

Всемирни принципи и закони на Исак Нютон (от Христо К.Иванов)

Великият английски физик, математик, астроном и философ Исак Нютон доразвива механиката на Галилей, установявайки основните принципи на динамиката и допринася за развитието на кинематиката и астрономията, развива по своя инфинитезимален метод диференциалните и интегрални принципи на висшата математика и с всичко това потвърждава неразривната връзка между всички тях и философията.

Освен научните постижения в механиката, Галилей е открил и един от най-важните основни закони на механиката:

$$/1/ \quad \tau^2 = 4\pi^2 r/g$$

– **законна за изохронност на периода на махалото*** (1583 г.):

По идеен проект на Галилей през XVI в., през XVII в. Хюйгенс конструира часовник с реверсионно махало.

Важни и основни закони на механиката са и математически изчислените посредством много прецизни оптически измервания закони на немския астроном **Йохан Кеплер** за движението на планетите около Слънцето, валидни и за движението на по-малките космически тела (материални системи, планети, звезди и др) спрямо по-големите от тях (големи материални системи, планети, звезди и пр.):

I. Обикаляйки около Слънцето, планетите описват **елипси, в един от фокусите на които се намира Слънцето;**

II. При движението си планетите се движат с такава скорост, че **радиус-векторите**, прекарани от фокусите на елипсите, за **равни времена описват равни площи** и

III. **Квадратите на времената** за обикалянето на планетите **са пропорционални на средните им разстояния до слънцето.**

От тези закони, съответно следват три извода:

Първият извод се получава от уравнението на елипсата, по която обикаля една планета или спътник, изразено посредством координатната система yCz (фиг.1) с начало $C(0,0)$, разположено в един от фокусите на елипсата и с големи полуоси $2a$ върху ос Cy , ще бъде:

$$/2/ \quad b^2(y-c)^2 + a^2z^2 = a^2b^2$$

въз основа на което от законите на Кеплер следват **три извода, първият** от които е:

$$/3/ \quad r = \sqrt{ab}$$

- средна стойност на радиус-вектора \overline{CB} , описващ пътя на планетата или спътника – голямата елипса с полуоси $\overline{OA}=a$ и $\overline{OB}=b$ и фокус в т.С, в близост на който се намира голямото космическо тяло;

Следователно средната периодична скорост на планетата (спътника) е:

$$/4/ \quad v=adt=ds/dt=2\pi dr/dt$$

където: $s=2\pi r=2\pi\sqrt{ab}$ - дължина на елипсата-описан път за един период τ – интервал от време за един цикъл.

Вторият извод следва от втория закон на Кеплер: за $\Delta t = \text{constant}$:

$$/5/ \quad \Delta S=\pi(r+\Delta r).\Delta t=\text{constant}, \text{ респективно } \Delta S^*=\pi(r^*+\Delta r^*)\Delta t=\text{constant}$$

- описани сектори са с равни площи за равни времена съответно за всяка от елипсите, по които пътуват планетата или спътник, респективно и по-голямото космическо тяло, където:

r и r^* - променливи радиус-вектори на елипсите на планетата или спътника, респективно на по-голямото космическо тяло;

ΔS и ΔS^* - респективно площи на описаните сектори от тези елипсите.

Третия извод е:

$$/6/ \quad cst = \frac{R^3}{\tau^2}$$

където:

cst - **векторна** константа на закона на Кеплер, определена от Нютон;

τ - синхронен период за една обиколка на двете космически тяла по конюгованите елипси;

$R=r+r^*$ - средна дистанция между спътника и космическото тяло, заедно с което той се върти около техния общ център на тежеста.

Въз основа на законът за махалото, валиден за всички периодични движения и най-вече на третия закон на Кеплер, Нютон **извежда** закона за **всемирното привличане**, докато някои привърженици на “*Квантовата механика*” и “*релативистиката*” твърдят, че този закон е *постулат на Нютон*.

Според Нютон материята се състои от “твърди частици”, между които има “празнини”. Той е на мнение, че “водата трябва да има много повече празнини между твърдите частици в сравнение със златото” (“Оптика” - 1672). От неговата дефиниция за “количество на материята” (инерциална материя), следва, че инерциалната маса на една материална система (тяло) се състои от количеството – броя на най-малките неделими материални частици, които нарекал “*minimi*” (Масата на атомите, която именно се състои от най-малките неделими частици на материята не е равна, но е приблизително пропорционална на атомните тегла).

Следователно ако се приеме масата m на най-малката неделима материална частица за единица маса, то масата M (количеството на материалния субстрат на едно тяло, изразено в броя) ще бъде:

/7/ $m=Zm$

където:

Z - целочислен брой на най-малките неделими “твърди частици”.

m - маса на най-малките неделими частици на материята.

Т.е. съгласно Нютон **инерциалната маса – количеството на материята на всяко тяло е неизменно постоянна величина, тъй като се състои от дискретен инвариантен брой най-малки неделими материални частици – “minimi”.**

За да бъдат обхванати всички възможни физически формулировки в своя голям труд “Philosophiae naturalis principia” Нютон е формулирал основните принципи на природата **без да използва конкретни термини**, още повече, че такива не са били уточнени. Така например масата той дефинира правилно: **“количество материя”** (а не тегло), ускорението “вродена сила”, а силите – “ускорителна величина” или по-точно “движеща величина” (далекодействие, обратно пропорционално на разстоянието на квадрат и пропорционално на “центростремителната сила”, действаща върху масата), инерцията – импулсите и моментите нарича по-обобщено – “действие” и “противодействие”.

Развивайки теорията на закономерното движение на едно тяло по крива линия (окръжност, елипса, парабола и пр.), Нютон с помощта на лимесите намира, че за всеки момент от изменение на пътя по достатъчно малък праволинеен участък между две точки от кривата на пътя, скоростта на тялото е равна на изменението на дължината на участъка, разделено на **интервала** от изменението на времето.

По този начин посредством инфинитезималното смятане с безкрайно малки величини по метода на лимесите, систематически разработва свой метод на: **флуksiите и флумените** – най-крупното и грандиозно постижение на Нютон като математик, на което се основават диференциалното и интегралното смятане, разработени след това почти същевременно с по-удобни символи и от германския математик и физик **Годфрид Фридрих Лайбниц**.

Именно въз основа на инфинитезималното смятане и на своите аксиоми и дефиниции, както и въз основа на законите на Кеплер за движенията на небесните тела, **без хипотези и постулати** (които са причина за възникване на парадоксални възгледи и мнения след 1900 г.), Нютон изгражда напълно основните принципи и закони на небесната механика, при което открива **фундаменталния природен закон за всемирното привличане** като оформя основите на механиката, динамиката и кинематиката и изгражда сигурните основи на **общата физика** – достоверното познание за природата и по такъв начин **полага методологичните основи и принципи и на реалната философия**.

Първи основен принцип на динамиката

Всяка материална система е инерциална и ако не ѝ действуват никакви външни сили, тя ще се движи праволинейно по инерция (съгласно Г.Галилей и Нютон).

Според Нютон **инерцията** на едно тяло представлява големината на “вродената сила на материята”, която “е присъщата ѝ способност за съпротивление” (противодействие). Под “вродена сила” (касае се за **инерцията**, наричана от него още “**количество на движение**” – равно на **импулса** на силата, която го създава, от Декарт “сила на движение”, от Дж. Уолис “сила на движение” или “momentum”), Нютон разбира свойството на материята “да запазва състоянието си на покой или равномерно праволинейно движение”, изразяващо **принципа за запазване на инерцията** и която “винаги е **пропорционална на масата**”. Следователно **посоката на инерцията** $\mathbf{j}^0 = \mathbf{v}^0$ на едно инерциално тяло се определя от **посоката** \mathbf{v}^0 на неговата **скорост** \mathbf{v} , а големината ѝ, съгласно Нютон, се изразява посредством **количеството на движение** $m \cdot \mathbf{v}$ – представляващо произведението на **количеството на неговата маса** $m = \text{constante}$ и **големината и посоката на скоростта му** $\mathbf{v} = v\mathbf{v}^0$ ($|\mathbf{v}^0| = |\mathbf{j}^0| = 1$), което е равно на импулса \mathbf{p} на силата \mathbf{F} :

$$/8/ \quad \mathbf{j} = m\mathbf{v} = m\mathbf{v}\mathbf{j}^0 = \mathbf{p} = \Delta\mathbf{F}\Delta t = F_{12}t_{12} \cdot \mathbf{j}^0$$

Следователно големината и посоката на **инерцията** \mathbf{j} на едно тяло с маса m , движещо се със скорост $\mathbf{v} = v\mathbf{j}^0$ ($v = \text{cst}$) се определя от **импулса**, предаден на друго тяло с маса m' , при челен удар (под ъгъл 180°) с него (съгл. Галилей и Нютон):

$$/9/ \quad \mathbf{j} = \int d\mathbf{j} = \mathbf{p} = m\mathbf{v} = m\mathbf{v}\mathbf{j}^0 = m'\mathbf{v}'\mathbf{j}^0 = \iint_{12} \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2} dt = m\mathbf{a}t_{12} \cdot \mathbf{j}^0 = \iint_{12} \mathbf{F} dt = F_{12}t_{12} \cdot \mathbf{j}^0$$

където \mathbf{v}' е скоростта му, която след удара $\mathbf{p} = F_{12}t_{12} = \mathbf{F}'_{12}t'_{12}$ от v става v' , а $F_{12}\mathbf{j}^0$ е интегралната сила, действаща за времеинтервал $\Delta t' = t_{12} = t_2 - t_1$ между двете крайни положения на следения обект – от точка 1 до точка 2.

Втори основен принцип на динамиката

Силата е равна на произведението на масата на тялото по действащото върху него ускорение (равно на бързината на изменението на инерцията му):

$$/10/ \quad \mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

което следва от /8/ : $d\mathbf{j}/dt = m d\mathbf{v}/dt = m \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2} = m\mathbf{a} = \mathbf{F} = d\mathbf{p}$,

където $m = \text{constante}$ е **масата** – количеството на инерциалния **субстрат** на звездата, планета или тялото, върху което действа някакво ускорение \mathbf{a}

или гравитационно притегляне $\mathbf{a}=\mathbf{g}$, с което едно космическо тяло действа на друго тяло, с което образува самостоятелно обособена квазиизолирана двойка материални системи.

Трети основен принцип на динамиката

Действието е равно на противодействието.

Съгласно този принцип:

$$/11/ \quad \mathbf{F}=-\mathbf{F}' \quad \Sigma\mathbf{F}=-\Sigma\mathbf{F}', \quad \mathbf{p}=-\mathbf{p}', \quad \Sigma\mathbf{p}=-\Sigma\mathbf{p}', \quad \mathbf{F}.L = -\mathbf{F}'L' \quad \text{и} \quad \Sigma\mathbf{F}.L = -\Sigma\mathbf{F}'L'$$

където:

\mathbf{F} и \mathbf{F}' са сили, \mathbf{p} и \mathbf{p}' – импулси, $\mathbf{F}.L$ и $\mathbf{F}'L'$ – моменти, а L и L' са рамена на силите \mathbf{F} и \mathbf{F}' , следователно:

$$/12/ \quad \mathbf{F} = -\mathbf{G} = -m*\mathbf{g} = -m*\mathbf{g}r^0 = -\mathbf{F}'$$

- центробежна сила, където:

$$/13/ \quad \mathbf{G} = m*\mathbf{g} = m*\mathbf{g}r^0$$

- притегателна центростремителна сила (тегло на едно тяло с маса m^* , разположено в полето на притегляне на друго тяло придаващо му ускорение g).

От тези закони следват и законите за запазване на масата, инерцията, импулса и енергията на всяка самостоятелно обособена (“затворена” и “изолирана”) материална система.

Въз основа на тях следва и основният принцип, валиден при строежа на всяка материална система или техническа конструкция, според който една затворена механична система е вътрешно уравновесена, когато всички действия и противодействия в нея се балансират (уравновесяват).

Закон за всемирното притегляне

От законите на Кеплер, Нютон стига до извода, че всяко космическо тяло и неговият спътник се движат по две конюговани елипси спрямо единия фокус – **общ** за двете елипси, който същевременно е център на тежестта на системата космическото тяло (звезда или планета) и спътника, център на инерциите им (инерционните им моменти, съгласно теоремата на Щайнер и център на въртене.

Периодът за пътуването на телата по елипсите е равен на периода за пътуване по окръжности с радиуси, равни на геометрично средните радиус-вектори (съгл. /4/) $r=CD$ и $r^*=C*D^*$ на съответните елипси, с начало във фокуса $C(c,0)$ и върхове в пресечните точки на елипсите с окръжностите (съгл. фиг. 1).

Нютон изразява третия закон на Кеплер, посредством закона за изохронност на едно махало /1/, приложен и за реверсионно махало:

$$/14/ \quad \frac{4\pi^2}{\tau^2} = \frac{g^*}{r} = \frac{g}{r^*} = \frac{g^*+g}{r^*+r} = \frac{g^*+g}{R}$$

където: r^* и $r > r^*$ са средни радиуси на въртене на масите m^* и $m < m^*$, респективно с ускорения g^* и $g < g^*$ и $r+r^*=R$, откъдето:

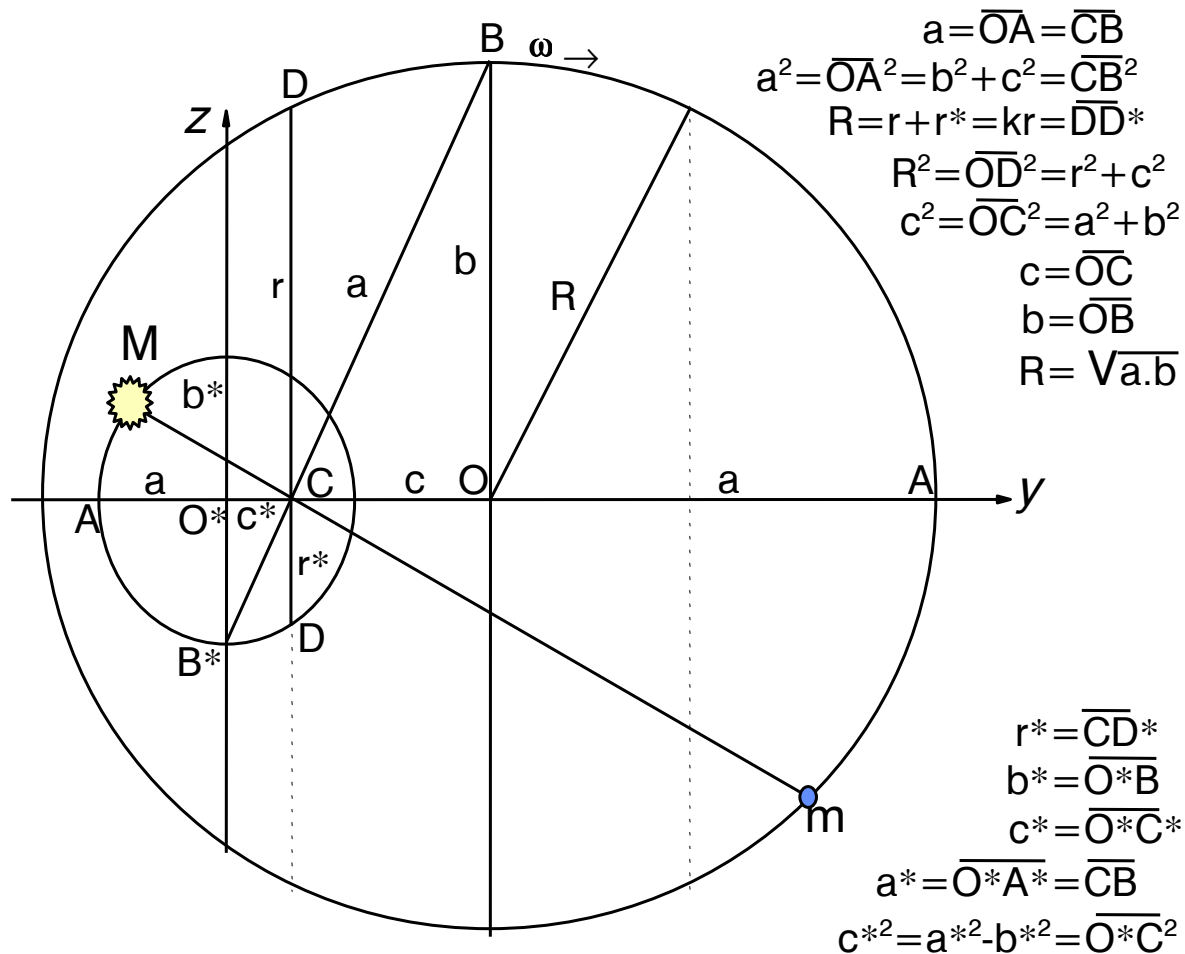
$$/15/ \quad \frac{\tau^2}{R} = \frac{4\pi^2}{g^*+g}$$

и след разделяне на константата R^2 се получава третия закон на Кеплер за конюгована двойка тела:

$$/16/ \quad cst = \frac{\tau^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{(g^*+g).R^2}$$

откъдето:

$$/17/ \quad (g^*+g) = \frac{4\pi^2.R}{\tau^2} = \frac{4\pi^2.cst}{R^2}$$



Фиг. 1 (за прегледност на изображението не е спазено точното съотношение на размерите, които обаче, са изразени посредством геометричните изрази в ляво и в дясно на нея. В действителност елипсите трудно биха се различавали от окръжности, което би довело до по-голяма неяснота)

C - център на въртене – общ фокус на конюгованите елипси, в който лежи и общият център на двете концентрични окръжности, при което за равни времена описваните площи от съответните окръжности и елипси са равни, съгласно законите на Кеплер;

m - маса на по-малкото космическо тяло-спътник;

m*- маса на по-голямото космическото тяло;

$R=kr=r+r^*$ ← средно разстояние (вж. по-долу) между двете тела, въртящи се около общия център на тежестта в точка С;

r^* - геометрично среден радиус на въртене на по-голямото космическо тяло;

r - геометрично среден радиус на въртене на спътника

$c=\overline{OC}$ - фокусно разстояние от центъра на голямата елипса О до фокуса С

$$/18/ \quad \omega^2 = 4\pi^2 \nu^2 = \frac{4\pi^2}{\tau^2} = \frac{g^*}{r} = \frac{g}{r^*} = \frac{g^*+g}{r^*+r} = \frac{g^*+g}{R}$$

ω - ъглова скорост на конюгованата двойка материални системи.

От втория основен закон на механиката /13/ следва силата на привличане между голямото космическо тяло и спътника,

$$\mathbf{G} = m g^* = m^* g,$$

а от равенство на моментите им $r^* m^* = r m$ (съгл. фиг. 1)

$$/19/ \quad \frac{m^*}{r} = \frac{m}{r^*} = \frac{m^*+m}{r^*+r} = \frac{m^*+m}{R}$$

Откъдето и скаларните отношения за конюгована двойка:

$$/20/ \quad \frac{g^*}{m^*} = \frac{g}{m} = \frac{g^*+g}{m^*+m} \quad \text{и съответно:} \quad \frac{g^*}{m^*} + \frac{g}{m} = 2 \cdot \frac{g^*+g}{m^*+m}$$

Тази сила \mathbf{G} се изразява посредством третия закон на Кеплер, по следния начин:

$$/21/ \quad \mathbf{G} = m g^* = m^* g = \frac{1}{2} (m g^* + m^* g) = \frac{1}{2} (m g^* \cdot \frac{m^*}{m^*} + m^* g \cdot \frac{m}{m}) = m^* m \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{g^*}{m^*} + \frac{g}{m} \right) =$$

$$= m^* m \cdot \frac{g^*+g}{m^*+m} = m^* m \cdot \frac{4\pi^2 R}{(m^*+m) \cdot \tau^2} = \frac{4\pi^2 \cdot cst}{m^*+m} \cdot \frac{m^* \cdot m}{R^2} = \gamma \cdot \frac{m^* \cdot m}{R^2}$$

Нютон получава **закона за всемирното привличане**, изразен като функция на масите m^* и m на двете тела и средното разстояние R между тях:

$$/22/ \quad \mathbf{G} = \gamma \frac{m^* \cdot m}{R^2}$$

Изразът представлява точно определения от Нютон закон за взаимната притегателна сила между две самостоятелно обособени космически тела или по-сложни космически материални системи: галактика и нейна спътница-галактика, по-голяма звезда и нейн спътник, двойни звезди, планета и нейн спътник и пр.

От /21/ се определя **гравитационната константа**:

$$/23/ \quad \gamma = \frac{4\pi^2 R^3}{(m^*+m) \cdot \tau^2} = \frac{4\pi^2 cst}{(m^*+m)} = \frac{4\pi^2 cst}{k \cdot m} = \mathbf{G} \frac{R^2}{(m^* \cdot m)}$$

както и връзката ѝ с константата cst от третия закон на Кеплер /6/, изразен като периодична функция на реверсионно махало /1/

$$/24/ \quad k = R/r = (r+r^*)/r^* = (m^*+m)/m = (g^*+g)/g$$

- коефициент, изразяващ конюговано съотношението на масите на двете тела спрямо масата на по-малкото $m < m^*$.

Изразът /23/ показва, че гравитационната константа $\gamma = \gamma G^0$ зависи от константата cst на Кеплер (която е универсален инвариантен вектор за периодичните функции на двойните материални системи) и от сумата на масите на двойната материална система.

Като се изчислят гравитационната константа γ , радиус-векторите r_1 и r_2 , и гравитационните ускорение g , може да се намерят за даден момент всички параметри* на визираното тяло спрямо наблюдателния пункт – отправната (базисна) координатна система).

Гравитационно ускорение с което по-голямото космическо тяло привлича по-малкото – спътника, когато образуват двойна материална система е:

$$/25/ \quad g^* = \gamma m^* / R^2 \quad \text{и}$$

$$/26/ \quad g = \gamma m / R^2$$

- съответно гравитационно ускорение на спътника, с което той привлича по-голямото тяло, напр. Земята е спътник на Слънцето, Луната е спътник на Земята, космическите станции са спътници на Земята и пр.), където R е разстоянието между по-голямото космическо тяло и спътника (Слънцето и Земята, Земята и Луната).

За всяка от планетите от Слънчевата система масата на Слънцето е повече от 10^5 пъти по-голяма от нейната, а голямата ос $a \approx |r|$, на описваната от нея елипса е почти окръжност, при което Нютон предлага формулата:

$$/25/ \quad 4\pi^2 a^3 / \tau^2 = \gamma(m^* + m) = \text{const}$$

която и до днес се използва в астрономията. Или в още по опростен вариант заради $m^* + m \approx m^*$

$$/26/ \quad 4\pi^2 a^3 / \tau^2 = \text{const} \approx \gamma m^*$$

*Съгласно Теорията на динамичните трансформации, резултатите от изводите на параметрите ще бъдат точни, само ако се вземат предвид и електродинамичните трансформации, което е сложно и трудно. А това става лесно, когато скоростите са незначителни по отношение на светлинната скорост (например скоростите на космическите тела от нашата галактика в сравнение с индукционната скоростта на светлината са нищожни), при което електродинамичните трансформации може да се пренебрегнат.

Поради крайната скорост на светлината, всяко отдалечаващо или приближаващо се тяло **ще изглежда**, че се движи толкова по-бавно или по-бързо, колкото съответно повече или по-малко време е необходимо светлинният му образ да се трансемисионира до наблюдателния пункт. Така, че променливите величини (параметри), функции на времето, както и параметрите (“константи”) на полевата среда, променящи се в зависимост от нейната плътност, се трансформират.

Например при отдалечаване **действителните** надлъжни скорости, пътища, ускорения, сили, мощности и пр. на наблюдаваните обекти **се възприемат** като по-малки (редуцирани), но действуват за **действителен интервал от времето**. При приближаване ефектите са обратни.

При това винаги се спазва **законът за запазване на енергията**.