analizi idealnog slučaja kada bi se tačka O pomerila trenutno uzimamo silu zatezanja kao zbir efekta zemljine teže i centrifugalne sile. U praksi je to drugačije jer kada se tačka vešanja pomera na dole dolazi do **gubitka centrifugalne sile** koji zavisi od ubrzanja tačke O. Naime, kada bi tačka O slobodno padala centrifugalna sila bi bila jednaka nuli, jer bi malj klatna nastavio pravolinijsko kretanje. Kako masa M na kraju poluge stvara otpor slobodnom padu tačke vešanja, delimično se zadržava intenzitet centrifugalne sile koja stvara Over Junity. Zato je u eksperimentima primećeno da je efekat bolji kada je pomeranje tačke vešanja manje, jer se manje smanjuje intenzitet centrifugalne sile. Sile deluju u kraćem vremenskom intervalu pa je srazmerno manji i izvršeni rad tih sila.

Da bi sistem funkcionisao, odnosno da bi se „ukrala“ vertikalna komponenta kinetičke energije potrebno je u pozicijama 1 i 10 dodati impulsne sile koje će malju klatna dati početnu brzinu i nadomestiti gubitak horizontalne komponente brzine malja, kako bi malj dostigao visinu pozicije 10. Treba primetiti da je potrebno mnogo manje energije uložiti za postizanje početne brzine klatna u pozicijama 1 i 10, nego što se dobije vertikalna komponenta kinetičke energije. Kako samo centrifugalna sila pravi višak energije a ona raste sa kvadratom brzine, onda je jasno da treba postići veću brzinu klatna u pozicijama 3, 5, 6, ali i manje ubrzanje tačke vešanja da bi se manje gubila centrifugalna sila. Sporije ubrzanje tačke vešanja se postiže sa većom masom na kraju poluge.

Takođe treba primetiti da, kada je klatno u poziciji 5., moguće horizontalno pomeranje tačke O sa malom količinom energije koja bi imala za cilj smanjenje momenta inercije i povećanje ugaone brzine klatna. Ako bi se horizontalno pomeranje tačke vešanja vršilo u suprotnom smeru od smera kretanja klatna dobio bi se efekat peglanja kružne putanje i smanjio efekat gubitka centrifugalne sile.

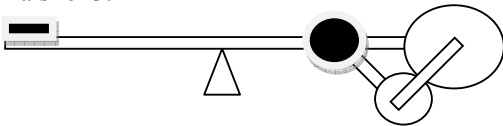
Veoma je teško opisati dinamiku malja klatna kada se dodaje početno ubrzanje u tačkama 1 i 10 jer se tada malj brže kreće i gravitaciona sila deluje u manjem vremenskom intervalu. Ako je početna brzina veća ranije dolazi do pomeranja tačke oslonca O i horizontalna komponenta brzine malja je manja, ali je zato vertikalna komponenta veća usled dužeg delovanja gravitacije i pomeranja tačke O je veće. Dakle imamo jedno složeno kretanje mase malja klatna koja za posledicu ima transformaciju dela viška kinetičke energije u mehanički rad.

Iz tih razloga teško je izračunati Over junity koji svakako postoji kod dvostepenog oscilatora Veljka Milkovića, jer se to eksperimentalno pokazalo. Zapravo uticaj gravitacije proizvodi novu energiju.

3. TROSTEPENI MEHANIČKI OSCILATOR

Ako prihvatimo tezu da višak energije proizvodi centrifugalna sila onda treba videti mogućnosti za njeno povećanje. Jedno od rešenja može biti trostepeni oscilator kako sledi:

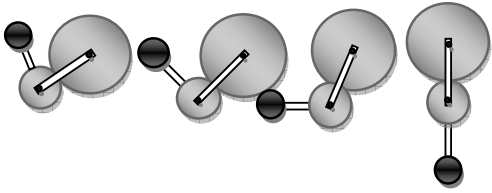
Naime, ako malju klatna damo još jedan stepen slobode i polugu klatna razdvojimo na dva dela uz zavisno kretanje drugog dela poluge u odnosu 1:2 onda dobijamo interesantan efekat. Konstrukcija bi bila skao na slici 3.



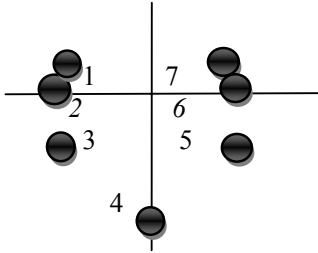
Slika 3. Trostepeni mehanički oscilator.

Veći zupčanik, čiji je centar u tački oslonca miruje jer bi bio fiksiran za glavnu polugu, dok je manji zupčanik fiksiran za polugu koja nosi, na drugom, kraju malj klatna. Kada poluga sa maljem i manjim zupčanikom osciluje onda se, usled povezanih sila (mali i veliki zupčanik su spregnuti), povećava obimna brzina malja klatna, njegova ukupna brzina ali i višestruko uvećava centrifugalna sila. Treba uočiti da je bitna i masa manjeg zupčanika jer ona doprinosi rotaciji malja i ukupnoj sili zatezanja, zato što i ona osciluje. Ovakva konstrukcija dodatno usložnjava matematički opis, pa je potrebno izvršiti ispitivanja na modelu koji bi imao promenljive parametre.

Na slici 4. su predstavljeni položaji sklopa tokom četvrtine perioda oscilovanja.



Slika 4. Položaji klatna tokom oscilacije



Slika 5. Putanja malja klatna tokom oscilovanja

Ako nema pomeranja tačke vešanja tada bi trostepeni oscilator oscilirao poput matematičkog klatna, neprestano transformišući potencijalnu u kinetičku energiju i obrnuto.

Vidimo da je putanja malja klatna elipsastog oblika. U pozicijama 1, 2 i 3 malj se kreće gotovo vertikalno pa mu je komponenta ubrzanje približna slobodnom padu. U tim tačkama centrifugalna sila gotovo i da ne postoji jer je brzina manjeg zupčanika relativno mala. Međutim, od pozicije 3 do pozicije 5, značajno se povećava centrifugalna i ukupna sila zatezanja u tački vešanja. Ugaona brzina malja je dvostruko veća od ugaone brzine malog zupčanika. Uzmimo da je centar mase poluga u centru malog zupčanika pa je i njihova ugaona brzina ista kao i malog zupčanika. U poziciji 4 imamo najveći intenzitet sile zatezanja koji je jednak

$$F = m_z g + m_z r_1 \omega^2 + m_m g + 4m_m (r_1 + r_2) \omega^2 + m_p g + m_p r_3 \omega^2$$

Gde je:

m_z - masa malog zupčanika

m_m - masa malja

m_p - masa poluga klatna

ω - Obimna brzina malog zupčanika

g - gravitaciona konstanta

$r_1 = r_3$ - rastojanje između tačke vešanja i centra malog zupčanika

r_2 - rastojanje od centra malog zupčanika do centra mase malja

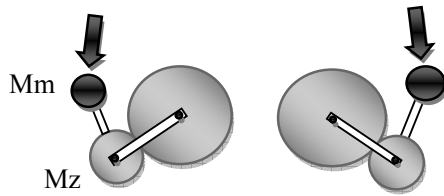
Ako jednačinu sredimo imamo da je

$$F = (m_z + m_m + m_p)g + (m_z r_1 + 4m_m (r_1 + r_2) + m_p r_3) \omega^2$$

Dakle, sila zatezanja zavisi od ukupne mase sklopa koji vrši kretanje, dužina poluga i od ugaone brzine koja zavisi od otklona klatna. Prvi sabirak je sila koja je proizvod delovanja zemljine teže i zavisi samo od mase sklopa. Drugi sabirak predstavlja centrifugalnu silu. Centrifugalnu silu povećavamo ako povećavamo ugaonu brzinu dodavanjem inicijalne brzine u pozicijama 1 i 7 kao na slici 6..

Početno ubrzanje dobija malj klatna ali i mali zupčanik tako da mali zupčanik sada nije kočnica ubrzanju malja, već naprotiv potpomaže njegovo ubrzanje što je povoljnije sa stanovišta funkcionisanja sklopa. Masa velikog zupčanika nije bitna sa stanovišta energetskog bilansa ali jeste važna ako razmatramo kretanje poluge. Naime, masa velikog zupčanika utiče na inercione karakteristike poluge i na ubrzanje tačke vešanja. Ako bi ta masa bila značajna onda bi tačka vešanja imala manje ubrzanje, ali i manje umanjenje centrifugalne

sile. Veća masa velikog zupčanika omogućava i veću masu na desnoj strani poluge pa se time potire njen uticaj na energetski bilans. Zato će se u daljoj analizi zanemariti masa velikog zupčanika.



Slika 6. Momenat delovanja spoljne sile

Ako dodajemo inicijalnu brzinu malju klatna, odnosno sklopu koji osciluje, onda je sila zatezanja u položaju 4 jednaka

$$F_i = (m_z + m_m + m_p)g + (m_z r_1 + 4m_m(r_1 + r_2) + m_p r_3)(\omega + \omega_i)^2$$

Odnosno,

$$F_i = (m_z + m_m + m_p)g + (m_z r_1 + 4m_m(r_1 + r_2) + m_p r_3)(\omega^2 + 2\omega\omega_i + \omega_i^2)$$

Sada možemo naći uvećanje sile zatezanja kao

$$F_u = (m_z r_1 + 4m_m(r_1 + r_2) + m_p r_3)(2\omega\omega_i + \omega_i^2)$$

Ako toj sili dozvolimo da izvrši rad na putu s (dužina pomeranja tačke vešanja) onda imamo:

$$R = F_i s$$

Dok rad koji treba uložiti da bi klatno nadoknadilo izgublenu energiju iznosi

$$R_d = (m_z + m_m + m_p)gs$$

Razlika izvršenog rada i dodatog rada over unity je:

$$R_{bi} = (m_z r_1 + 4m_m(r_1 + r_2) + m_p r_3)(\omega^2 + 2\omega\omega_i + \omega_i^2)s$$

Radi lakše analize zanemarimo mase poluga i pretpostavimo da je masa Mz (masa malog zupčanika) jednaka Mm (masa malja). U poziciji kao na slici 6., primećujemo da je ugao otklona Mz jednak 45° . U poziciji kao na slici sila gravitacije podjednako deluje na obe mase ali one primaju različita ubrzanja, odnosno manifestacija gravitacione sile je različita. Naime. Masa Mm prima maksimalan uticaj gravitacione sile dok masa Mz prima komponentu $gsin45=0,705g$. Dakle u navedenoj poziciji masa Mm gura masu Mz i ubrzava njeno kretanje. Sa druge strane, u jednom trenutku, horizontalno pomeranje Mz počinje da vuče masu Mm za sobom kada se usporava Mz . Kako masa Mz gubi ubrzanje smanjenjem ugla otklona sve više biva gurana od mase Mm jer ona ima blagu elipsastu putanju pa je njena komponenta ubrzanja približna slobodnom padu sve do otklona mase Mz od 30° . Tada masa Mm naglo poprima kružno kretanje i gubi ubrzanje.

Tokom „slobodnog pada“, uslovno rečeno, masa Mm je usporavana od mase Mz ali je dobila dovoljnu brzinu da u donjem položaju 4. ima 8 puta veću centrifugalnu silu od centrifugalne sile Mz (iz formula ako su Mm i Mz jednake i dužine poluga jednake).

Takođe treba uočiti da je bitna i masa manjeg zupčanika jer ona doprinosi rotaciji malja i ukupnoj sili zatezanja zato što i ona osciluje.

Postoji još jedan povoljniji efekat trostepenog oscilatora u odnosu na dvostepeni a to je koncentrisano dejstvo sile zatezanja u kraćem vremenskom intervalu. Zapravo, kada masa Mm počinje intenzivno kružno kretanje i kada poseduje dovoljnu brzinu, centrifugalna sila značajno raste. Isto tako i brzo opada kada se Mm počinje dizati.

I u ovom slučaju dolazi do gubitka na intenzitetu centrifugalne sile zbog pomeranja tačke vešanja ali je ono manje nego kod dvostepenog oscilatora jer putanja malja klatna ima zakrivljeniju putanju u tom vremenskim intervalima pa bi tačka vešanja trebala da pređe mnogo veći put da bi se centrifugalna sila izgubila. U okolini pozicije 5. centar rotacije malja jeste centar malog zupčanika pa je putanja malja zakrivljenija nego u ostalim pozicijama.

Veoma bi interesantno bilo izvršiti merenja karakteristika trostepenog oscilatora na realnom modelu i sa promenljivim parametrima (masa malja i malog zupčanika, dužina poluga i otklona) kao i vremensku raspodelu

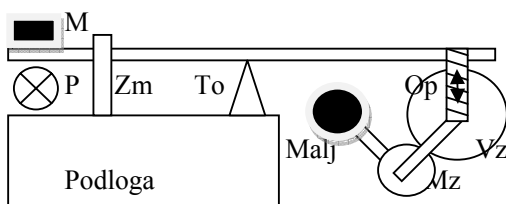
sile zatezanja. Pretpostavka je da trostepeni oscilator daje znatno veću silu zatezanja ali u kraćem vremenskom intervalu.

Posmatrajući eksperimente sa dvostepenim mehaničkim oscilatorom vidimo da su efekti različiti, da se ne može naći pravilo ili obrazac ponašanja i efekat viška energije. To je zato što smanjenje centrifugalne sile zavisi od niza parametara i što se sila zatezanja drastično smanjuje ukoliko tačka vešanja dobija veće ubrzanje

4. POVEĆANJE EFIKASNOSTI TROSTEPENOG OSCILATORA

Uočavanjem efekta smanjenja centrifugalne sile kada se tačka oslonca kreće naniže podstaklo me na razmišljanje: kako smanjiti taj gubitak a ne umanjiti efekat viška energije. Zapravo, treba naći pravi trenutak kada tačka vešanja treba da se pokrene, uzeti dovoljno energije kako bi se to kretanje tačke oslonca zaustavilo u željenom položaju i na kraju sa što manje energije tačka oslonca vratila u početni položaj.

Kada klatno počinje da dobija ubrzanje, tada su sile zatezanja u tački oslonca male, mala je centrifugalna sila i tačka oslonca miruje. Kako je cilj da se tačka oslonca počinje kretati što kasnije (da bi se centrifugalna sila što više uvećala) poželjno bi bilo zaključavanje poluge i njeno oslobađanje u najpovolnijem trenutku. Sa druge strane, ostaje malo vremena za dejstvo sile zatezanja odnosno vršenje rada koje treba „ukrasti“ sistemu. Sve to me navelo da se u sistem uvede četvrti stepen slobode. Naime, tačka vešanja ne bi bila fiksirana za polugu već bi bila na opruzi koja bi bila drugim krajem vezana za polugu-kao na slici 7. Vertikalnim klizačem, u kome bi bila kruta opruga, sprečilo bi se horizontalno pomeranje centra velikog zupčanika.



Slika 7. Trostepeni oscilator sa 4 stepeni slobode-uprošćena šema

Gde su:

- M-masa na levoj strani poluge
- P-potrošač
- Zm-mehanizam za zaključavanje i otključavanje poluge
- To-tačka oslonca
- Op-čvrsta opruga
- Malj- malj klatna sa većom masom
- Vz-Veliki zupčanik
- Mz- mali zupčanik

Sklop kao na predhodnoj slici ima nekoliko pozitivnih efekata prilikom oscilacija.

Prvo, sila zatezanja odmah deluje na oprugu i polako je sabija dok je poluga zaključana i tako akumulira energiju koja se oslobađa istog trenutka kada se poluga otključa, čime se uvećava ubrzavanje tačke vešanja odnosno mogućnost da se „ukrade“ više energije. Sa druge strane efekat opruge je i u delu manjeg umanjavanja centrifugalne sile jer malj klatna prelazi manji put naniže od tačke vešanja na poluzi (za dužinu istezanja opruge) i samim tim manje deformiše svoju lučnu putanju. Zapravo, Malj se manje pomerio od tačke vešanja za dužinu istezanja opruge koja se pri otključavanju poluge počinje sabijati i vraćati sistemu akumuliranu energiju. Istina centrifugalna sila prilikom otključavanju poluge je manja nego da nema opruge, ali je za energetski bilans povoljnije da je ona manje promenljiva tokom vršenja rada. Dakle, očito bi se dobilo više izlazne energije na potrošaču.

5. ZAKLJUČAK

Ovde je prezentovana nova teorija koja kaže da se višestepenim mehaničkim oscilatorom može proizvesti višak energije. Taj višak energija stvara centrifugalna sila tokom oscilacija jer se te oscilacije dešavaju u gravitacionom polju gde Njutnovi zakoni nisu u potpunosti primenljivi. Naime, polja kao što je elektromagnetno polje i gravitaciono polje deluju sa silama velike brzine i konstantnog intenziteta pa se za kretanje tela u takvim poljima moraju definisati novi zakoni.

Osnovna dogma klasične mehanike je da ne postoji ni jedan mehanički eksperimenat unutar inercijalnog sistema koji može da utvrdi da li se taj inercijalni sistem kreće translatorno konstantnom brzinom ili se nalazi u stanju apsolutnog mirovanja [5]. Ovde prezentovana teorija kaže da takav eksperimenat ipak postoji. Ako se utvrdi da neki mehanički sistem daje više energije nego što je u njega uloženo, odnosno da ima over-unity energiju, takav sistem je imao početnu brzinu kretanja. Na površini zemlje se događa oscilacija a šire posmatrano zemlja rotira oko svoje ose, rotira oko sunca, rotira oko centra galaksije a i galaksija se kreće. Dakle, naš oscilatorni sistem je inercijalni sistem a gravitaciona sila velika nepoznanica. Znamo da na zemljinoj površini deluje konstantnim intenzitetom i to na tela koja imaju masu. Kako su brzine tih masa male u odnosu na brzinu svetlosti (pretpostavimo da gravitaciona sila ima brzinu svetlosti kao i elektromagnetna sila) onda se stiče utisak da je ubrzanje gravitacione sile konstantno. Ako se kaže da je svetlost sačinjena od fotona (čestica koja bi po prirodi stvari trebala da ima masu) kako to da nema manifestacije te mase???? Zato što je brzina fotona jednaka brzini gravitacione sile pa ne dobija ubrzanje.

Drugo pitanje koje bi se moglo postaviti je: Koji je najbolji način da sila ubrzava telo. Jedan odličan način je objašnjen u ovom radu. To su prirodne sile koje uvek deluju velikom brzinom istog intenziteta (gravitacija i elektromagnetna sila). Primer korišćenja gravitacione sile je višestepeni oscilator kako je navedeno u radu, gde prirodne sile ubravanjem mase tela ubrzava i njegovu kinetičku energiju. U ovom radu predloženo je da klatno ima 4 stepena slobode i razmatrani su efekti takvog sklopa na ukupni energetske bilans.

6. REFERENCE

- [1] Službeni sajt akademika Veljka Milkovića – Merenja energije, radovi Jovana Marjanovića
<http://www.veljkomilkovic.com/Oscilacije.htm> <http://www.pendulum-lever.com>
- [2] Gravity Assist http://en.wikipedia.org/wiki/Gravity_assist
Michael Minovitch <http://www.gravityassist.com>
- [3] Émilie du Châtelet
<http://www.pbs.org/wgbh/nova/einstein/ance-sq.html>
http://en.wikipedia.org/wiki/Émilie_du_Châtelet
- [4] Film „*E=mc² - Einstein and the World's Most Famous Equation*“
deo 6/11 <http://www.youtube.com/watch?v=QhMYRPx6hR0>
deo 7/11 <http://www.youtube.com/watch?v=GYoez7TOd9s>
- [5] Dr Lazar Rusov, *MEHANIKA III, DINAMIKA*, Naučna Knjiga, Beograd, 1994.
- [6] Dr Zoran Marković, Dvostepeni oscilator kao kompresor
http://www.veljkomilkovic.com/Docs/dr_Zoran_Markovic_Dvostepeni_i_trostepeni_oscilator_kao_kompresor.pdf

Novi Sad, 29. februar 2012.