

## **Исторические проблемы физики. Описание вращения (Historical problems of physics. Description of rotation)**

Сомсиков Александр Иванович (Aleksandr Ivanovich Somsikov)

Аннотация. Выявлено логическое противоречие описаний вращательного и колебательного движений. Предложено непротиворечивое их описание.

Приложен перевод статьи с русского языка на английский.

Abstract. A logical contradiction of descriptions of rotational and oscillatory movements was revealed. A consistent description there of is proposed.

Attached is the translation of the article from Russian into English.

### **Постановка вопроса**

Угловые колебания являются частью вращения по незамкнутой круговой траектории. С необходимостью они являются неравномерными и реверсивными.

При замыкании круговой траектории угловые колебания переходят во вращение. Оно не требует реверсивности и может быть равномерным.

Таким образом, оба вида движения в зависимости от покрываемой ими круговой траектории переходят друг в друга и могут рассматриваться (соотноситься между собой) как *целое* и *часть*.

Однако применяемые описания этих движений различаются на уровне разрыва логики.

Сопоставим эти физические описания.

### **Колебания маятника в вертикальной плоскости**

Ему дается следующее описание.

Отклонение маятника из вертикального положения на угол  $\alpha$  соответствует векторному разложению действующей на тело силы тяжести  $P$  на две составляющие:  $F_1 = P \cos \alpha$ , направленную вдоль связи, и  $F_2 = P \sin \alpha$ , направленную перпендикулярно связи.

Составляющая  $F_2$  возвращает маятник в положение равновесия, обеспечивая его угловые колебания. Эти колебания являются *реверсивным неравномерным вращением* маятника по части окружности.

Составляющая  $F_1$  уравнивается силой противодействия  $F'_1$  связи

$$F'_1 = -F_1 .$$

*Сумма сил, действующих на тело маятника вдоль связи, постоянно равна нулю.*

### **Горизонтальное вращение тела**

Здесь описание неожиданно радикально меняется.

Считается, что на *равномерно* вращающееся тело вдоль связи с центром вращения действует уже не две, как в первом случае, а всего одна сила. Она именуется *центростремительной* и направлена к центру вращения.

Во всех учебниках физики всегда дается изображение этой единственной, ничем не уравновешенной силы. Она, как считается, и вызывает само вращение, являющееся криволинейным и *равноускоренным*.

По действию она аналогична возвращающей силе  $F_2$  вертикального маятника, колеблющегося перпендикулярно связи.

Круговое вращение неожиданно оказывается одновременно *равномерным и равноускоренным*.

Еще раз сопоставим для полной ясности: *колебания вызваны силой, перпендикулярной связи, вращение – силой, направленной вдоль связи.*

Иначе говоря: *в колебательном движении сила действует по или против движения, а во вращательном – перпендикулярно движению.*

Каким это образом действующая сила может вызвать движение, перпендикулярное ее направлению, – такой вопрос даже не поднимается.

Также упоминается другая сила вращения – *центробежная*. Она возникает на основании третьего закона Ньютона, равна по величине и противоположна по направлению центростремительной силе.

При этом она считается приложенной уже не к телу, а только лишь к его связи.

Это утверждается в учебнике для физико-математических и физико-технических факультетов университетов. Что означает наивысшую возможную постановку вопроса.

### Используемые цитаты

Рассмотрим соответствующие цитаты. Вот описание вращательного движения:

*«При равномерном движении по кривой (скорость постоянна по величине, тангенциальная составляющая ускорения равна нулю) тангенциальная составляющая силы равна нулю, и вся сила есть сила центростремительная. Эта сила, действуя по нормали к траектории, заставляет тело непрерывно заворачивать, не изменяя его скорости по величине; если бы эта сила отсутствовала, то тело двигалось бы прямолинейно... По третьему закону Ньютона, наряду с центростремительной силой, приложенной к движущемуся по кривой телу, существует вторая сила, равная ей по величине, направленная в обратную сторону и приложенная к тому телу (к тем “связям”), которое заставляет движущееся тело заворачивать. Эта сила называется центробежной. Таким образом, центростремительная и центробежная силы – это те две силы, существование которых обусловлено третьим законом Ньютона; приложены они к разным телам. Например, в случае вращения камня, привязанного к веревке, центростремительная сила приложена к камню, а центробежная – к веревке; в случае трамвая, идущего по закруглению, центростремительная сила приложена к трамваю, а центробежная – к рельсам; в случае Луны,*

обращающейся вокруг Земли, центростремительная сила приложена к Луне, центробежная – к Земле» [ 1 ], с.с. 65 – 66.

Жирным курсивом выделены места, требующие комментария.

А вот другая цитата, описывающая колебательное движение:

*«Другим примером колебательного движения может служить движение плоского маятника (рис.240). Если нить маятника вертикальна, то сила тяжести  $P$ , приложенная к грузу маятника, уравновешивается натяжением нити. Однако, если маятник отклонить из положения равновесия на некоторый угол  $\varphi$ , то только часть силы тяжести  $P$  уравновесится реакцией нити, именно, составляющая силы тяжести  $P_n$ , параллельная нити. Составляющая  $P_t$ , перпендикулярная к нити, численно равная  $P\sin\varphi$  и направленная к положению равновесия маятника, остается неуравновешенной. Если угол  $\varphi$  мал, то синус можно заменить самим углом, тогда  $P_t$  приближенно равна  $P\varphi$ . Здесь смещение груза маятника из положения равновесия определяется углом  $\varphi$ . Сила, возвращающая груз маятника в положение равновесия, при малом угле  $\varphi$  пропорциональна углу  $\varphi$ .*

*Под влиянием этой силы маятник придет в колебательное движение около положения равновесия. В этом случае движение определяется не упругой силой, а составляющей силы тяжести  $P_t$ , которая направлена к положению равновесия и пропорциональна (при малых углах  $\varphi$ ) отклонению маятника из положения равновесия. Таким образом, эта сила по своему характеру аналогична упругой силе.*

*Колебания, вызываемые этой силой, при малых углах  $\varphi$  совпадают по характеру движения с колебаниями, вызываемыми упругой силой.*

*Силы, не упругие по своей природе, но аналогичные им по виду зависимости от смещения, называются квазиупругими.*

*Приведенные примеры показывают, что действие упругой или квазиупругой силы вызывают колебательное движение» (там же, с. 373, 374).*

Конечно, учебники в обычном понимании не читают. Их просто заучивают. Принимая на веру то, что после считается уже знанием.

Еще цитата:

*«Необходимо, однако, отметить, что ядерная модель атома не согласуется с требованиями классической электродинамики. Дело в том, что электрон, вращающийся вокруг ядра, испытывает ускорение, а следовательно (ссылка), он должен излучать электромагнитные волны и вследствие этого терять энергию. В результате его движение будет неустойчивым, и он должен упасть на ядро. Так как в действительности атомы являются весьма устойчивыми образованиями, то **отсюда следует, что для внутриатомных процессов неприменимы** законы классической электродинамики, установленные на основании наблюдений макроскопических процессов» [ 2 ], с. 534.*

Другая цитата:

*«Предположение, что атом может находиться в ряде устойчивых (стационарных) состояний, характеризуемых определенными значениями энергии  $W_i$ , как мы видели, подтверждается прямыми опытами. Вместе с тем, **такие состояния невозможны с точки зрения классической электродинамики...** Находясь в одном из стационарных состояний движения, электрон, **вопреки требованиям классической электродинамики**, не излучает... Оправданием этих гипотез служит то, что они приводят к численным значениям частот  $\nu_{ik}$ , в точности совпадающим с их значениями, найденными из опыта» (там же, с. 550).*

Возможно, кто-то из физиков имеет понимание, отличное от процитированного. Но остается фактом, что это изложение не вызвало возражений или каких либо уточняющих вопросов. Пример, наглядно демонстрирующий наличие логической проблемы.

Итак, в существующем описании дается следующее понимание:

1. При *равномерном* движении по окружности, на тело действует *центростремительная сила, направленная к центру окружности*. Под действием этой силы тело движется *равноускоренно* по круговой траектории.
2. На связь тела, обеспечивающую его вращение, *действует центробежная сила, направленная от центра окружности*.
3. По третьему закону Ньютона эти силы равны по величине и противоположны по направлению.
4. Они считаются *приложенными к разным телам*.
5. К вращающемуся телу приложена только центростремительная сила, действующая со стороны связи, к связи – только центробежная сила, действующая со стороны тела, но *не приложенная* к нему.

При этом, хотя колебательное движение и является частью вращательного, в его описании отсутствует упоминание обеих сил, образующих вращение, – центростремительной и центробежной. Это можно было бы отнести всего лишь к адаптации изложения, но все же это скорее свидетельство неполноты понимания.

Что и не удивительно, поскольку оба применяемых описания даны чуть ли не во времена Галилея, еще в самом начале становления физики. Его неполнота, естественная для своего времени, ныне выглядит неприемлемой.

### **Предлагаемое описание**

Здесь предлагается следующее понимание:

1. При вращении тела возникает *центробежная сила, направленная от оси вращения*. Ее наличие легко устанавливается экспериментально, помещением между телом и связью пружинного динамометра. В точности так же, как действие силы тяжести на тело маятника. По действию на тело она полностью аналогична составляющей силы тяжести, направленной вдоль связи маятника.

2. Центробежная сила уравнивается *центростремительной силой*, образуемой связью.

3. Обе действующие на тело силы равны по величине и противоположны по направлению.

4. Сумма сил, действующих на вращающееся тело вдоль связи, *постоянно равна нулю*.

3. Тело движется равномерно, т.е. *без ускорения* по круговой траектории.

Чем полностью объясняется “загадка” устойчивости атома, считающаяся не разрешимой. Для круговой траектории это *инерционное галилеевское* движение [3].

Что аналогично сумме сил, действующих на тело маятника вдоль связи. Здесь нет более никакого разрыва логики. Тело не имеет никакого перемещения вдоль связи и перемещается только лишь в перпендикулярном ей направлении.

При *равномерном* вращении тела сила, действующая перпендикулярно связи, тоже равна нулю. В этом и только в этом заключается отличие *равномерного* вращения и колебательного движения. Последнее является не равномерным, т.к. оно происходит *под действием силы*, направленной вдоль движения. Оно также не является равноускоренным, т.к. эта сила *не постоянна* по направлению и величине.

Таково уточнение, относящееся к вращательному движению.

Что же до угловых колебаний маятника, то оно по-прежнему происходит под действием упругой силы  $F_2 = P \sin \alpha$ , направленной перпендикулярно связи. Однако вдоль связи действуют уже не одна сила  $F_1$  – проекция силы тяжести  $P$  на направление связи ( $F_1 = P \cos \alpha$ ), а сумма сил  $F_1 + F_3$ , направленная от оси угловых поворотов, где  $F_3$  – центробежная сила, определяемая по формуле  $F_3 = \frac{mV^2}{R}$ , где  $R$  – радиус колебаний, определяемый длиной связи.

Эти силы, действующие на тело маятника, уравновешены реакцией связи:

$$F_1 + F_3 = -(F'_1 + F'_3) ,$$

вследствие чего сумма сил, направленная вдоль связи, постоянно равна нулю.

Таково уточнение, относящееся к описанию угловых колебаний маятника.

### Вращательно-колебательное движение

Кроме кругового движения существует замкнутое движение по эллиптической траектории. Оно образуется двумя независимыми движениями – равномерным вращением по окружности с радиусом  $R$ , равным малой полуоси эллипса, и линейными гармоническими колебаниями относительно этой окружности вдоль большой оси эллипса.

Математически равномерное вращение по окружности представимо как сумма двух линейных гармонических колебаний, с разностью фаз  $\frac{\pi}{2}$ :

$$x = R \sin \alpha ,$$

$$y = R \cos \alpha ,$$

где  $x, y$  – декартовские координаты вращательного движения с центром вращения в начале координат,

$R$  – амплитуда колебательного движения, равная радиусу вращения,

$\omega$  – угловая скорость вращения, равная  $\frac{V}{R}$ ,  $V$  – скорость кругового движения.

Оба гармонических колебания совершают колебательный энергообмен. Однако их сумма дает все время энергию, остающуюся постоянной величиной.

Поэтому равномерное вращение физически является *инерционным*, не сопровождаемым внешним энергообменом.

Движение по эллиптической траектории выражается формулами:

$$x = (R + \Delta R) \sin \omega t = R \sin \omega t + \Delta R \sin \omega t ,$$

$$y = R \cos \omega t ,$$

где  $\Delta R$  – разность большой и малой полуосей эллипса.

Оно является вращательно-колебательным, образуемым двумя движениями. Равномерным инерционным вращением по круговой траектории с радиусом  $R$ , равным малой полуоси эллипса. И линейными гармоническими



колебаниями с амплитудой  $\Delta R$  относительно круговой траектории вдоль большой оси эллипса.

Это колебательное движение является неравномерным и реверсивным. С силой и ускорением, переменными по величине и реверсивными по направлению. С внутренним колебательным энергообменом и переходом потенциальной энергии в кинетическую и обратно.

### **Литература**

1. Фриш С.Э. и Тиморева А.В. «Курс общей физики», том I, Госуд. изд. технико-теоретич. лит-ры, М., 1955, с.с. 65 – 66, 373 – 374.
2. Фриш С.Э. и Тиморева А.В. «Курс общей физики», том III, Госуд. изд. технико-теоретич. лит-ры, 1951, с. 534, 550.
3. Сомсиков А.И. «Закон инерции» <https://vixra.org/pdf/1808.0611v1.pdf>.

## **Исторические проблемы физики. Описание вращения (Historical problems of physics. Description of rotation)**

Сомсиков Александр Иванович (Aleksandr Ivanovich Somsikov)

Аннотация. Выявлено логическое противоречие описаний вращательного и колебательного движений. Предложено непротиворечивое их описание.

Приложен перевод статьи с русского языка на английский.

Abstract. A logical contradiction of descriptions of rotational and oscillatory movements was revealed. A consistent description there of is proposed.

Attached is the translation of the article from Russian into English.

### **Statement of a question**

Torsional vibrations are part of the rotation in an unclosed circular path. They are necessarily non-uniform and reversible.

When a circular trajectory is closed, the torsional vibrations turn into rotation. It does not require reversibility and can be proportional.

So, both motion types, depending on the circular trajectory they cover, turn into each other and can be considered (related to each other) as a whole and part.

However, the applied descriptions of these motions differ at the level of logic rupture. Let's compare these physical descriptions.

### **Pendulum oscillations in the vertical plane**

It has the following description.

The deviation of the pendulum from the vertical position by the angle  $\alpha$  corresponds to the vector decomposition of the gravity  $P$  acting on the body into two components:  $F_1 = P \cos \alpha$ , directed along the coupling, and  $F_2 = P \sin \alpha$ , directed perpendicularly to the coupling.

Component  $F_2$  returns the pendulum to the state of equilibrium, providing its torsional vibrations. These vibrations are a *reversible, non-uniform rotation* of the pendulum around the circle part.

Component  $F_1$  is balanced by the opposing force of  $F'_1$  of coupling  $F'_1 = -F_1$ . *The sum of forces acting on the pendulum along the coupling is constantly equal to zero.*

### **Horizontal rotation of the body**

Here the description suddenly changes radically.

It is believed that the body, which rotates *uniformly* along the coupling with the centre of rotation, is no longer affected by two, as in the first case, but by only one force. It is called *centripetal force* and is directed to the centre of rotation.

All physics textbooks always give an image of this single, unbalanced force. It is believed to cause the rotation itself, which is curvilinear and *has constant acceleration*.

It is similar in effect to the returning force  $F_2$  of the vertical pendulum, which oscillates perpendicularly to the coupling.

The circular rotation suddenly appears to be both *uniform* and *having constant acceleration*.

Let's compare again for clarity: *the oscillations are caused by force, perpendicular to the coupling, and rotation is caused by force directed along the coupling.*

In other words: *the force is in or against the oscillatory motion, and it is perpendicular to the rotational motion.*

How this acting *force can cause motion perpendicular to its direction?* That question doesn't even come up.

Another force of rotation, *centrifugal force*, is also mentioned. It arises *based on Newton's Third Law*, is equal in size and opposite in direction of centripetal force.

It is considered that it is no longer attached to the body, but only to *its coupling*.

This is stated in the textbook for university faculties of Physics and Mathematics and of Physics and Technology. Which means the highest possible level of questioning.

### Quotes used

Let's look at the relevant quotes. Here is a description of the rotational motion:

*"If the motion along the curve is uniform (the speed value is constant, the tangential acceleration is zero), the tangential force is zero, and **the whole force is centripetal force. This force, acting along the normal to the path, forces the body to turn continuously, without changing its speed value**; if there was no such force, the body would move rectilinearly... According to the Newton's Third Law, in addition to the centripetal force applied to the body moving along the curve, **there is a second force equal to its size, directed in the opposite direction and applied to the body (to those "couplings")**, which makes the moving body turn. This force is called **centrifugal force. So, the existence of centripetal and centrifugal forces is conditioned by Newton's Third Law; they are applied to different bodies.** For example, if a stone tied to a rope rotates, the centripetal force is applied to the stone, and the centrifugal force is applied to the rope; if the tram is moving along a rounded path, the centripetal force is applied to the tram, and the centrifugal force is applied to the rails; if the moon revolves around the Earth, centripetal force is applied to the moon, centrifugal force is applied to the Earth" [1], p. 65-66.*

Places requiring comment are shown in bold italics.

Here is another quote describing the oscillatory motion:

*"Another example of oscillatory motion is the motion of a flat pendulum (Fig. 240). If the pendulum rod is vertical, **the gravity  $P$  applied to the weight of the pendulum is balanced by the tension of the rod.** However, if the pendulum is deviated from the state of equilibrium by some angle  $\varphi$ , only a part of the gravity  $P$  will be balanced by the reaction of the rod, namely, the gravity component  $P_n$ , parallel to the rod. The component  $P_\tau$  perpendicular to the rod, which is numerically equal to  $P\sin\varphi$  and is directed to the state of equilibrium of the pendulum, remains unbalanced. If the angle  $\varphi$  is small, the sine can be replaced by the angle itself, then*

$P\tau$  is approximately equal to  $P\varphi$ . Here, the shift of the pendulum weight from the state of equilibrium is determined by the angle  $\varphi$ . The force returning the pendulum weight to the state of equilibrium is proportional to the angle  $\varphi$ , if the angle  $\varphi$  is small.

Under this force, the pendulum will oscillate near the state of equilibrium. In this case, the motion is not determined by the elastic force, but by the component of gravity  $P\tau$ , which is directed to the state of equilibrium and is proportional (if the angle  $\varphi$  is small) to the deviation of the pendulum from the state of equilibrium. So, the nature of this force is like that of elastic force. The nature of oscillations caused by this force (if the angle  $\varphi$  is small) coincides with the nature of oscillations caused by the elastic force.

Forces that are not elastic in nature, but are similar in their type of shift dependence, are called quasi-elastic.

These examples show that the action of elastic or quasi-elastic force causes oscillatory motion" (same, p. 373, 374).

Of course, textbooks in the usual sense are not read, they are simply memorized, taking on faith what is considered to be knowledge afterwards.

Another quote:

"However, it should be noted that the nuclear model does not conform to the requirements of classical electrodynamics. The fact is that the electron rotating around the nucleus **experiences acceleration and therefore** (reference) must emit electromagnetic waves and lose its energy. As a result, its motion will be unstable, and it must fall to the core. Since real atoms are very stable formations, **it follows that the laws of classical electrodynamics, established on the basis of observations of macroscopic processes, are inapplicable to intraatomic processes**" [2], p. 534.

Another quote:

"The assumption that the atom may be in a number of stable (stationary) states characterized by certain energy sizes  $W_i$ , as we have seen, is confirmed by direct experiments. At the same time, **such states are impossible from the point of view of classical electrodynamics**... Being in one of the stationary states of motion, the

*electron does not emit, contrary to the requirements of classical electrodynamics ... The justification of these hypotheses is that they lead to numerical values of frequencies  $\nu_{ik}$  that exactly coincide with their values found from the experience"* (same, p. 550).

Some physicists may have a different understanding from that quoted. But the fact remains that this statement did not raise any objections or any clarifying questions. An example that clearly demonstrates the logical problem.

So, the existing description provides the following understanding:

1. When the body moves *uniformly* around the circle, a *centripetal* force directed to the centre of the circle acts on it. This force causes the body to move along a circular path *with constant acceleration*.

2. A *centrifugal* force directed from the centre of the circle acts on the coupling of the body to provide its rotation.

3. According to Newton's Third Law, these forces are equal in size and opposite in direction.

4. They are considered to *be applied to different bodies*.

5. Only the centripetal force acting from the coupling side is applied to the rotating body, and only the centrifugal force acting from the body side is applied to the coupling, *but not to the body*.

Although the oscillatory motion is part of the rotational motion, its description has no mention of centripetal and centrifugal forces forming the rotation. This could only be attributed to the adaptation of the narrative, but still it is rather an indication of the incompleteness of understanding.

That is not surprising, as both applied descriptions are given almost in times of Galilei, at the very beginning of formation of physics. Its incompleteness, which is natural for its time, now seems unacceptable.

### **Proposed description**

The following understanding is proposed:

1. The body rotation generates *centrifugal* force directed from the rotation axis.

It is easily established experimentally by placing it between the body and the spring

dynamometer coupling. Exactly like the effect of gravity on the pendulum body. Its effect on the body is completely similar to that of gravity along the pendulum coupling.

2. The centrifugal force is balanced by *the centripetal force* generated by the coupling.

3. Both body forces are equal in size and opposite in direction.

4. The sum of the forces acting on the rotating body along the coupling is *always zero*.

5. The body moves uniformly, i.e. *without acceleration* along a circular path, which fully explains the "mystery" of the atom stability, which is considered insoluble. In case of a circular path, it is an *inertial Galilean motion* [3].

This is like the sum of forces acting on the pendulum body along the coupling. There is no more logic rupture here. The body has no motion along the coupling and moves only perpendicular to it.

When the body rotates *uniformly*, the force acting perpendicularly to the coupling is also zero. This and only this is the difference between *uniform* rotation and oscillatory motion. The latter is not uniform, because it occurs *under the action of force* directed along the motion. It does not also have constant acceleration because this force *is not constant* in direction and size.

This is the clarification relating to rotational motion.

As for the torsional vibrations of the pendulum, it still occurs under the influence of the elastic force  $F_2 = P \sin \alpha$  directed perpendicularly to the coupling.

However, there is more than one force  $F_1$ , projection of gravity  $P$  on the coupling direction ( $F_1 = P \cos \alpha$ ), acting along the coupling, but the sum of forces  $F_1 + F_3$ , directed from the axis of angular rotation, where  $F_3$  is the centrifugal force determined by the formula  $F_3 = \frac{mV^2}{R}$ , where  $R$  is oscillation radius determined by the length of the coupling. These forces acting on the pendulum body are balanced by the coupling reaction:  $F_1 + F_3 = - (F'_1 + F'_3)$ , so that the sum of forces directed along the coupling is always zero.

This is the clarification relating to the description of the torsional vibrations of the pendulum.

### **Rotational–vibrational motion**

In addition to the circular motion, there is a closed motion along the elliptical path. It is formed by independent uniform rotation on a circle with radius  $R$ , equal to a semi-minor axis of an ellipse, and linear harmonic motions concerning this circle along the major axis of an ellipse.

Mathematically uniform rotation along the circle is represented as a sum of two linear harmonic motions with a phase difference  $\pi$ :

$$x = R \sin \alpha,$$

$$y = R \cos \alpha,$$

where  $x$  and  $y$  are Cartesian coordinates of rotational motion with the center of rotation at the origin of coordinates,

$R$  is amplitude of oscillatory motion equal to the radius of rotation,

$\omega$  is angular rotation speed equal to  $\frac{V}{R}$ ,

$V$  is circular motion speed.

Both harmonic motions exchange vibrational energy, but their sum gives all the time the energy remaining constant.

Therefore, uniform rotation is physically inertial, not accompanied by energy exchange.

The movement along the elliptical path is expressed by formulas:

$$x = (R + \Delta R) \sin \omega t = R \sin \omega t + \Delta R \sin \omega t,$$

$$y = R \cos \omega t ,$$

where  $\Delta R$  is the difference between the semi-major and semi-minor axes of an ellipse.

It is rotational–vibrational motion formed by two motions: uniform inertial rotation along a circular path with a radius  $R$  equal to the semi-minor axis of the ellipse and linear harmonic motions with amplitude  $\Delta R$  relative to the circular path along the major axis of the ellipse.



This oscillatory motion is non-uniform and reversible, has force and acceleration varying in size and reversible in direction and has internal vibrational energy exchange and transition of potential energy to kinetic energy and back.

**References:**

1. Frisch S.E. and Timoreva A.V., Course of General Physics, Volume I, State Publishing House of Technical Theoretical Literature, Moscow, 1955, p. 65-66, 373-374.
2. Frisch S.E. and Timoreva A.V., Course of General Physics, Volume III, State Publishing House of Technical Theoretical Literature, 1951, p. 534, 550.
3. Somsikov A.I., Law of inertia <http://viXra.org/pdf/1909.0394v1.pdf>.