

## ПРО ЕНЕРГЕТИКУ ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ (ENERGETICS OF CIRCULAR MOTION)

©Юрій Дунаєв, 2009

### Реферат

Кінетична енергія і робота є векторними величинами. Зміна напрямку вектора енергії в системах без переходу кінетичної енергії в потенційну і навпаки потребує прикладання роботи. Утримання незмінної величини енергії тіла під час його руху по замкненій, в тому числі круговій траєкторії, може бути забезпечене в системах, в котрих кожен поворот вектора кінетичної енергії досягається переходом принаймні частини цієї енергії в потенційну і потім знову в кінетичну протилежного напрямку. Утримання незмінної величини енергії тіла під час його руху в вільному просторі по круговій траєкторії потребує постійного і рівномірного прикладання до тіла роботи в напрямі до центру траєкторії. Сумарна величина роботи, прикладеної до тіла, що рухається по круговій траєкторії з незмінною за величиною кінетичною енергією  $E$  за один оберт становить  $W = 2\pi E$ . Робота по збереженню кінетичної енергії обертання електрона в атомах і молекулах виконується ефіром шляхом прикладання до нього кулонової сили. Робота по збереженню кінетичної енергії обертання астрономічних тіл виконується ефіром шляхом прикладання до них сил гравітації.

=====

Метою цього дослідження є проаналізувати енергетичні аспекти обертального руху електронів в атомах та молекулах, так само як і астрономічних тіл, зокрема планет сонячної системи і їх супутників. Хоч рух цих об'єктів відбувається не на вповні кругових траєкторіях, філософія цього дослідження ніяк не постраждає, якщо припустити, що ці траєкторії є цілковито круговими.

Круговий рух є прискорюваним навіть тоді, коли він відбувається з постійною кутовою швидкістю, оскільки вектор швидкості об'єкта постійно змінює свій напрям. Така зміна напрямку швидкості є наслідком прискорення рухомого об'єкта доцентровою силою, котра його притягає до центру кругової орбіти. Не будь цього прискорення, об'єкт би рухався прямолінійно відповідно до Ньютонівських законів руху [http://en.wikipedia.org/wiki/Circular\\_motion](http://en.wikipedia.org/wiki/Circular_motion).

З іншого боку відповідно з сучасними науковими поглядами «робота може бути нульовою навіть за наявності сили. Наприклад доцентрова сила при рівномірному круговому русі виконує нульову роботу, оскільки кінетична енергія рухомого об'єкта не змінюється. Це є наслідком того, що сила є завжди перпендикулярною напрямку руху об'єкта; лише та складова сили, котра є паралельною вектору швидкості об'єкта може виконувати роботу над цим об'єктом. Аналогічно, якщо книга лежить на столі, стіл не виконує над нею ніякої роботи, незважаючи на те, що він до неї прикладає, спрямовану догори силу, еквівалентну  $mg$ , і це тому, що ніяка енергія не переноситься ні в книгу, ні з книги» [http://en.wikipedia.org/wiki/Work\\_\(physics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Work_(physics)).

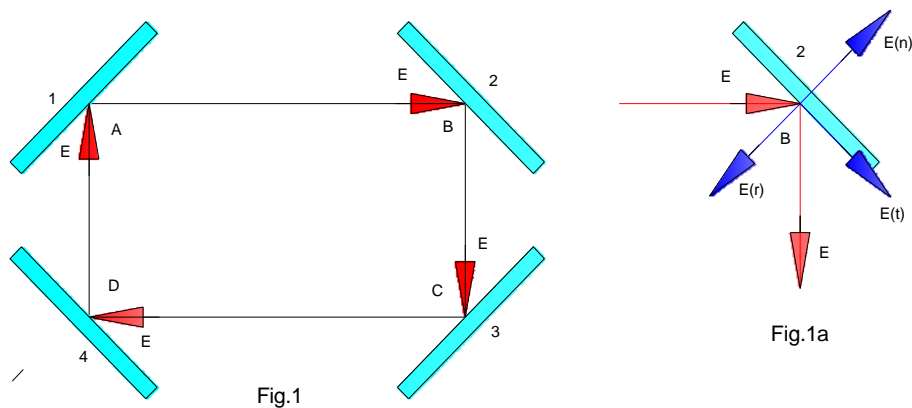
На мою думку, положення про те, що доцентрова сила при рівномірному круговому русі не виконує ніякої роботи, є помилковим, що я постараюсь довести за допомогою наступних прикладів.

### Приклад 1

Ідеально пружну кульку випускають з рук над ідеально пружною підлогою. Кулька падає на підлогу з висоти  $h$ , і в момент зустрічі з підлогою її кінетична енергія стає рівною тій роботі, котру над нею виконала сила тяжіння  $E = mgh$ . В момент удару об підлогу кулька разом з підлогою, зазнають місцевих пружних деформацій, на що витрачається вся кінетична енергія кульки. Відпружинюючи, зазначені деформації виконують роботу величиною  $E$ , унаслідок чого кулька відскакує вгору з тією ж кінетичною енергією  $E$ , котру вона мала на час зустрічі з підлогою і котру вона повністю втрачає на висоті  $h$ . На висоті  $h$  кулька починає падати знову, і якщо її рух не зазнаватиме ніякого опору, вона стрибатиме до без кінця, зберігаючи свою енергію, котра двічі за цикл переходить з потенційної в кінетичну і навпаки.

### Приклад 2

Ідеально пружна кулька, така ж як і в Прикладі 1, рухається по замкненому маршруту в формі прямокутника ABCD (див. фіг.1) між чотирма ідеально пружними стінками 1, 2, 3, 4, розміщеними під



кутом  $45^\circ$  до відповідних ділянок маршруту. Якщо на рух кульки (на кресленні не показана) не діятиме ніякий зовнішній опір, вона так само як і в Прикладі 1 рухатиметься до без кінця по своєму маршруту з тією ж кінетичною енергією  $E$ , і це можна зрозуміти з фіг.1а, попередньо усвідомивши, що кінетична енергія так само як і робота є векторною величиною.

Як показано на фіг.1а, кулька з кінетичною енергією  $E$ , спрямованою на точку B, ударяється в ній об стінку 2, і та її складова, котра є спрямованою нормально до поверхні стінки  $E_n = E \sin 45^\circ$ , викликаючи її пружну деформацію, переходить таким чином в потенційну енергію стінки  $E_p = E_n = E \sin 45^\circ$ . Потенційна енергія стінки передається кульці в формі реактивної кінетичної енергії  $E_r = -E_n$ , котра сумуючись з тангенційною складовою  $E_t = E \cos 45^\circ$ , утворює новий вектор кінетичної енергії  $E$ , спрямований на точку C, тобто під кутом  $90^\circ$  до свого попереднього спрямування.

При зустрічі зі стінкою 3 і далі зі стінками 4 і 1 кулька, не втрачаючи своєї енергії, буде кожен раз змінювати спрямування свого руху і разом з ним спрямування своєї кінетичної енергії. Кожна пружна

зустріч зі стінками супроводжується гасінням відповідної нормальної складової  $E_n$  і набуттям реактивної кінетичної енергії  $E_r = -E_n$ .

### Приклад 3

Така ж сама кулька, як і в попередніх прикладах, рухається по маршруту в формі правильного шестикутника 123456 (див. фіг.2), що пролягає всередині шестикутного бар'єра, складеного з

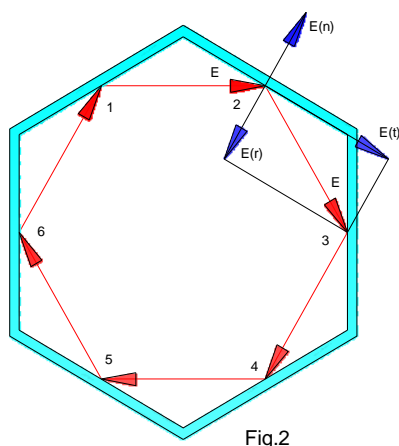


Fig.2

ідеально пружних стінок 1, 2, 3, 4, 5 і 6, кожна з яких складає з відповідним напрямом руху кульки кут  $30^\circ$ . Так само, як і в попередньому прикладі, зустрівшись в точці 2 зі стінкою 2, кулька (на кресленні не показана) віддає стінці 2 нормальну складову своєї кінетичної енергії  $E_n = E \sin 30^\circ$ , котра їй повертається в формі реактивної енергії  $E_r = -E_n$ . Остання сумуючись з тангенційною складовою  $E_t = E \cos 30^\circ$ , утворює новий вектор кінетичної енергії  $E$ , спрямований на точку 3, тобто під кутом  $60^\circ$  до свого попереднього спрямування.

Оскільки і кулька, і стінки бар'єра ідеально пружні, то за умови, що зовнішній опір рухові кульки дорівнюватиме нулю, остання зможе рухатись по своєму маршруту до без кінця і величина її кінетичної енергії лишатиметься без змін.

### Приклад 4

Та ж сама кулька (фіг.3) рухається дотично до внутрішньої поверхні ідеально пружного кільцевого бар'єра. Очевидно, що за відсутності зовнішнього опору кулька приречена на вічне обертання всередині цього бар'єра.

Розглянутий вище Приклад 4 можна використати як аналог для зовсім іншої проблеми, а саме для кругового обертання твердого тіла, наприклад обода маховика. Якщо на ободі останнього вичленити певний фрагмент масою  $m$ , то кінетична енергія цього фрагмента в певній точці його кругової траєкторії становитиме  $E = \frac{mv^2}{2}$ , де  $v$  репрезентує окружну швидкість фрагмента в цій точці. Цю енергію можна, так само як і в попередніх прикладах, розглянути як складену з її відцентрового складника, що переходить в потенційну енергію пружності матеріалу ободу і тангенційного складника, останній з яких в сумі з енергією реакції пружності матеріалу формує відхилений вектор кінетичної енергії фрагмента, тієї ж величини, що він її мав до відхилення.

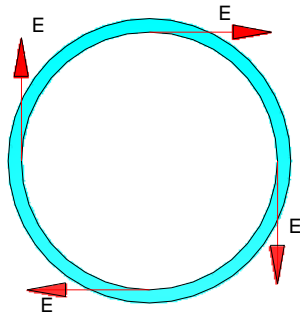


Fig.3

=====

Наведені вище приклади 1 – 4 справджувались лише за умови ідеальної пружності і кульки і взаємодіючих з нею огорожуючих поверхонь. Цілком зрозуміло, що за відсутності такої ідеальної пружності, тобто при неможливості переходу кінетичної енергії в потенційну і навпаки жоден з наведених прикладів дієвим бути не може.

В реальних умовах збереження постійної величини кінетичної енергії тіла при його повороті на деякий кут  $\alpha$  може бути забезпечене лише за рахунок певної роботи, і в разі взаємодії тіла з абсолютно непружним середовищем ця робота, як видно з наведених вище Прикладів, має бути витраченою в точці повороту на: 1) гасіння нормальної складової кінетичної енергії тіла  $E_n = E \sin \frac{\alpha}{2}$  і 2) на прикладення до тіла в напрямі, протилежному напрямку  $E_n$ , такої ж за величиною кінетичної енергії  $E_r = -E_n$ .

Приклад 5

Уявімо собі, що деяке тіло рухається з певною кінетичною енергією  $E$  по маршруту в формі замкненого рівностороннього багатокутника з числом сторін  $n$ . Тоді для збереження її кінетичної енергії уздовж усіх сторін багатокутника, до тіла на кожному з поворотів має прикладатися робота, спрямована до центру багатокутника.

Зважаючи на те, що кут повороту відповідає умові  $\alpha = 180^\circ - \beta$ , де  $\beta$  є кут при вершині правильного багатокутника, і що кут  $\beta = 180^\circ - \frac{360^\circ}{n}$ , робота, прикладена до тіла в місці кожного з поворотів має скласти  $w = 2E_n = 2E \sin \left( \frac{180^\circ}{n} \right)$ , а робота, потрібна для підтримання енергії тіла протягом повного циклу обертання становитиме

$$W = 2nE \sin \left( \frac{180^\circ}{n} \right) \quad (1).$$

Величини роботи, обчислені за формулою (1) наведені в Таблиці 1, з якої видно, що для підтримання кругового обертання тіла з кінетичною енергією  $E$  впродовж кожного циклу потрібно прикладати до нього роботу величиною  $2\pi E$ .

Таблиця 1

$n$	3	6	180	$\infty$
$W$	$5.196E$	$6E$	$6.283E$	$2\pi E$

Зважаючи на те, що кругове обертання електрона в атомах і молекулах, так само як і обертання планет і інших природних і штучних супутників відбувається в абсолютно непружному псевдогазовому середовищі, котрим є ефір, умови Прикладу 5 мають цілковито стосуватися обертання цих тіл. Підтримання кінетичної енергії електрона в атомах і молекулах відбувається за рахунок роботи кулонових сил, тобто сил, що прикладаються до нього тими частками ефіру, котрим він заважає зустрічатися з їх ядрами; підтримання кінетичної енергії обертання планет і інших згаданих небесних тіл відбувається завдяки роботі сил гравітації.

Одержаний результат, так само як і його надані вище пояснення знаходяться в повному протиріччі з усталеними поглядами офіційної науки, відповідно до яких орбітальні обертання електронів в атомах і молекулах, так само як і обертання небесних тіл відбуваються без жодних витрат енергії, бо офіційною наукою так само вважається, що відцентрові сили, котрі за моїм переконанням є реальними силами опору ефірного середовища, буцім то є фіктивними силами, котрі на реальний стан речей впливати не можуть.

#### Висновки:

- 1) Кінетична енергія і робота є векторними величинами;
- 2) Зміна напрямку вектора енергії в системах без переходу кінетичної енергії в потенційну і навпаки потребує прикладання роботи;
- 3) Утримання незмінної величини енергії тіла під час його руху по замкненій, в тому числі круговій траєкторії, може бути забезпечене в системах, в котрих кожен поворот вектора кінетичної енергії досягається переходом принаймні частини цієї енергії в потенційну і потім знову в кінетичну протилежного напрямку;
- 4) Утримання незмінної величини енергії тіла під час його руху в вільному просторі по круговій траєкторії потребує постійного і рівномірного прикладання до тіла роботи в напрямі до центру траєкторії;
- 5) Сумарна величина роботи, прикладеної до тіла, що рухається по круговій траєкторії з незмінною за величиною кінетичною енергією  $E$  за один оберт становить  $W = 2\pi E$ ;
- 6) Робота по збереженню кінетичної енергії обертання електрона в атомах і молекулах виконується ефіром шляхом прикладання до нього кулонової сили;
- 7) Робота по збереженню кінетичної енергії обертання астрономічних тіл виконується ефіром шляхом прикладання до них сил гравітації.