ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Лингвистика и иностранные языки»

Учебное пособие

«Сельскохозяйственные машины и кинематика твёрдого тела»
по дисциплине

«Машиностроение»

Авторы
Хвостовицкая Т. Т.,
Жаров В. П.

Ростов-на-Дону, 2020

Аннотация

Учебное пособие предназначено для студентов очной формы обучения направления 19.02.06 «Сельскохозяйственные машины и оборудование».

Авторы

ст. преподаватель кафедры «Лингвистика и иностранные языки»
Хвостовицкая Т.Т.,
д.т.н., профессор
Жаров В.П.

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее пособие “Some Kinematic Properties of a rigid body” имеет своей целью развить навыки чтения литературы по теоретической механике и кинематике в частности, рассматривающей движение тел с геометрической стороны, не обращая внимания на причины, производящие движение, т.е. силы. Студенты на английском языке познакомятся со свойствами абсолютно твёрдого тела, понятием материальной точки, как теле, имеющем бесконечно малую массу, с движением каждой отдельной точки тела, совокупность которых вполне определяет движение тела, скоростью и ускорением твёрдого тела при поступательном движении, при вращении относительно неподвижной оси, и т.д… Пособие состоит из 8 уроков. Каждый урок начинается с текста и имеет семь упражнений, направленных на усвоение лексики и активизации навыков устной речи. В каждой главе имеется рубрика “Это надо знать”, которая является средоточием важнейших понятий из теоретической механики.

Пособие предназначено для студентов старших курсов, уже имеющих базовые знания английского языка.

AGRICULTURAL MACHINERY

Agricultural machinery is machinery used in the operation of an agricultural area or farm. The Industrial RevolutionWith the coming of the Industrial Revolution and the development of more complicated machines, farming methods took a great leap forward. Instead of harvesting grain by hand with a sharp blade, wheeled machines cut a continuous swath. Instead of threshing the grain by beating it with sticks, threshing machines separated the seeds from the heads and stalks. Steam powerPower for agricultural machinery was originally supplied by horses or other domesticated animals. With the invention of steam power came the portable engine, and later the traction engine, a multipurpose, mobile energy source that was the ground-crawling cousin to the steam locomotive. Agricultural steam engines took over the heavy pulling work of horses, and were also equipped with a pulley that could power stationary machines via the use of a long belt. The steam-powered machines were low-powered by today's standards but, because of their size and their low gear ratios, they could provide a large drawbar pull. Their slow speed led farmers to comment that tractors had two speeds: "slow, :mil darn slow." Internal combustion enginesThe internal combustion engit , first the petrol engine, and later diesel engines; became the main source of power for the next generation of tractors. These engines also contributed to the development of the self-propelled, combined harvester and thresher, or combine harvester (also shortened to 'combine'). Instead of cutting the grain stalks and transporting them to a stationary threshing machine, these combines cut, threshed, and separated the grain while moving continuously through the field. Types A 1963 Ford 600 farm truckCombines might have taken the harvesting job away from tractors, but tractors still do the majority of work on a modem farm. They are used to pull implements—machines that till the ground, plant seed, and perform other tasks. Tillage implements prepare the soil for planting by loosening the soil and killing weeds or competing plants. The best-known is the plow, the ancient implement that was upgraded in 1838 by John Deere. Plows are now used less frequently in the U.S. than formerly, with offset disks used instead to turn over the soil, and chisels used to gain the depth needed to retain moisture. The most common type of seeder is called a planter, and spaces seeds out equally in long rows, which are usually two to three feet apart. Some crops are planted by drills, which put out much more seed in rows less than a foot apart, blanketing the field with crops. Transplanters automate the task of transplanting seedlings to the field. With the widespread use of plastic mulch, plastic mulch layers, transplanters, and seeders lay down long rows of plastic, and plant through them automatically. After planting, other implements can be used to cultivate weeds from between rows, or to spread fertilizer and pesticides. Hay balers can be used to tightly package grass or alfalfa into a storable form for the winter months. Modern irrigation relies on machinery. Engines, pumps and other specialized gear provide water quickly and in high volumes to large areas of land. Similar types of equipment can be used to deliver fertilizers and pesticides. Besides the tractor, other vehicles have been adapted for use in farming, including trucks, airplanes, and helicopters, such as for transporting crops and making equipment mobile, to aerial spraying and livestock herd management. New technology and the future Though modern harvesters and planters will do a better job than their predecessors, the combine of today still cuts, threshes, and separates grain in essentially the same way it has always been done. However, technology is changing the wily that humans operate the machines, as computer monitoring systems, GPS locators, and self-steer programs allow the iuiv advanced tractors and implements to be more precise and ley, wasteful in the use of fuel, seed, or fertilizer. In the foreseeable future, some agricultural machines will be capable of driving themselves, using GPS maps and electronic sensors to become agricultural robots. Even more esoteric are the new areas of nanotechnology and genetic engineering, where submicroscopic devices and biological processes may be used as machines to perform agricultural tasks. Mechanics Mechanics (Greek) is the branch of physics concerned with the behavior of physical bodies when subjected to forces or displacements, and the subsequent effects of the bodies on their environment. The discipline has its roots in several ancient civilizations (see History of classical mechanics and Timeline of classical mechanics). During the early modern period, scientists such as Galileo, Kepler, and especially Newton, laid the foundation for what is now known as classical mechanics. Kinematics (from Greek , kinein, to move) is the branch of classical mechanics that describes the motion of bodies (objects) and systems (groups of objects) without consideration of the forces that cause the motion. Kinematics is not to be confused with another branch of classical mechanics: analytical dynamics (the study of the relationship between the motion of objects and its causes), sometimes subdivided into kinetics (the study of the relation between external forces and motion) and statics (the study of the relations in a system at equilibrium). Kinematics also differs from dynamics as used in modern-day physics to describe time-evolution of a system. The term kinematics is less common today than in the past, but still has a role in physics.[5] (See analytical dynamics for more detail on usage). The term kinematics also finds use in biomechanics and animal locomotion. The simplest application of kinematics is for particle motion, translational or rotational. The next level of complexity comes from the introduction of rigid bodies, which are collections of particles having time invariant distances between themselves. Rigid bodies might undergo translation and rotation or a combination of both. A more complicated case is the kinematics of a system of rigid bodies, which may be linked together by mechanical joints. Kinematics can be used to find the possible range of motion for a given mechanism, or, working in reverse, can be used to design a mechanism that has a desired range of motion. The movement of a crane and the oscillations of a piston in an engine are both simple kinematic systems. The crane is a type of open kinematic chain, while the piston is part of a closed four-bar linkage.

LESSON 1

Text

The Ways of Determining the Motion of a Rigid Body.

In order to determine the motion of a rigid body it is necessary to know the number of degrees of its freedom, that is the minimum number of independent scalar variables, in total unequivocally determining the position of a material body in space.

The position of a rigid body in space is considered to be determined, if the position of its three points, not located on one straight line, is known. (table 1)

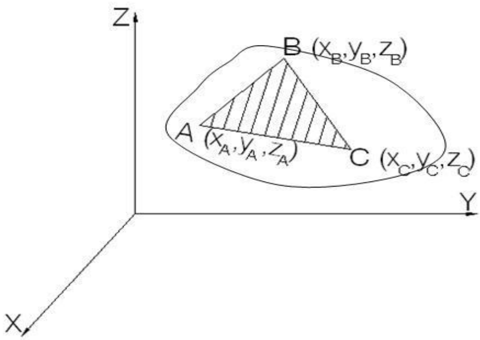


Table1

$$(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2 + (z_a - z_b)^2 = l_{ab}{}^2$$

$$(x_a - x_c)^2 + (y_a - y_c)^2 + (z_a - z_c)^2 = l_{ac}^2$$
$$(x_c - x_b)^2 + (y_c - y_b)^2 + (z_c - z_b)^2 = l_{bc}^2$$

The position of the three points is determined by nine parameters co-ordinates, which are not independent, however, because the co-ordinates of the three points of a rigid body are bound as minimum by three equations, determining the conditions of invariability of distances between the points in a rigid body. Here they are:

where l_{ab}, l_{ac}, l_{cb} - are the distances between corresponding points of a rigid body.

5

The number of independent co-ordinates "n" unequivocally determining the position of a rigid body in space with "m" holonomic (geometrical) bonds is determined by the dependence of n = 3N – m , where N is the number of points unequivocally determining the position of a rigid body in space, and n = 3×3 – 3 = 6.

Thus, it is possible to take any six independent co-ordinates points A,B,C or other independent scalar variables determining unequivocally the position in space of a triangle ABC bound with a body, in the capacity of independent co-ordinates unequivocally determining the position of a rigid body in space.

Exercise1

Найти соответствия:

• homonymic	расстояние
• in total	неизменность
• in the capacity of	уравнение
• invariability	степень

- a distance условие
- a motion голономный
- scalar положение

10

- freedom то есть
- to bind скалярный
- unequivocally движение
- 6
- position в качестве
- an equation связывать
- a condition в совокупности
- a degree однозначно
- that is свобода

Exercise 2

Дайте русские эквиваленты английским словосочетаниям:
In order to; a rigid body; the number of degrees; that is; unequivocally; of the free points; by nine parameters co-ordinates; as minimum; determining the conditions; between the point; between corresponding points; of independent co-ordinates; determining the position; in space; holonomic (geometrical) bonds; by the dependence; unequivocally determining the position; any six independent co-ordinates points; unequivocally determining; in space; the position of a rigid body; is determined; of its three points; a straight line.

Exercise 3

Дайте английские эквиваленты русским словосочетаниям:
Для задания движения; необходимо установить; его свободы; независимых скалярных переменных; определяющих положение; в

пространстве; положение; если известно; не лежащих; определяются; однако;

11

координатами трёх точек; будучи связаны; тремя уравнениями; неизменности расстояний; в твёрдом теле; расстояния между; число; однозначно; твёрдого тела; при m связях; определяется; N-число точек; в пространстве;

n = 3×3 – 3 = 6; в качестве независимых координат; можно взять; или других независимых скалярных переменных треугольника ABC.

Exercise 4

Дайте ответы на следующие вопросы:

1. What do you understand under the term "a degree of freedom"?
2. What must one do to give the motion to a rigid body?
3. What do independent scalar variables determine?
4. When is the position of a rigid body in space determined?
5. What can you determine if you know the position of three points of a rigid body? What is the condition?
6. Why is the position of three points determined by nine parameters?
7. Why are co-ordinates independent?

9

8. What conditions do the equations bound with the co-ordinates of the three points of a rigid body determine?
9. Do the distances between the points in a rigid body vary?
10. What does the formula of dependence n=3 and N-m determine?
11. What does "N" mean?

12

12. What does "n" mean?
13. What can one take in the capacity of independent co-ordinates unequivocally determining the position of a rigid body in space?
14. What determines the position in space of a traingle ABC bound with the rigid body?

Exercise 5

Найдите пары синонимов и составьте со словами из правого столбца предложения:

unequivocally	constancy
in total	to decide
a material body	a body of matle
to be situated	to start
10	
to define	in the aggregate
to execute a motion	to give a motion
invariability	unambiguously
thus	a body of matter
straight	a movement
a motion	direct
to give	to be located
to consider	to determine

Exercise 6

Переведите предложения на английский язык:

- Простейшими фигурами в пространстве являются **точки, прямые и плоскости.**

- Геометрическое **тело** есть часть **пространства**, отделённая от остальной части пространства **поверхностью** этого тела.

- Граница шара есть **сфера**.

- **Плоскость** – простейшая фигура. Плоскость как геометрическую фигуру следует представлять себе продолженной бесконечно во все стороны.

- Через любые три **точки**, не лежащие на одной **прямой**, проходит плоскость, и притом только одна.

- Изображением пространственной фигуры служит её **проекция** на ту или иную плоскость.

- Если прямая и плоскость имеют только одну общую точку, то они **пересекаются**.

- Два **вектора** называются **перпендикулярными**, если угол между ними равен 90°.

- **Скалярное** произведение ненулевых **векторов** равно нулю тогда, когда эти векторы **перпендикулярны**.

- Для вычисления **углов** между прямыми и плоскостями надо использовать скалярное произведение векторов.

Это надо знать

• Равномерным движением точки называется такое движение, при котором отношение пройденного пути к соответствующему промежутку времени остается постоянным для любого промежутка времени.

• Скорость равномерного движения численно равна тангенсу угла между осью времени и прямолинейным графиком этого движения.

• Криволинейное движение точки может быть определенно следующими двумя способами: 1) известна траектория точки и закон движения её поэтой траектории; 2) известны уравнения движения точки декартовых координатах.

• Скорость движущейся точки равна (по модулю и направлению) векторной производной от радиуса-вектора этой точки по времени.

• Ускорение точки в криволинейном движении выражается векторной производной от скорости времени.

• Проекции скорости на координатные оси равны первым производным от соответствующих координат движущейся точки по времени.

Exercise 7

Задание: а) Сделайте письменный перевод текста «Это надо знать» на английский язык; в) обсудите его с партнёром.

LESSON 2

Text

Velocities and Acceleration of a Rigid Body

It is a common knowledge that this type of motion is considered to be the simpliest one. In most textbooks on fundamental mechanics a translational motion is formulated as the motion in which any straight line, drawn in a body, remains parallel with its original position at all the time of body's motion. However it is a wrong definition.

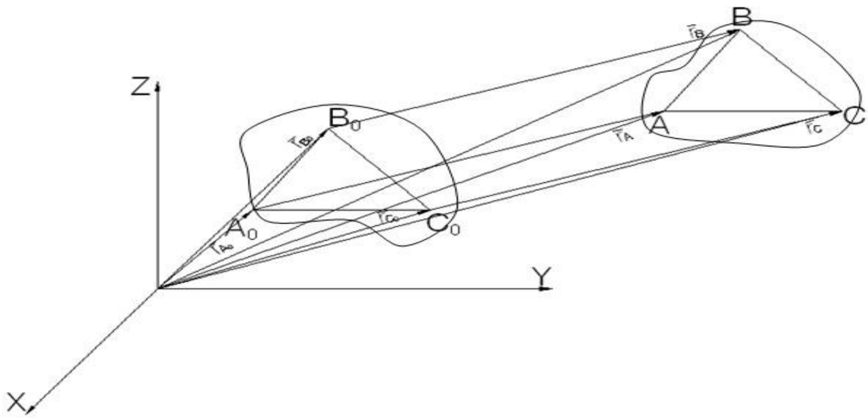
According to previously considered ways of determining the motion a rigid body, a translational motion is determined by the motion of three points not lying on

14

the same straight line, that is by a triangle bound with a rigid body.

In this connection a translational motion of a rigid body is such a motion wherein the sides of a triangle bound fast with a rigid body remain parallel to its original position at all the time of the motion. Figure 1 shows the initial position of a rigid body and one of the interstitial positions.

The initial position of a rigid body is determined by triangle while an interstitial position is determined by triangle ABC. Table2



In conformity with the definition of a translational motion of a rigid body A0B0 is parallel to AB, and B0C0 is parallel to BC, and A0C0 is parallel to AC.

Let us form vector equations for three points showing the position of a rigid body in space with a translational motion.

They are:

$$\bar r_a = \bar r_c + \overline{CB}\ ;\ \bar r_b = \bar r_c + \overline{CB}$$

In accordance with the definition of a translational motion $\overline{CA}$ is a constant and $\overline{CB}$ is a constant. Differentiating the left and the right parts of these equations and considering that $\frac{d\overline{CA}}{dt}=0$, $\frac{d\overline{CB}}{dt}=0$ we shall have $\frac{d\bar r_a}{dt} = \frac{d\bar r_c}{dt};\ \frac{d\bar r_b}{dt} = \frac{d\bar r_c}{dt}$ or.

Differentiating the obtained speeds we shall have

$$\frac{dv_a}{dt} = \frac{d\bar v_b}{dt} = \frac{d\bar v_c}{dt} \text{ or } \bar a_a = \bar a_b = \bar a_c.$$

Thus for a rigid body to execute a translational motion it is necessary and enough that both velocities and accelerations of its three points not lying on the same straight line, should have the same velocities and accelerations at any moment of time. As the obtained results hold true for any three points, it is evident that all the points of a rigid body executing a translational motion have the same velocities and the same accelerations at any time moment.

If it is known a priori, that a rigid body is executing a translational motion it is quite enough to determine the motion to only one (any) point of the body and find its velocity and acceleration that will be the same for all the points of this rigid body at this moment. In conformity with the above statement the determining of a translational motion in the form of a straight line passing through any two points of a body and parallel to its own zero position is a necessary condition, but an insufficient one, because this body can rotate about this line.

The peculiarity of this simpliest type of motion is that rotary motions are ruled out to provide the parallelism of the sides of a triangle. As a result any rigid body in space has three degrees of freedom, that is three translational motions along three coordinate axies.

If a translational motion takes place in ''one" coordinate plane, then the number of the degrees of freedom as a rule equals to ''two", and when one motion is limited, the number of degrees of freedom equals to "one".

Exercise 1

Найти соответствия:

• velocity	именно
• acceleration	определение
• with	способ
• fundamental	в соответствии
• most	треугольник
• according to	первоначальный
• to consider	ускорение
• a triangle	ранее

• interstitial	скорость
• translation motion	большинство
• definition	при
• previously	промежуточный
• way	рассматривать
• that is	поступательное движение
• original	теоретический
• equation-	тот же самый
• space	совершать
• the left	очевидный
• to execute	справедливый
• to obtain	левый
• the same	уравнение
• to hold true	получать
• evident	пространство
• enough	необходимо
• through	вращать
• insufficient	происходить
• peculiarity	находить
• to equal	заранее
• to lie	особенность
• 19	
• to find	достаточно

- necessary через
- to rotate лежать
- to take peace недостаточно

Exercise 2

Дайте русские эквиваленты английским словосочетаниям:

20

Type of motion; the simpliest one; in most textbooks; a translational motion; any straight line; remains parallel with its original position; a wrong definition; according to; considered ways; is determined; not lying on; that is; is such a motion; the sides of a triangle; with a rigid body; Figure 1 shows; an interstital position; the definition; of a rigid body; let us form; equations; in space; the definition of; the left and the right; considering that; differentiating; for a rigid body; velocities and accelerations; not lying on the same; the obtained results; any three points; it is evident; the same accelerations; it is quite enough; only one; that will be the same; at this moment; in conformity with; passing through; own zero position; can rotate about this line; this simpliest type; are ruled out; the sides of a triangle; has three degrees of freedom; three coordinate axises; takes place.

Exercise 3

Дайте английские эквиваленты русским словосочетаниям:

Этот вид; является; однако; по теоретической механике; формулируется; проведённая в теле; во всё время движения; ранее; задания движения; движением трёх точек; на одной прямой; связанным с; в связи с этим; при котором; неподвижно связанным; параллельны своему первоначальному положению; начальное положение; определяется; поступательного движения; векторные уравнения; определяющих положения; дифференцируя; части равенства; получим; полученные скорости; необходимо и достаточно; трёх его точек; в любой момент времени; справедливы для; очевидно, что; одинаковые скорости; и одинаковые ускорения; заранее; совершаем; задать движение одной; её скорость;

для всех точек; умноженным выше; в виде прямой; параллельном; необходимым но недостаточным; так как; особенность; для обеспечения параллельности; вращательные движения; твёрдое тело; вдоль; если; в одной координатной плоскости; число; одного движения.

Exercise 4

Дайте ответы на следующие вопросы:

1. What type of motion is known as the simplest one?

2. What science gives the definition of a translational motion?

3. What is a common definition of a translational motion?

4. Is it a postulate that any straight line, drawn in its body, remains parallel with its original position at all the time of the motion?

5. How is a translational motion determined?

6. What is called a motion wherein the sides of a triangle remain parallel to its original position at all the time of the motion?

7. What do you see in Figure 1?

8. How is the initial position determined?

9. What does triangle ABC determine?

10. Why is AoBo parallel to AB? Give more examples of this rule?

11. Give examples of a vector equation for free points locating the position of a rigid body in space with a translational motion?

12. Analyze a vector equation: a) Why does Za equal to Zc + CA; b) Why does Zp equal to Zc + CB?

13. What are CA and CB in accordance with the rule of translational motion?

14. What will the result be after having differentiating the left and the right parts of equations?

15. Why is it important to take into consideration that dcA = 0 and acB = 0 ?

16. What shall we have on having differentiating the obtained velocities?

17. Why is it necessary that a rigid body should execute a translational motion?

18. Why do the obtained results hold true for any three points?

19. Why is it obvious that all the points of a rigid body executing a translational motion have the same velocities and the same accelerations at any moment of time?

20. In what case is the velocity and acceleration of one point of a body the same for all the points of this body?

21. Why is the giving of a translational motion in the form of a straight line passing through any two points of a body and being parallel to its own initial position an insufficient condition?

22. What is the peculiarity of a translational motion?

23. What does a rigid body have in space?

24. What does the number of degrees of freedom equal to if there is motion in one co-ordinate plane?

Exercise 5

Найдите пары синонимов и составьте со словами из правого столбца предложения:

with	location
fundamental	description
position	under
definition	theoretical
consider	discuss
interstitial	according to
most	majority
original	initial

previously	formerly
to show	present
in accordance with	interjacent
to form	to get
to obtain	space
to produce	to exclude
a priori	leg to
in conformity with	in accordance with
to rule out	to execute
side	initial
lie	to locate
zero	in advance

Exercise 6

Переведите предложения на английский язык:

- Если **отрезок пересекается** с плоскостью в некоторой своей внутренней точке, то концы **отрезка** лежат по разные стороны плоскости.

- **Скалярное** произведение двух векторов можно вычислить, зная **координаты** векторов.

- Любой **отрезок**, соединяющий центр и какую-то точку сферы, также называется **радиусом сферы**.

- Исследуем взаимное **расположение** сферы и плоскости в зависимости от соотношения между радиусом сферы и **расстоянием** от её центра до плоскости.

- Если **расстояние** от центра до плоскости меньше радиуса сферы, то сечение **сферы** плоскостью есть **окружность.**

- Сечение шара плоскостью есть **круг**.

- Если **радиус** круга равен радиусу шара, то такой круг называется **большим кругом** шара.

- **Радиус сферы** часто обозначается буквой R.

- **Расстояние** от произвольной точки прямой до плоскости называется расстоянием между прямой и параллельной ей плоскостью.

- В каком случае отсутствует понятие **угла** между прямой и плоскостью?

Это надо знать

- Касательное ускорение характеризует изменение скорости по модулю, а нормальное ускорение характеризует изменение скорости по направлению.

- Проекция производной данного вектора на неподвижную ось равна производной от проекции этого вектора на ту же ось.

- Поступательным движением твёрдого тела называется такое движение, при котором всякая прямая, неизменносвязанная с этим телом, остаётся параллельной своему начальному положению.

- При поступательном движении твёрдого тела все его точки описывают одинаковые траектории и в каждый данный момент имеют равные по модулю и направлению скорости и ускорения.

- Теорема сложения скоростей: абсолютная скорость точки равна геометрической сумме переносной и относительной скоростей, или, другими словами, абсолютная скорость точки равна по модулю и направлению диагонали параллелограмма, построенного на переносной и относительной скоростях.

- Теорема сложения ускорений при поступательном переносном движении: в том случае, когда переносное движение, т. е. движение подвижной системы отсчёта, является поступательным, абсолютное ускорение точки равно геометрической сумме переносного и относительного ускорений этой точки.

Exercise 7

Задание: а) Сделайте пись- менный перевод текста

«Это надо знать» на английский язык; в) обсудите с партнёром.

LESSON 3

Text

Velocities and Accelerations of a Rigid Body in Rotating About the Immobile Axis.

29

This type of motion is characteristic of the fact that in a body one can isolate a straight line all the points of which are immobile at any moment of time. This straight line is called a rotation axis. Using the formerly assumed method of determining the motion of a rigid body, let us put one of the sides of a triangle, for example, AB (table №3), on the rotation axis and the rest sides on the mobile plane 1, passing through rotation axis Z and having only rotation motion about this axis. To determine the motion of a rigid body about an immobile axis let us insert an immobile plane 2 passing through the rotation axis of the body as well. Then the motion of a solid body can be given by the angle of rotation $x = 0 \times \varphi(t)$ of the mobile plane 1 (in which there is a triangle ABC) about the immobile plane 2 and as a result of it any rigid body with this motion has one degree of freedom.

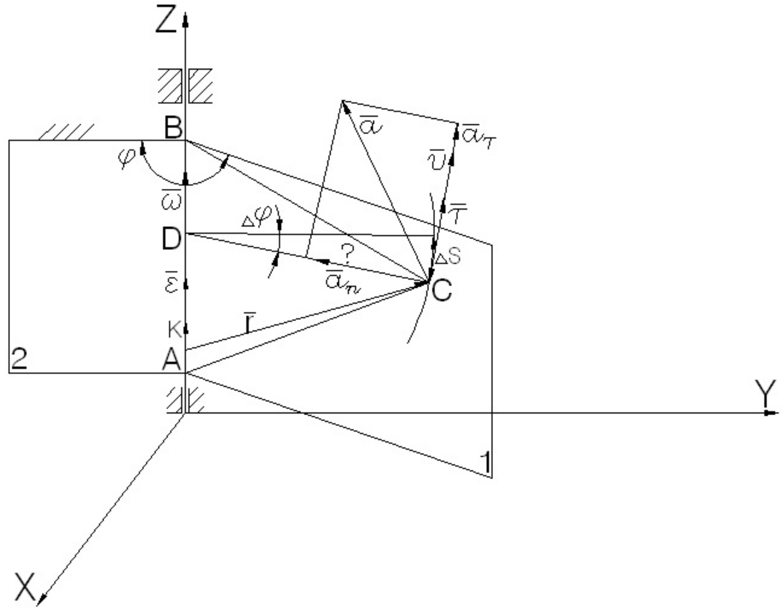


Table 3

As points A and B of a triangle lie on the axis of rotation motionless, their velocities and accelerations equal to null, then if we use the method of determining the motion where φ equals to φ(t) (φ=φ(t)) we shall find the velocity and acceleration of point C of triangle ABC through kinematic characteristics of a rigid body.

It should be noted that point C is moving in a circle with radius R = CD. In this context let us use a previously regarded natural method of determining the motion of the point for which speed is   , where is and S is RΔφ (table 3), then =R; ==ω – ω is an algebraic angular velocity of rotation of a body at a moment of time t, which can take on both positive and negative values.

Angular velocity can be presented as vector, located on the rotation axis and equal to=, where is a unique vector of axis Z that is giving a positive direction to the rotation axis. Hence the velocity of point C will take the form: $\bar{\upsilon}=\omega R\bar{\tau}$

Algebraic value of point C velocity υ=ωR even at a time moment "t" can assume both positive and negative values.

To find the acceleration of point C it is necessary to use Aler's vector

formular $\bar{\upsilon}=\bar{\omega}\times\bar{r}$ where r is a radius-vector of point C , the beginning of which (force point) is on the rotation axis.
The acceleration of point C is the following:

$$\bar{a}=\frac{d\bar{\upsilon}}{dt}=\frac{d(\bar{\omega}\times\bar{r})}{dt}=\frac{d\bar{\omega}}{dt}\times\bar{r}+\bar{\omega}\times\frac{d\bar{r}}{dt}$$

Where $\frac{d\bar{\omega}}{dt}$ equals to $\bar{\varepsilon}$ angular acceleration; $\frac{d\bar{r}}{dt}$ equals to $\bar{\upsilon}$

Consequently $\bar{a}=\bar{\varepsilon}\times\bar{r}+\bar{\omega}\times\bar{\upsilon}$

$\bar{\varepsilon}\times\bar{r}=\bar{a}_\tau$ is a tangential acceleration

$\bar{\omega}\times\bar{\upsilon}=\bar{a}_n$ is a normal acceleration

$$|\bar{a}_\tau|=|\bar{\varepsilon}\times\bar{r}|=\varepsilon r\sin(\bar{\varepsilon},\bar{r})=\varepsilon R$$

$$|\bar{a}_n|=|\bar{\omega}\times\bar{\upsilon}|=\omega\upsilon\sin(\pi/2)=\omega^2 R$$

The full acceleration of any point of a body rotating about the immobile axis is $\bar{a}=\bar{a}_\tau+\bar{a}_n$. Vector $\bar{a}$ is located in the plane perpendicular to the axis of rotation, and its modulus is

$$a=\sqrt{a_\tau^2+a_n^2}=\sqrt{(\varepsilon R)^2+(\omega^2 R)^2}=R\sqrt{\varepsilon^2+\omega^4},$$

where R is the shortest distance form point C to the axis of rotation, which equals to a radius of the circle, being circumscribed by this point.
Thus to find the velocities and accelerations of any point of a body rotating about the immobile axis it is necessary to know the law of rotation of a body φ=φ(t) and to find its kinematic motions that is the angular velocity $\omega=\dot{\varphi}$ and the angular acceleration $\varepsilon=\dot{\omega}=\ddot{\varphi}$, and then in connection with the formerly given dependences one can find the velocity and the acceleration of any point.

Exercise 1

Найти соответствия:

• characteristic	ось вращения
• a rotation axis	выделять
• immobile	осевая плоскость
• axis	характерный
• axes	угол поворота
• axial plane	неподвижный
• isolate	оси
• angle of rotation	ось
• motionless	радиусы
• motion characteristics	по кругу
• radius	угловой
• algebraic	неподвижный
• angular	кинематические характеристики
• in a circle	алгебраический
• formula	неподвижный
• mobile	ось вращения
• immobile	формула
• axis of rotation	подвижный
• modulus	зависимость
• length of a vector	величина
• to circumscribe	единичный
• kinematics	принимать форму

- dependence точка приложения
- ortho axis абсолютная величина числа
- unique модуль вектора
- angular speed описывать круг
- to present кинематика
- to take the form ортоось
- value угловая скорость
- force point представлять

Exercise 2

Дайте русские эквиваленты английским словосочетаниям: is characteristic of; one can isolate; are immobile; is a straight line; a rotation axis; an assumed method; to a rigid body; the sides of a triangle; the rest sides; passing through; rotation motion; about immobile axis; an immobile plane 2; the rotation axis; as well; of a mobile plane; triangle ABC; the immobile plane; with this motion; one degree of freedom; if a triangle; on the axis of rotation; their velocities and accelerations; we shall find; of triangle ABC; kinematic; it should be noted; is moving; in this context; previously regarded; angular speed; can take; values; can be presented; located on the rotation axis; is giving; will take the form; algebraic value; values; to find point C; the acceleration; vector formular; consequently; is a tangential acceleration; a normal acceleration; the full acceleration; rotating about; is located in the plane; is the shortest distance; equals to a radius of the circle; to find the speeds; rotating about; it is necessary; to find its kinematic motions; in connection with; dependences; the acceleration of any point.

Exercise 3

Дайте английские эквиваленты русским словосочетаниям: случай движения; в теле; прямую; точки которой; в любой момент времени; называют; задания движения; одну из; например AB; на оси вращения; в плоскости 1; ось вращения Z; только; вокруг этой оси; для задания движения; введем; проходящую через; тогда; углом поворота; находится; относительно; таким образом; имеем; так как; лежит; неподвижны; равны 0; скорость и ускорение точки C; через; характеристики; точка C; по окружности; используем; естественный способ; тогда; алгебраическая; в момент времени t; положительные и отрицательные; угловую скорость; как вектор ω; и равный $\omega = \dot{\varphi} \times k$; единичный вектор; положительное направление; скорость точки C; скорости; отрицательное значение; используем; формулу Эйлера; где r есть радиус-вектор точки C; находится на оси вращения; следовательно; касательное ускорение; нормальное ускорение; любой точки тела; вокруг неподвижной оси; перпендикулярной оси вращения; расстояние оси точки C до оси вращения; описываемой этой точкой; таким образом; любой точки тела; неподвижной оси; закон вращения тела; угловую скорость; угловое ускорение; затем; найти скорость.

Exercise 4

Дайте ответы на следующие вопросы:

- What is the rotating of a rigid body about the immobile axis characteristic of?
- What is the straight line called?
- What will happen if you insert an immobile plane 2 passing through the rotation axis of the body?
- When does a rigid body have one degree of freedom?
- Why do the velocities and accelerations of points AB equal to null?
- How can you find the velocity and acceleration of point C of triangle ABC?
- What must one know the motion characteristics of a rigid body for?
- What radius is point C moving in a circle with?
- What does the velocity equal to according to a natural method of determining the motion of the point?

- When can algebraic angular rotation velocity of a body take on both positive and negative values?
- Where is vector W located?
- What does vector W equal to?
- What gives a positive direction to the rotation axis?
- Why can algebraic value of the velocity of point C take on both positive and negative values at a time moment t?
- Where can Aler's formula be used?
- What does the full acceleration of any point of a body rotating about the immobile axis equal to?
- Where is vector ''a" located?
- What is the formular of modulus vector?
- What does the shortest distance from point C to the axis of rotation equal to?
- What can you find if you know the angular velocity and the angular acceleration?
- What is it necessary to know to find the velocity and the acceleration of any point?
-

Exercise 5

Найдите пары синонимов и составьте со словами из правого столбца предложения:

to rotate	typical
rotation axis	to single out
immobile	for instance
any	previously
characteristic of	to revolve
to isolate	every

formerly	motionless
For example	spin axis
to assume	also
method	around
angle	also
through	to locate
about	to accept
to place	across
relative	way
as well	corner
under	with
axial plane	kinematic characteristics
to insert	null
zero	to put
motion characteristics	axis plane
it should be remarked	accordingly
to remark	to note
features	characteristics
circle	circumference
move	acceleration of translation
translatory acceleration	to travel
in this connection	it should be noted
to consider	to regard
to present	represent
hence	immobile
form	shape
to assume	to take
motionless	consequently
ortho axis	force point
41	
point of application	ortho diagonal
unique	only one
to circumscribe	relation
plane = modulus	length of a vector
to describe	strike
to lable	symbolize
value	magnitude

dependence	to draw
modulus	absolute value

Exercise 6

Переведите предложения на английский язык, обращая внимание на выделенные слова:

- Существуют фигуры, имеющие бесконечно много центров, **осей** или плоскостей симметрии.

- **Поступательное** движение тела будет вполне определено, если известно движение только одной какой-нибудь его точки.

- Изучение поступательного движения твёрдого тела сводится к изучению движения одной какой-нибудь его точки, **т.е.** к задаче кинематики точки.

- Если при движении твёрдого тела две какие-нибудь точки остаются **неподвижными**, то такое движение называется **вращательным**.

- Неподвижная прямая, проходящая через неподвижные точки тела называется **осью вращения**.

- Каждая точка тела, не лежащая на оси вращения, описывает при таком движении **окружность**, плоскость которой **перпендикулярна** к оси вращения и центр которой лежит на этой оси.

- **Угол** между двумя плоскостями отсчитывается от неподвижной плоскости в направлении обратном **движению часовой стрелки**,

- При вращении тела вокруг оси этот угол является непрерывной и **однозначной** функцией времени.

- **Так как** положение твёрдого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси, определяется одним значением (углом φ), то такое тело имеет одну **степень свободы**.

• Производная от угла φ по времени называется **угловой** скоростью тела.

Это надо знать

- Плоскопараллельным движением твердого тела называется такое движение, при
- котором расстояние каждой точки тела от данной неподвижной плоскости остаётся постоянным, или иначе такое движение, при котором все точки тела движутся в плоскостях, параллельных данной неподвижной плоскости.
- Всякое движение плоской фигуры можно разложить на два движения: 1) поступательное движение со скоростью, равной скорости произвольно выбранной точки фигуры, и 2) вращательное движение вокруг этой точки.
- При движении плоской фигуры в её плоскости в каждый данный момент имеется мгновенный центр вращения фигуры, так что скорости всех её точек в этот момент определяются, как вращательные скорости вокруг этого центра.
- Модуль линейной скорости точки вращающегося тела равен произведению абсолютного значения угловой скорости тела на расстояние этой точки от оси вращения.
- Положение мгновенного центра вращения не останется неизменным на неподвижной плоскости, по которой перемещается фигура, также как и положение мгновенного центра скоростей на плоскости самой движущейся фигуры.
- Проекции скоростей двух точек фигуры на прямую соединяющую эти точки, равны между собой.

Exercise 7

Задание: а) Сделайте письменный перевод текста «Это надо знать» на английский язык; в) обсудите с партнёром.

LESSON 4

Text

Plane Motion of a Rigid Body.

A plane or plane-parallel motion of a rigid body is called such a motion when all the points of a body move in immobile parallel planes (table 4). Let us intersect the body with coordinate plane OXY parallel to the immobile plane. In the cross-section of the body let us take triangle ABC, the vertexes of which determine the motion of the whole body. As the velocities and accelerations of the points of the body located on the straight lines perpendicular to the cross-section plane will be equal, then the motion of the whole body will be determined by the motion of a plane figure in coordinate plane OxY.

47

The position of the triangle on the plane can be determined by the position of one of its sides to this end it is enough to note the coordinates of one vertex, and a corner of the side slope of the triangle and any coordinate axis (table4).

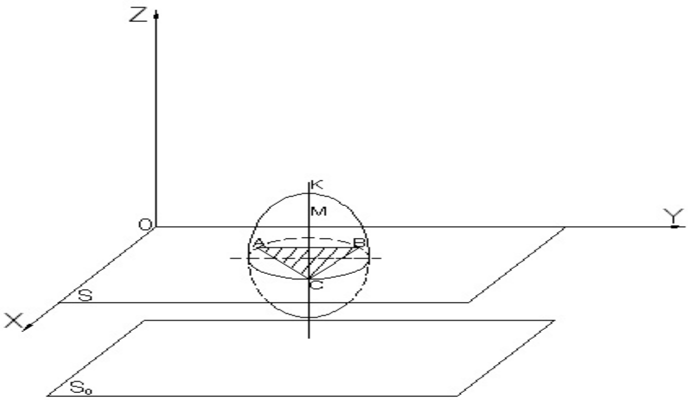


Table4

This plane figure has three degrees of freedom and its position can be determined by two coordinates of one vertex (pole) and the angle of rotation of a side around the pole. The way of the determining the motion of a rigid body is expressed by such equations as

Xa=f1(t), Ya=f2(t)φ=f3(t) (1)

48

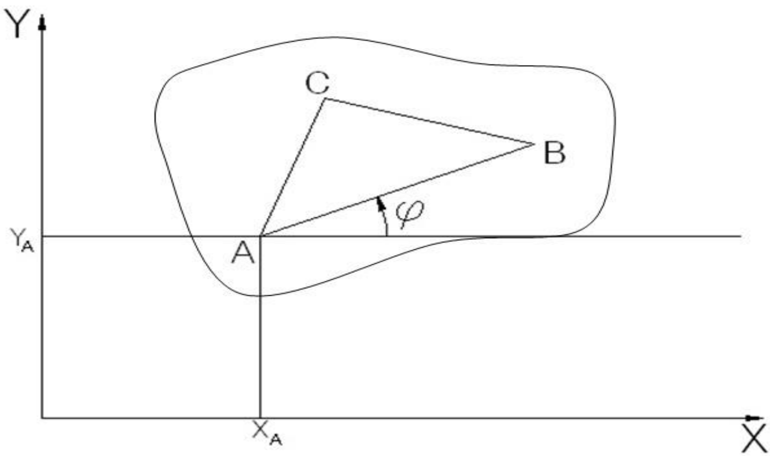


Table5

The equations (1) are called the equatious of plane motion of a rigid body.

Angular velocity and angular acceleration are determined the same way as the rotation of a body around the immobile axis and they do not depend on the choice of a pole.

Exercise 1

Найти соответствия:

• a cross section	полюс
• a vertex	пересечь
• to determine	наклон
• slope	сечение
• rotation	для этой цели
• purpose	равный

• an equation	вершина
• to this end	неподвижный
• intersect	определить
• coordinate	уравнение
• figure	поворот
• immobile	цель
• equal	рисунок
• pole	координаты

Exercise 2

Дайте русские эквиваленты английским словосочетаниям:

Plane-parallel; is called; all the points; intersect; in the cross-section; triangle ABC; determine; of the whole body; the velocities and accelerations; located on the straight lines; will be equal; the motion of the whole body; motion of a plane figure; the position; it is enough; of one vertex; any coordinate axis; has three degrees of freedom; can be determined; around the pole; is expressed by; the equations; of a rigid body.

Exercise 3

Дайте английские эквиваленты русским словосочетаниям:

Плоским; такое его движение; в неподвижных параллельных плоскостях; координатной плоскостью OXY; параллельной неподвижной плоскости; перпендикулярных плоскости сечения; будет определяться; в координатной плоскости OXY; треугольника; можно определить; одной его стороны; указать координаты; углом наклона стороны; плоская фигура; её положение; двумя координатами; углом поворота; стороны; способ задания движения; называется уравнениями плоского движения.

Exercise 4

Дайте ответы на следующие вопросы:

1. What is a plane-parallel motion of a rigid body?

1. Look at table 4! What is OXY here?
2. What do the vertexes of triangle ABC determine?
3. What will determine the motion of the whole body?
4. How can one determine the position of the triangle on the plane?
5. How many degrees of freedom does a plane figure have?
6. How can the position of a plane figure be determined?
7. What are the equations of the plane motion of a rigid body?
8. How can angular velocity and angular acceleration be determined?
9. Why do angular velocity and acceleration not depend on the choice of a pole?

Exercise 5

Найдите пары синонимов и составьте со словами из второго столбца предложения:

flat	inclination
to cut across	all
a vertex	intersect
the whole	apex
slope	plane
intersect	to this end
cross-section	cross
for this purpose	profile

Exercise 6

Переведите предложения на английский язык:

- Через **ось вращения** можно провести множество плоскостей, связанных с вращающимся телом.
- **Угловая скорость** тела не зависит от выбора подвижной плоскости.

• Производная от угловой скорости по времени называется **угловым ускорением** тела.

• Если тело вращается **против часовой стрелки**, если смотреть с положительного конца оси вращения, то угловая скорость положительна.

• Если **угловая скорость** тела постоянна, то такое вращения называется равномерным.

• При равномерном вращении **угол поворота** тела за данное время равен произведению **скорости** тела на это время.

• **Угловая скорость** тела равна отношению угла поворота к соответствующему **промежутку** времени.

• Если **угловое ускорение** тела постоянно, то такое вращение тела называется равномерно переменным.

• Давайте определим **скорости и ускорение** точек вращающегося твёрдого тела.

• **Радиус** окружности, которую описывает эта точка, равен расстоянию этой до точки от оси вращения тела.

Это надо знать

• В тот момент, когда мгновенный центр вращения фигуры оказывается бесконечно удалённым, угловая скорость фигуры равна нулю, а скорости всех её точек равны по модулю и имеют одно и тоже направление.

• При равномерном вращении тела угловое ускорение совпадает с нормальным (центростремительным) ускорением.

• Всякое не поступательное перемещение плоской фигуры из одного положения в другое можно осуществить при помощи одного поворота на некоторый угол вокруг некоторой определённой точки.

- При движении плоской фигуры в её плоскости подвижная центроида катиться без скольжения по неподвижной и обратно: всякое движение плоской фигуры в её плоскости можно осуществить, построив подвижную и неподвижную центроиды и заставив первую катиться без

- скольжения по второй с соответствующей в каждый данный момент угловой скоростью.

- Ускорение всякой точки движущейся плоской фигуры в данный момент определяется так же, как ускорение этой точки при вращательном движении фигуры вокруг мгновенного центра ускорений.

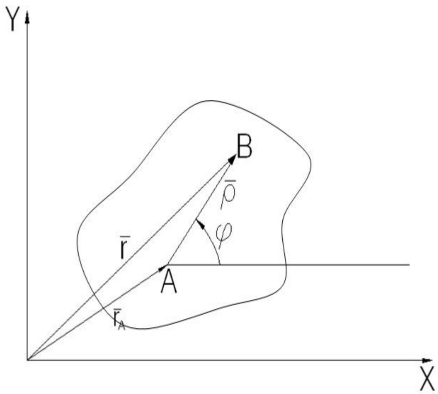
- Ускорение каждой точки движущееся плоской фигуры равно геометрической сумме двух ускорений: 1) ускорения в поступательном (переносном) движении и 2) ускорения во вращательном движении вокруг точки O′ (в относительном движении).

Exercise 7

Задание: а) Сделайте письменный перевод текста «Это надо знать» на английском языке; в) обсудите с партнёром.

LESSON 5

Text



The Velocities of the Points of a Body with a Plane Motion.

= +

is a radius of a pole vector

is a radius of a vector relative to the pole.

=+; = + ; =;

45

As AB is a constant, then $\bar{v}_{ba}$ equals $\frac{d}{dt}(\overline{AB})$ equals $AB\frac{d\varphi}{dt}\bar{\tau}$; where $\bar{\tau}$ is the only one vector located in the plane of section perpendicular to AB and is directed towards the increase of the angle of rotation φ

$v_{ba} = AB\frac{d\varphi}{dt} = AB\omega$, where ω is the angle of the speed of rotation.

If we use Aler's formula $\bar{v}_{ba} = \frac{d}{dt}(\overline{AB}) = \bar{\omega} \times \overline{AB}$; where $\bar{\omega}$ is the vector of angular velocity and is perpendicular to the section plane $\bar{\omega} = \omega\bar{k}$; where $\bar{k}$ is the only one vector of this axis, then we have the following: $\bar{v}_b = \bar{v}_a + \bar{v}_{ba} = \bar{v}_a + \bar{\omega} \times \overline{AB}$, that is the velocity of a section point in a plane motion equals to the vector sum of pole velocity and the velocity of this point in rotation of the cross

section about the pole.
Here is the theorem on the projection of the velocities of two points of a rigid body on the straight line connecting these points. $\bar{v}_b = \bar{v}_a + \bar{v}_{ba}$; $\bar{v}_{ba} \perp AB$;

Table 6

Mind that $v_a \cos\alpha$ equals to $v_b \cos\beta$, that is, the projections of the velocities of two points of a rigid body on the straight line connecting these points are equal to each other.
The point of the cross-section of a body the velocity of which equals to zero at a given moment is called the momentary centre of velocities. Look at table 7:

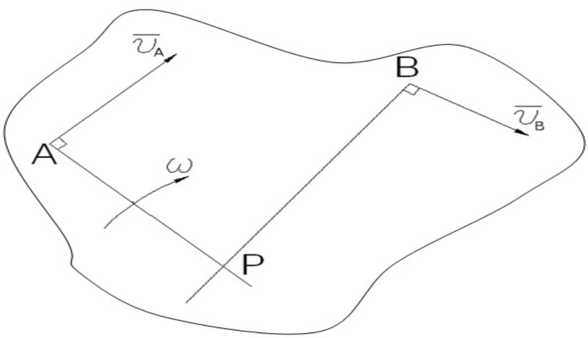


Table 7

$\bar{v}_p$ equals to 0. If we assume that $\bar{v}_p$ doesn't equal to 0, then $\bar{v}_p$

is perpendicular to AP and $\overline{v}_p$ is normal to BP and this is impossible. If we take point p as a pole, then $\overline{v}_a$ equals to $\overline{v}_{ap}$ and $\overline{v}_b$ equals to $\overline{v}_{bp}$ while $\overline{v}_a$ is equal ω_{pa}, where $\overline{v}_a$ is perpendicular to PA and the same is true to $\overline{v}_b = \omega PB$

$$(\overline{v}_b \perp PB) \rightarrow \frac{\overline{v}_a}{PA} = \frac{\overline{v}_b}{PB}$$

In order to find the momentary centre of velocities (MCV) one must know:

- Only directions of velocities of two points of the cross-section.

- To find the velocity of any point one must know the modulus and direction of velocity of one point and the direction of speed of another point.

- That ω equals to $\frac{v_b}{P_b} : \omega = \frac{v_b}{P_b}$

- Some particular cases of the defining of MCV (the momentary centre of velocities) are given in table 8:

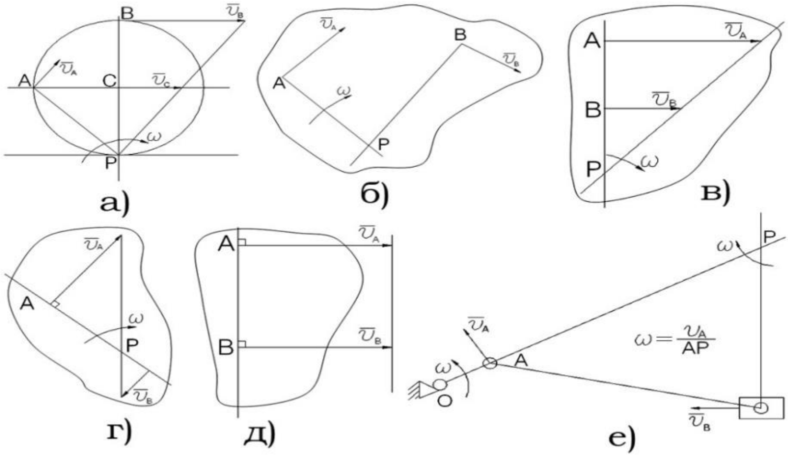


Table 8

Exercise 1

Найти соответствия:

regarding	по направлению
a constant	единственный
a formula	угол поворота
angle of rotation	относительно
towards	константа
the only one	формула
a theorem	равняться
to prove a theorem	мгновенный
projection	десятичная дробь
a straight line	дробь
to be equal to	частный
to equal to	простая дробь

• momentary	теорема
• fraction	проекция
• vulgar fraction	доказать теорему
• moduli	прямая линия
• decimal fraction	случай
• modulus	модули
• particular	обозначать
• case	модуль
• denote	быть равным

Exercise 2

Дайте русские эквиваленты английским словосочетаниям:
Angular acceleration; are determined; the immobile axis; they do not depend on; a plane motion; is directed; the increase; the angle of the speed of rotation; is perpendicular to; the only one vector; that is; in a plane motion; the vector sum; rotation of the cross-section about the pole; on the projection; the straight line connecting these points; equals; of two points of a rigid body; the point of the cross-section of a body; at a given moment; momentary; doesn't equal to 0; ***vp*** is perpendicular To; is normal to ; ***vp*** this is impossible; if we take point P as a pole; the same is true of; momentary centre of speeds; of two points of the cross-section; to find the velocity; modulus and direction; of another point; same particular cases.

Exercise 3

Дайте английские эквиваленты русским словосочетаниям:
Угловая скорость и угловое ускорение; вращение; от выбора полюса; единичный вектор; в сторону; угла поворота; формулу Эйлера; этой оси; точки сечения; равна; скорости полюса и скорости этой точки; теорема; проекции скоростей; равны друг другу; называется; скорость которой; если допустить; невозможно; для нахождения; надо знать; только направления скоростей; ско-

рость любой точки; направления скорости другой точки; приведены.

Exercise 4

Дайте ответы на следующие вопросы:

1. What is the theorem on the projections of the speeds of two points of a rigid body on the straight line connecting these points about?

2. Look at table №6 Find points A and B on the straight line! Explain the formula Vb=Va + Vba!

3. Why does Va cos equal to Vb cos B?

4. When are the projections of the velocities of two points of a rigid body on the straight line connecting these points equal to each other?

5. What is the velocity of the cross-section point of a body when we deal with the momentary centre of velocities?

6. Is Vp perpendicular to AP and can Vp be perpendicular to BP? Is it possible or impossible? Explain why!

7. What will Va and Vb equal to, if we take point P as a pole?

8. Explain why Va is perpendicular to PA and Vb is perpendicular to PA!

9. What does algebraic fraction $\frac{V_b}{PB}$ mean? Explain!

10. 65

11. What must one know to find the momentary centre of velocities?

12. What can you have in the end if you know the module and the direction of velocity of one point and direction of velocity of another point?

13. What rule can the knowledge of the directions of velocities of two points of the cross-section lead to?

14. What does ω equal to in this case?

15. Look at table 8! What can you see in it?

16. Explain each case (from the six ones) of defining the momentary centre of speeds!

17. Formulate the theorem on the projections of the velocities of two points of a rigid body on the straight line connecting these points!

Exercise 5

Найдите пары синонимов и составьте со словами из второго столбца предложения:

regarding	to guide
the single	to stand for
to direct	relative to
increase	with
in	growth
turn	to
to designate	the sole
towards	rotation
perpendicular	normal to
to draw a straight line	to denote
to define	normal to
to formulate	to state
formulation	statement of
to be equal to	let us admit
centre	vulgar fraction
simple fraction	centrum
section	particular
to assume	admit
let us say	equal to
partial	cross-section
a case	an instance

Exercise 6

Переведите предложения на английский язык, обращая внимание на выделенные слова:

- Предположим, что тело вращается в положительном направлении, **т.е.** в направлении возрастания угла φ.
- Угловая скорость не зависит от выбора **подвижной плоскости**.
- **Линейная скорость** направлена по касательной к окружности, и, следовательно, перпендикулярна к плоскости, проходящей через ось вращения тела.
- Что такое ускорение некой точки **окружности**?
- Если тело вращается ускоренно, то абсолютное значение угловой скорости и **модуль** линейной скорости возрастают.
- Направление **нормального ускорения** всегда направлено по **радиусу** окружности к центру этой окружности.
- 68
- До сих пор мы **рассматривали** угловую скорость тела как величину **скалярную**.
- Какая зависимость между угловой скоростью и **модулем** линейной скорости точки вращающегося тела?
- Теперь будем **рассматривать** угловую скорость тела как вектор.

Это надо знать

- Всякое перемещение твёрдого тела, имеющего одну неподвижную точку, из одного положения в другое можно осуществить поворотом на некоторый угол некоторой оси, проходящей через эту неподвижную точку.

• При движении твёрдого тела, имеющего одну неподвижную точку, в каждый данный момент существует мгновенная ось вращения, проходящая через эту неподвижную точку.

• Теорема сложения скоростей в общем случае: абсолютная скорость точки равна геометрической сумме переносной и относительной скоростей этой точки.

• Теорема Кориолиса: в том случае, когда переносное движение, т. е. движение подвижной системы отсчёта, не является поступательным, абсолютное ускорение точки равно векторной сумме трёх ускорений: переносного, относительного и кориолисова.

• В том случае, когда относительное и переносное движения являются поступательными, абсолютное движение тела есть также поступательное, причём скорость этого поступательного движения равна геометрической сумме скоростей относительного и переносного движений.

• Движение свободного твердого тела в общем случае можно разложить на два движения: 1) поступательное движение, скорость которого равна скорости произвольно выбранной точки O′ тела, и 2) движение вокруг этой точки O′.

Exercise 7

Задание: а) Сделайте письменный перевод текста «Это надо знать» на английский язык; в) обсудите с партнёром.

LESSON 6

Text

Accelerations of the Points of a Rigid body with a Plane Motion.

Here are some formulae:

$$\bar{v}_b = \bar{v}_a + \bar{v}_{ab} \rightarrow \frac{d\bar{v}_b}{dt} = \frac{d\bar{v}_a}{dt} + \frac{d\bar{v}_{ba}}{dt};\ \frac{d\bar{v}_b}{dt} = \overline{a_b}$$

$$\frac{d\bar{v}_a}{dt} = \overline{a_a};\ \overline{a_b} = \overline{a_a} + \overline{a_{ba}};$$

$$\bar{v}_{ab} = \bar{\omega} \times \overline{AB};\ \overline{a_{ba}} = \frac{d\bar{\omega}}{dt} \times \overline{AB} + \bar{\omega} \times \frac{d\overline{AB}}{dt} = \bar{\varepsilon} \times \overline{AB} + \bar{\omega} \times (\bar{\omega} \times \overline{AB});$$

$$\frac{d\bar{\omega}}{dt} = \bar{\varepsilon};\ \bar{\varepsilon} \times \overline{AB} = \overline{a_{bp}};\ \bar{\omega} \times (\bar{\omega} \times \overline{AB}) = \bar{\omega} \times \bar{v}_{ab};$$

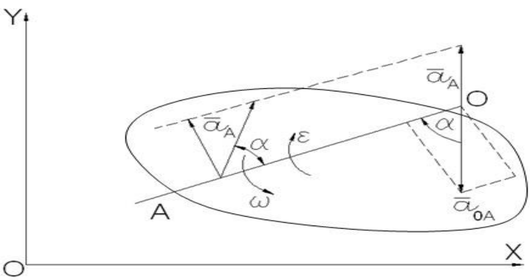
$$\overline{a_{bp}} = \varepsilon AB;\ \overline{a_{oc}} = \omega^2 AB$$

A tangencial acceleration is directed perpendicular to AB (⊥AB) to side ε, and normal acceleration is directed to the pole.

$$a_{BA} = \sqrt{a_{bp}^2 + a_{bc}^2} = AB\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4};\ \operatorname{tg}\alpha = \frac{a_{BA}^{\tau}}{a_{BA}^{n}} = \frac{|\varepsilon|}{\omega^2}$$

A point of a rigid body having the acceleration equal to zero is called the momentary centre of acceleration (MCA).

Look at table 9. Table 9



A is a pole. $\overline{a_b}$ is $\overline{a_n}$ acceleration. Then ω and ε are angular velocities and accelerations. According to the definition point O is MCA (the momentary centre of acceleration), if $\bar{a}_a$ plus $\bar{a}_{oa}$ equals to 0: $\bar{a}_A + \bar{a}_{OA} = 0$ or $\bar{a}_A = -\bar{a}_{OA}$

$$a_{OA} = AO\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} \rightarrow AO = \frac{a_{OA}}{\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}};$$
;

Then if simultaneously ε and ω are not equal to 0, there is the only point MCA. If O(MCA) can be chosen as a pole, then $\bar{a}_A$ equals $\bar{a}_{OA}$: ($\bar{a}_A = \bar{a}_{OA}$)..

Acceleration $\bar{a}_A$ deviates to the opposite side of arc arrowed line ε to angle α.

Exercise 1

Найти соответствия:

- plane motion — описать дугу
- tangential acceleration — отклонение
- normal acceleratin — проводить дугу через точки А и В
- arc — описать дугу
- arrowed line — плоское движение
- deviation — отклоняться
- deviate — касательное ускорение

- to describe an arc нормальное ускорение
- to swing an arc from A to B стрелка

Exercise 2

Дайте русские эквиваленты английским словосочетаниям:

a tangencial acceleration; is directed; normal acceleration; a point of a rigid body having; according to the definition; are not equal; there is only one point; can be chosen as; deviates to.

Exercise 3

Дайте английские эквиваленты русским словосочетаниям

Ускорения точек; касательное ускорение; в сторону; нормальны; ускорение равное 0; угловое ускорение; имеется; выбрать за полюс.

Exercise 4

Дайте ответы на следующие вопросы:

1. What formulae of accelerations of the points of a rigid body with a plane motion do you know?
2. What is a tangential acceleration?
3. What is a normal acceleration?
4. What is a point of a rigid body having the acceleration equal to zero called?
5. Study table 9! When is point “0” MCA?
6. When is there the only point MCA?
7. What does $\bar{a}_A$ equal to if “0” is chosen as a pole?
8. Why does acceleration $\bar{a}_A$ deviate to the opposite side of arc arrowed lined ε?

Exercise 5

Найдите пары синонимов и составьте со словами из правого столбца предложения:

• acceleration	to swing an arc
• arrowed line	simultaneously
• at the same time	arrow-head
• to describe an arce	speed up
• to deviate	to diverge

Exercise 6

Переведите предложения на английский язык, обращая внимание на выделенные слова.

- Производная от вектора угловой скорости по времени называется **вектором углового ускорения** тела.

- Если обозначим **орты** подвижных через $\dot{i}, \dot{j}$ и $\dot{k}$, то получим формулу разложения относительной скорости по подвижным осями.

- При **поступательном** движении подвижных осей орты $\dot{i}, \dot{j}$ и $\dot{k}$, является постоянными векторами, т.к. их модули и направление не изменяются.

- При **поступательном** движении твердого тела ускорения всех его точек в каждый данный момент равны между собой.

- Абсолютное ускорение точки может быть найдено по тому же правилу, как и **абсолютная скорость**.

- Чтобы найти относительную скорость точки, нужно к её абсолютной скорости геометрически прибавить скорость, **равную** по мо- дулю и противоположную по направлению переносной скорости.

- Изучение **плоскопараллельного** движения тела используется при изучении движения сечения тела плоскостью, параллельной неподвижной плоскости, движущейся в своей плоскости.

- Отнесём это движение к неподвижной системе **координат** 0ХУ.

Это надо знать

- Проекция производной данного вектора на неподвижную ось равна производной от проекции этого вектора на ту же ось.

- При сложении двух направленных в одну сторону вращений вокруг параллельных осей абсолютное движение тела таково, что в каждый данный момент существует мгновенная ось вращения тела, параллельная осям относительного и переносного вращений и делящая расстояние между ними внутренним образом на части, обратно пропорциональные относительной и переносной угловым скоростям. Мгновенная абсолютная угловая скорость тела параллельна относительной и переносной угловым скоростям и направлена в ту же сторону, а её модуль равен сумме модулей этих угловых скоростей.

- При сложении двух направленных в противоположные стороны вращений вокруг параллельных осей абсолютное движение тела таково, что в каждый данный момент существует мгновенная ось вращения тела, параллельная осям данных вращений делящая расстояние между ними внешним образом на части, обратно пропорциональные относительной и переносной угловым скоростям. Мгновенная абсолютная угловая скорость тела параллельна относительной и переносной угловым скоростям и направлена в сторону большей из них, а её модуль равен разности модулей этих угловых скоростей.

- При сложении двух вращений вокруг пересекающихся осей абсолютное движение тела таково, что в каждый данный момент существует мгновенная ось вращения, проходящая через точку пересечения данных осей, причем мгновенная абсолютная угловая скорость тела равна по модулю и направлению диагонали параллелограмма, построенного на переносной и относительной угловых скоростях, или, что то же, равна геометрической сумме переносной и относительной угловых скоростей.

Exercise 7

Задание: а) Сделайте письменный перевод текста «Это надо знать» на английский язык; в) обсудите с партнёром.

LESSON 7

Text

The Rotation of a Rigid Body about an Immobile Point.

The rotation of a rigid body about an immobile point is such a motion when one point of the body remains immobile. (spherical motion). Famous methods of studying the motion of a rigid body about an immobile point are based on the giving angular orientation of a vector basis, bound with the rigid body relatively to some immobile vector basis, by means of the matrix of directing cosines.

The use of the matrix is connected with the necessity of operating nine co-ordinates and six constraint equations, which is not always convenient.

In this connection some different modification of generalized co-ordinates for the angular orientation of a rigid body are used. They are: angles (parameters) of Ailer, Brighnt, Cardano and others, that are suitable for the description of the motion of gyroscope systems, universal Cardan joint systems and others.

However, together with advantages these angles have a number of drawbacks, connected with their critical values.

That is why more convenient (natural) generalized co-ordinates of a rigid body with an immobile point are turning angles of a rigid body relative to immobile axes of Cartesian co-ordinate system with the beginning in the immobile point.

It should be noted that most software of the design automation system (DAS) of engeneering systems are based on Cartesian coordinate system.

Exercise 1

Найти соответствия:

• cartesian	матрица
• to remain	косинус
• consistently	параметр
• spherical	декартов
• famous	уравнение связи
• orientation	преимущества
• some	обобщенный
• matrix	недостатки
• cosine	некоторый
• constraint equation	техническая система
• generalized	программное обеспечение
• parameter	всё время
• description	сферический
• gyroscope	значение
• advantages	ориентация
• drawbacks	известный
• value	гироскоп
• critical	описание
• software	оставаться
• engineering system	критический

Exercise2

Дайте русские эквиваленты английским словосочетаниям:

the rotation of; is such a motion; remains immobile; methods of studying; angular orientation; some immobile vector basis; the matrix of directing cosines; is connected with; six constraint equations; different modifications; the angular orientation; are used; that are suitable for the description; together with advantages; with their critical values; (natural) generalised coordinates; relative to immobile axes; with the beginning in the immobile point; should be noted; Cartesian coordinate system.

Exercise 3

Дайте английские эквиваленты русским словосочетаниям:

известные методы; базируются; векторного базиса; посредством; направляющих косинусов; использование оперировать девятью координатами; в связи с этим; обобщенных координат; углы(параметры); движения гироскопических, кардановых систем и других; поэтому; с неподвижной точкой; углы поворотов; декартовой системы координат; технических систем; относительно; одна точка.

Exercise 4

Дайте ответы на следующие вопросы:

1. What is the motion called when one point of the body remains immobile?
2. Do you know what the spherical motion is?
3. What is the motion called when a rigid body rotates about an immobile point?
4. What are famous methods of studying the motion of a rigid body about an immobile point based on?
5. What does the matrix of directing cosines bind?
6. What is a vector basis?
7. How many coordinates and constraint equations are necessary in using the matrix?
8. What modifications of generalized co-ordinates for the angular orientation of a rigid body do you know?
9. Why are angles of Ailer, Brightnt and Cardan suitable for the de-

scription of the motion of gyroscope systems, universal Cardan point systems and some others?

10. What are advantages of Ailer and Brightnt's angles?
11. What are drawbacks of Ailer and Brightnt's angles?
12. What are more convenient generalized co-ordinates of a rigid body with an immobile point called?
13. Where is the beginning of Cartesian's co-ordinate system?
14. What is most software (of DAS) of engineering systems based on?

Exercise 5

Найдите пары синонимов и составьте со словами из второго столбца предложения:

to remain	at all times
all the time	well known
famous	continuously
study	orient
some	through
by means of	certain
direct	cos
cosine	account
parameters	examination
description	account
cardan joint	transport
along with	together with
limitation	magnitude
advantage	together with
value	frame of axis
coordinate system	rectangular coordinate system
cartesian coordinate system	Hooke's coupling
displacement	movement

Exercise 6

Переведите предложения на английский язык:

- Если подвижные оси перемещаются, оставаясь параллельными своему начальному положению, то данное тело имеет **поступательное** движение.

- Движение плоской фигуры можно представить как непрерывный ряд последовательных вращений вокруг

мгновенных центров.

- Если положение мгновенного центра вращения в данный момент найдено и **угловая скорость** фигуры в этот момент известна, то скорость каждой точки будет равна по модулю и направлению вращательной скорости этой точки вокруг мгновенного центра.

- Положение мгновенного **центра ускорений** при движении фигуры не остаётся неизменным.

- Различным моментам времени соответствуют различные положения центра ускорений как на неподвижной плоскости, в котором движется данная фигура, так и на подвижной плоскости этой фигуры.

- Мгновенный центр ускорений лежит в точке пересечения прямых, проведённых из каких-нибудь точек фигуры под одним и тем же углом.

- Движение твёрдого тела с одной неподвижной закреплённой точкой, вокруг которого это тело может как

угодно поворачиваться называется **движением вокруг этой неподвижной** точки.

- Движение твёрдого тела вокруг неподвижной точки можно представить как непрерывный ряд последовательных вращений вокруг **мгновенных осей**, проходящих через эту неподвижную прямую.

Это надо знать

- *Материальная точка* – имеет массу, но не имеет размеров;

- *Абсолютно твёрдое тело* – объём конечных размеров, сплошь заполненный веществом, причём расстояния между любыми двумя точками среды, заполняющей объём, не изменяются во время движения;

- Все системы отсчёта движущиеся относительно исходной прямолинейно, равномерно будут инерциальными. Это позволяет ввести единую декартовую систему координат. Такое пространство называется *евклидовым*.

- Кинематика - часть механики, в которой изучаются зависимости между величинами, характеризующими состояние движения систем, но не рассматриваются причины, вызывающие изменение состояния движения.

- Динамика - часть механики, в которой рассматривается влияние сил на состояние движения систем материальных объектов.

- *Статика* - та часть механики, где изучаются условия, которым должны удовлетворять силы, действующие на систему материальных точек, для того чтобы система находилась в равновесии, и условия эквивалентности систем сил.

Exercise 7

Задание: а) Сделайте письменный перевод текста «Это надо знать» на английский язык; в) обсудите с партнёром.

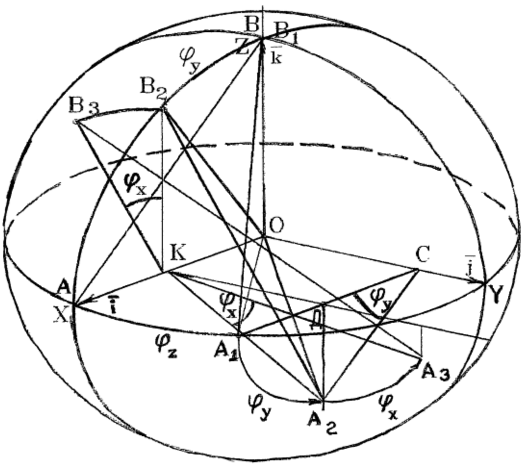


Table10

LESSON 8

Text

Let us prove the theorem: arbitrary movement of a rigid body about the immobile point can be performed by three successive rotations aboutthree coordinate axes of immobile rectangular coordinate system with the beginning in the immobile point.

To prove the theorem let us intersect the body by the sphere of the only radius with the centre in the immobile point (table 10)

Let us introduce two systems of co-ordinate:
immobile OXYZ system (with unit vector) and the coordinate system bound with the body 0 (with unit vector)

68

The position of a solid body can be determined with unit vector $\overline{\imath_3}, \overline{k_3}$ and this is equivalent to the determination of the position of this body by three points 0, A, B not lying on one straight line.

Considering that point 0 is immobile, the position of a rigid body will be determined by the position of points A and B (limiting AB intercept) satistying the constraint equation

$$(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 + (z_B - z_A)^2 - 2 = 0$$

In the other words the position of a rigid body performing a spherical motion will be determined by the position of intercept AB of which A and B points move on the sphere of only one radius.
The initial position of a rigid body corresponds to the position of AB intercept, the end position of a rigid body corresponds to the position of A3B3 intercept, and intermediate positions are A1B1 and A2B2.
92
In the order to find angles and sequences of turns (necessary to prove the theorem) let us turn the initial position of AB intercept relative to any coordinate axis and the end position of A3B3 some inter-

cept relative to some other co-ordinate axis in such manner that their projections on the third co-ordinate axis should coincide with the like points.

Taking into account the above statement, let us turn the end position of A3B3 intercept, for example, relative to 0X axis to the angle $-\varphi_x$ clockwise till the shifting of point B3 into coordinate X0Z plane. In this case B3 point will take the position B2 and its projection on the 0Y axis will coincide with the projection of B point on this axis. Point A3 after this turn will take the position A2 having described A3A2 arc, bearing against φ_x angle.

As a result of a turn of the end position of A3B3 intercept relative to 0X axis, it will take the position of intercept A2B2. Now let us project A2B2 intercept on 0Y axis. To do this through A2 point let us restore secant plane perpendicular to 0Y axis, which will intersect this axis in point C, and the circle of a great circle, lying in co-ordinate plane X0Y, will intersect this axis in A1 point. Mind a very important property (table 10): as axis B20 is perpendicular to axes 0A2 and 0Y, then axis B20 is perpendicular to A2C (intercept B2K is perpendicular to A1C intercept according to the construction).

In this connection B0B2 angle (angle φ) equals to A2CA1 angle (as the angles with mutully perpendicular sides)

Now let us turn the initial position of AB intercept, relative to 0Z axis, to angle, shifting point A to point A1 belonging to secant plane A1CA2.

As a result of this and the latter turns the projections of intercepts A1B1, and A2B2 on the axis 0Y will coincide.

Now let us show the sequence of rotations of a rigid body in order to shift it from its initial position into its end position : by rotating the rigid body relative to 0Z axis to φ_z angle we shall shift it from the initial position into the intermediate position corresponding to the position of the intercept A1B1; the next rotation is performed about 0Y axis to the angle φ, as the result of which a rigid body is shifted into the second intermediate position corresponding to the position of A2B2 intercept (owing to the equality of the angles B0B2 and A10A2); and at last the third rotation is performed relativily to axis 0X to the angle φ_x,(the rotation being reverse to the rotation about 0X axis to the angle - φ_x), shifting a rigid body into its end position determined by the position of A3B3 intercept, and it is that what was necessary to be proved.

On the basis of the proved theorem there is a matrix of cosines of direction of the mobile system of co-ordinates relative to the immobile system of co-ordinates:

	$\bar{i}_3$	$\bar{j}_3$	$\bar{k}_3$
$\bar{i}$	$\cos\varphi_z\cos\varphi_y$	$-\cos\varphi_z\cos\varphi_y$	$\sin\varphi_y$
$\bar{j}$	$\sin\varphi_z\cos\varphi_x +$ $\cos\varphi_z\sin\varphi_y\sin\varphi_y$	$\cos\varphi_z\cos\varphi_x -$ $\sin\varphi_z\sin\varphi_y\sin\varphi_x$	$-\cos\varphi_y\sin\varphi_x$
$\bar{k}$	$-\cos\varphi_z\sin\varphi_y\cos\varphi_x$ $-\sin\varphi_z\sin\varphi_x$	$\sin\varphi_z\sin\varphi_y\cos\varphi_x$ $+\cos\varphi_z\sin\varphi_x$	$\cos\varphi_y\cos\varphi_x$

With the allowance for this matrix the projections of a momentary angle velocity on the axis of the mobile system of co-ordinates are of the following type:

$$\omega_{x3} = -\varphi'_z(\cos\varphi_z\sin\varphi_y\cos\varphi_x + \sin\varphi_z\sin\varphi_x) +$$
$$\varphi'_y(\sin\varphi_z\sin\varphi_y\cos\varphi_x + \cos\varphi_z\sin\varphi_x)$$
$$+\varphi'_x(\cos\varphi_y\cos\varphi_x)$$
$$\omega_{y3} = \varphi'_z(\sin\varphi_z\cos\varphi_x + \cos\varphi_z\sin\varphi_y\sin\varphi_y) +$$
$$\varphi'_y(\cos\varphi_z\cos\varphi_x - \sin\varphi_z\sin\varphi_y\sin\varphi_x) -$$
$$\varphi'_x(\cos\varphi_y\sin\varphi_x)$$
$$\omega_{z3} = \varphi'_z(\cos\varphi_z\cos\varphi_y) - \varphi'_y(\cos\varphi_z\cos\varphi_y) +$$
$$\varphi'_x(\sin\varphi_y)$$

The projections of a momentary angle velocity on the axes of the immobile systems of coordinates are naturally of the simpliest kind:

$$\omega_x = \varphi'_x ; \; \omega_y = \varphi'_y ; \; \omega_z = \varphi'_z$$

Ratios of projections of a momentary angle speed on the axes of the mobile and immobile systems of coordinates determine kinematic equations of spherical rotation of a rigid body for the suggested method of the determination of its rotation.

Exercise 1

Найдите соответствия:

• displacement	последовательность
• intersect	изложение
• unit vector	одноимённый
• equivalent	сферический
• considering	проекция
• intercept	перемещение
• equation	начальное положение
• satisfy	пересекать
• spherical	орт
• move	учитывая
• initial position	отрезок между двумя точками
• end position	эквивалентный
• intermediate	поворот
• sequence	конечное положение
• turn	уравнение
• projection	удовлетворять
• like	промежуточный

- statement перемещать

Exercise 2

Дайте русские эквиваленты английским словосочетаниям:

98

arbitrary movement; about three coordinate; to prove the theorem; by the sphere of the only radius; let us introduce; with unit vector; can be determined; this is equivalent to; not lying on one straight line; point 0 is immobile; limiting AB intercept; the constraint equation; performing a spherical motion; by the position of intercept AB; move on the sphere; correspond to; the end position; intermediate position; in order to find angles; let us turn the initial position; any coordinate position; in such manner; should coincide with the like points; the above statement; A3B3 intercept; OX axis; into coordinate XOZ plane; its projection; will coincide; on this axis; will take the position A2 ; bearing against φ_x angle; let us restore; will intersect; a great circle; a very important property; according to the construction; equals to; with mutully perpendicular sides; shifting point; this and the latter; the sequence of; in order to shift; by rotating; relative to OZ axis; intermediate position; the next rotation; the second intermediate position; owing to the equality; the third rotation; the rotation being reverse; determined by the position; the proved theorem; cosines of direction; with the allowance for; are of the following type; are naturally of the simpliest kind; ratios of projections; determine kinematic equations; for the suggested method of.

Exercise 3

Дайте английские эквиваленты русским словосочетаниям:

вокруг неподвижной точки; тремя последовательными вращениями; неподвижной декартовой системы координат; пересечём тело; с центром; неподвижную; связанную с твёрдым телом; положение твердого тела; ортами; тремя точками О,А,В; учитывая; положение твёрдого тела; положением точек А и В; удовлетворяющих уравнению связи; начальное положение; соответствует; последовательности поворотов; для доказательства теоремы; отрезка АВ; относительно; таким образом; их проекции на третью координатную ось; с учётом изложенного; конечное положение; займёт положение; на ось ОУ; после этого поворота; описав дугу А3А2; через точку А2; секущую плоскость; пересечёт; окружность; отметим ; по построению; как углы; принадлежащую секущей плоскости А1СА2; проекции отрезков А1В1 и А2В2 ; совпадут; последовательность поворотов; для перевода; соответствующее положению отрезка А1В1; осуществляется; равенства углов; наконец; на угол φ; обратный; переводящий твёрдое тело в; что и требовалось доказать; на основе; подвижной системы координат; мгновенной угловой скорости; естественно; соотношения; определяют; сферического движения; задания его движения.

Exercise 4

Дайте ответы на следующие вопросы:

1. How can arbitrary movement of a rigid body about the immobile point be performed?
2. Prove the theorem: arbitrary movement of a rigid body about the immobile point can be performed by three successive rotations about three co-ordinate axes of immobile rectangular coordinate system with the beginning in the immobile point.
3. What can the position of a rigid body be determined with?
4. What can be determined by the position of points A and B, limiting AB intercept satisfying the constraint equation $(Xp - Xa)^2 = (Yb - Yp)^2 + (Zb - Zp)^2 - 2 = 0$?
5. How can you determine the position of a rigid body performing a spherical motion?
6. What does the initial position of a rigid body correspond to?
7. What does the end position of a rigid body correspond to?
8. What are the intermediate positions?
9. What is it necessary to do to find angles and sequences of turns to prove the theorem?
10. What position will point B3 take if we turn the end position of A3B3 intercept relative axis OX to the angle - φx clockwise till the shifting of point B3 into XOZ coordinate plane?
11. What will B3 point’s projection on the OY axis be?

12. In what case will point A3 take the position A2?
13. When will A3B3 intercept take the position of A2B2 intercept?
14. What will you have if you project A2B2 intercept on the axis OY?
15. Why is the intercept B2C perpendicular to the intercept A1C? Give reasons!
16. Why does BOB2 angle equal to A2CA1 angle?
17. In what case will the projections of intercepts A1B1 and A2B2 on the axis OY coincide?
18. What is the sequence of rotations of a rigid body to shift it from its initial position into its end position?
19. How many rotations are necessary for a rigid body in order to shift it from its initial position into its end position?
20. How many intermediate positions does the body go through before it reaches its end position?
21. What is the matrix of cosines of direction of the mobile system of coordinates relative to the immobile system of coordinates?
22. What kind are the projections of a momentary angle velocity on the axes of the mobile system of coordinates? Write them!

103

23. What type are the projections of a momentary angle velocity on the axes of the immobile system of coordinates?
24. What ratios determine cinematic equations of spherical rotation of a rigid body? Motivate your answer!

Exercise 5

Найдите пары синонимов и составьте со словами из второго столбца предложения:

arbitrary	consecutive
perform	cross
successive	random
intersect	run
unit vector	seeing
to establish a match	length
considering	cross-cut
intercept	equivalent
equation	fulfil
satisfy	relation
on	order

unique	rotation
initial	similar
circle	circumference
intermediate	interstitial
sequence	over
turn	only one
to project on	to image on
to coincide	to resemble
like	home
statement	reston
with allowance r	account
in this case	reciprocally
describe (in arc)	presentation
construction	structure
mutually	in so doing
to shift	the last
the lather	transfer
reverse	contrary
cosine of direction	class
ratio	momentary
instant	direction cosine
type	cosine proportion

Exercise 6

Переведите предложения на английский язык:

- Часть прямой линии, ограниченной с двух сторон, называется **отрезком**.

- Угол измеряется величиной поворота одного луча вокруг **вершины** до тех пор, пока он не перейдёт в положение другого луча.

- Понятие **точки** и **прямой линии** являются начальными понятиями.

- Угол считается положительным, если вращение выполняется **против часовой стрелки** и отрицательным, если вращение выполняется **по часовой стрелке.**

- **Треугольник** – это многоугольник с тремя сторонами (или углами)
- 106
- Три высоты треугольника пересекаются в одной точке, называемой **ортоцентром** треугольника.
- **Теорема** есть утверждение, устанавливающее некоторое свойство и требующее доказательства.
- Прямая линия, ограниченная с одного конца и неограниченная с другого, называется **стороной угла**.
- **Геометрическая сумма ускорений**, вызываемых силами взаимодействия точки M1 с остальными точками, пропорциональна геометрической сумме сил взаимодействия.

Это надо знать

- *Моментом силы* $\vec{F}$ *относительно оси X* называется алгебраическое значение проекции на эту ось вектора момента силы $\vec{F}$ относительно произвольной точки O, взятой на оси *X.*
- Момент относительно оси – это момент составляющей силы в перпендикулярной плоскости к оси относительно точки пересечения плоскости и оси.
- Материальная точка пребывает в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения относительно инерциальной системы отсчёта до тех пор, пока действующие на неё силы не изменят это состояние.
- Производная по времени от количества движения материальной точки геометрически равна силе, приложенной к точке. Или, при постоянной массе, произведение массы точки на её аб-

солютное ускорение геометрически равно приложенной к материальной точке силе.

- Две любые материальные точки взаимодействуют друг с другом с силами, направленными по прямой,

соединяющей эти точки, равными по величине и противоположно направленными.

Exercise 7

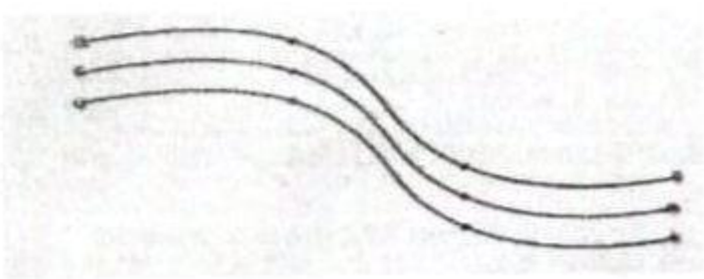
Задание: а) Сделайте письменный перевод текста «Это надо знать» на английский язык; в) обсудите с партнёром

TEXT FOR DISCUSSION

МЕХАНКА ТВЁРДОГО ТЕЛА

Модель абсолютно твердого тела. Виды движения твердого тела Описание движения механической системы из n материальных точек довольно сложная задача. В этом случае система имеет 3n степени свободы, и требуется решить 3n уравнений для выяснения характера её движения. Ситуация существенно упрощается, если в процессе движения расстояние между точками системы не меняется. Можно представить себе, что каждая из точек системы соединена жесткими невесомыми стержнями с соседними точками. Такую систему назовем абсолютно твердым телом. Для задания положения такого тела необходимо определить положения трех точек, не лежащих на одной прямой, расстояния между которыми заданы. Следовательно, число независимых координат, определяющих положение абсолютно твердого тела, равно шести, так как каждая из точек имеет три степени свободы, а положения этих точек связаны тремя уравнениями прямых. Таким образом, для описания свободного движения абсолютно твердого тела нужно иметь всего два векторных уравнения. Движение многих твердых тел в механике можно рассматривать как движение абсолютно твердых тел. Такое моделирование применяется для описания движения тел, изменением формы и размеров которых можно пренебречь в процессе движения. Различают пять видов движения твердого тела: поступательное, вращательное, плоское, движение вокруг неподвижной точки, свободное.

При поступательном движении любая точка твердого тела совершает одинаковые перемещения, при этом прямая, соединяющая две произвольные точки твердого тела, перемещается параллельно самой себе. Примером поступательного движения является движение кабины колеса обозрения. На рис. 5.1 приведены траектории трех мелков, укреплённых на деревянной подставке, совершающей поступательное движение относительно доски. Видно, что траектория движения мелков одинаковы по форме.



(1)

Одинаковыми в этом случае являются также скорости и ускорения каждой точки твёрдого тела, поэтому описание движения тела можно проводить, изучая движение любой точки тела, например его центра масс. Если твёрдое тело вращается вокруг неподвижной оси, проходящей через две произвольные точки тела, то такое движение называется вращательным движением вокруг оси. Каждая тачка тела в этом случае движется по окружности с одинаковой угловой скоростью и одинаковым угловым ускорением. Примерами вращательного движения являются движение ротора, пропеллера самолёта, лопастей винта вертолёта относительно тела закрепления. Если начало координат выбрать на оси вращения, а оси координат направить

так, чтобы ось вращения совпадала с осью OZ и была направлена вдоль направления вектора угловой скорости w (рис. 5.2), то скорость любой точки с радиус-вектором R можно определить по формуле Эйлера и = [w,R], а ускорение а , взяв производную по времени от v.

$$\bar{a} = \frac{d\bar{v}}{dt} = [\bar{\omega}, \frac{d\bar{R}}{dt}] = [\frac{d\bar{\omega}}{dt}, \bar{R}].$$

Так как dR/dt есть скорость точки v и dw/dt - угловое ускорение E, то (5.1) можно записать в виде

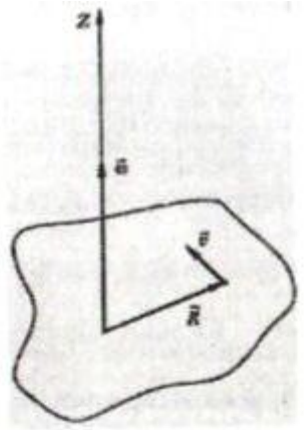
$$\mathbf{a} = [\mathbf{w}, \mathbf{v}] + [\mathbf{e}, \mathbf{R}] = [\mathbf{w}, [\mathbf{w}, \mathbf{R}]] + [\mathbf{e}, \mathbf{R}].$$

Преобразуя первое слагаемое в выражении (5.2) по известному правилу

[A, [B, C] =B(AC -C(A-B), получим:

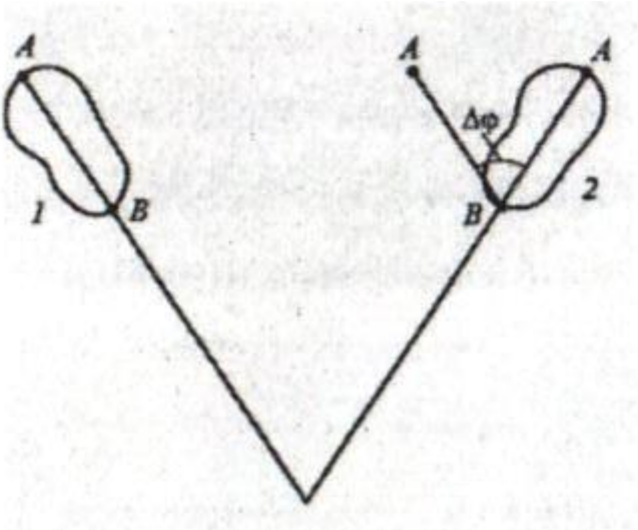
$$\vec{a} = [\vec{\omega}, [\vec{\omega}, \vec{R}]] + [\vec{\varepsilon}, \vec{R}] = \vec{\omega}(\vec{\omega} \cdot \vec{R}) - \vec{R}\omega^2 + [\vec{\varepsilon}, \vec{R}] = \vec{\omega}\omega\vec{R}\cos(\widehat{\vec{\omega}, \vec{R}}) - \vec{R}\omega^2 + [\vec{\varepsilon}, \vec{R}] = \omega^2\vec{R}\cos(\widehat{\vec{\omega}, \vec{R}})\vec{j} - \vec{R}\omega^2 + [\vec{\varepsilon}, \vec{R}] = -\omega^2\vec{R}_0 + [\vec{\varepsilon}, \vec{R}], \quad (5.3)$$

где Ro - вектор, соединяющий ось вращаения с точкой по нормали к оси. Из (3) видно, что ускорение точки твёрдого тела есть сумма двух ускорений: нормального, равного - (w^2)Ro и тангенциального, равного [e, R].



(2)

В случае плоского движения твёрдого тела все его точки перемещаются в паралленльных плоскостях. Примером плоского движения является движение колёс велосипеда при движении по прямой дороге. Плоское движение можеть быть представлено как суперпозиция двух движений твёрдого тела: поступательного и вращательного. Представим себе, что твёрдое тело произвольной формы совершило перемещение в плоскости рисунка из положения 1 в положение 2 (рис. 3)



(3)

Это перемещение можно представить как поступательное перемещение прямой AB и поворот на угол вокруг оси, проходящей через точку B перпендикулярно плоскости рисунка. Положение оси вращения зависит от выбора значения поступательного перемещения, но угол поворота во всех случаях будет одинаковым. Таким образом, результирующее перемещение дельта R = дельта Rпост + [дельта ф, R], а скорость будет определяться выражением

$$v = v_{пост} + [a, R].$$

При описании плоского движения скорость поступательного движения тела можно выбирать произвольно, в частности равной нулю. В этом случае говорят, что вращение тела происходит вокруг мгновенной оси вращения, потому что s следующий момент времени ось вращения может изменить своё положение относительно тела. Если мгновенная ось проходит через точки тела, то они в этот момент времени имеют нулевую скорость движения.

Например, при качении колеса па прямой дороге без скольжения мгновенная ось вращения проходит через точку касания обода колеса с дорогой.В каждый момент времени можно считать, что все точки колеса обращаются вокруг мгновенной оси с одинаковой угловой скоростью (4)

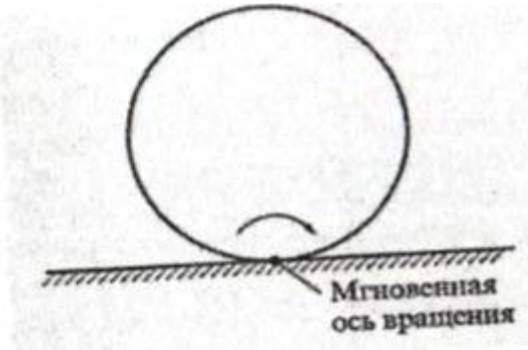


Рис. 4

При движении твёрдого тела вокруг закреплённой точки поступательное движение тела невозможно. Примером такого рода движения является движение волчка. Наблюдения за его вращением позволяют сделать вывод о том, что в этом случае тело вращается вокруг оси, неподвижной относительно тела, но вращающейся относительно системы координат, связанной с наблюдателем. Результирующее движение в данном случае можно представить как суперпозицию двух вращений.

При свободном движении твёрдое тело может участвовать в поступательном движении и вращении относительно трёх независимых осей вращения. Примером свободного движения является полёт копья или диска, выпущенных рукой спортсмена. Свободное движение является наиболее сложным видом движения твёрдого тела.

Динамика поступательного движения твёрдого тела Предположим, что твёрдое тело с плотностью p(x,y,z) ,объёмом V движения поступательно. Для вывода уравнения движения твёрдого тела в этом случае разабъём твёрдое тела на отдельные малые элементы, которые можно считать материальными точками в условиях рассматриваемой задачи. Массу каждого элемента обозначим через дт. В пределах выделенного малого объёма 1У плотность тела будем считать постоянной, тогда dm = p (x,y,z)dV . Запишем уравнение второго закона Ньютона для элемента массой dm:

$$\frac{d^2(dm\bar{R})}{dt^2} = d\bar{f}_i + d\bar{F}_e,$$

(5)

Где равнодействующая внутренних сил, а равнодействующая внешних сил, действующийх на выделенный элементарный объём твёрдого тела. После интегрирования (5) по всем элементарным массам твёрдого тела получим:

$$\int \frac{d^2(dm\bar{R})}{dt^2} = \int d\bar{f}_i + \int d\bar{F}_e.$$

(6)

В правой части сумма всех внутренних сил равна нулю по третьему закону Ньютона, а сумма всех внешних сил представляет равнодействующую внешних сил F, действующих на твёрдое тело. В левой части (6) подынтергральное выражение умножим и разделим на массу твёрдого тела. После этого примет вид:

$$\frac{\int M \frac{d^2(dm\bar{R})}{dt^2}}{M} = \bar{F}.$$

(7)

Изменив последовательность интегрирования и дифференцирования в левой части (7), получим:

$$\frac{d^2 M \int \frac{dm\bar{R}}{M}}{dt^2} = \bar{F}.$$

(8)

Обозначим J (dmR)/M через Rc - радиус-вектор центра масс твердого тела. Тогда (8) запишется в виде:

$$\frac{d^2(M\bar{R}_c)}{dt^2} = \bar{F}.$$

(9)

Из (9) следует, что поступательное движение твердого тела можно рассматривать как движение одной точки с массой, равной массе твердого тела, сосредоточенной в центре масс твердого тела, происходящее под действием внешних сил, приложенных к центру масс.

Так как радиус-вектор центра масс твёрдого тела определяется

выражением

$$\bar{R}_c = \frac{\int dm\bar{R}}{M},$$

(10)

дифференцированием по времени (10) нетрудно получить выражение для скорости центра масс твердого тела Vc:

$$\bar{V}_c = \frac{\int \bar{v} dm}{M}.$$

(11)

Координаты центра масс твердого тела можно определить из (10):

$$X_c = \frac{\int \rho x dV}{\int \rho dV}; \quad Y_c = \frac{\int \rho y dV}{\int \rho dV}; \quad Z_c = \frac{\int \rho z dV}{\int \rho dV},$$

(12)

а координаты скорости центра масс твердого тела - из (11):

$$V_{xc} = \frac{\int \rho v_x dV}{\int \rho dV}; \quad V_{yc} = \frac{\int \rho v_y dV}{\int \rho dV}; \quad V_{zc} = \frac{\int \rho v_z dV}{\int \rho dV}.$$

(13)

Таким образам, поступательное движение твердого тела однозначно описывается движением центра масс, происходящим под действием всех внешних сил, действующих на твердое тело.

Динамика вращательного движения твердого тела

вокруг неподвижной оси. Момент инерции твердого тела относительно оси вращения Особенности вращении твердого тела вокруг неподвижной оси вращения удобно изучать, наблюдая движение крестовины, способной вращаться вокруг неподвижной оси симметрии, перпендикулярной плоскости чертежа (рис. 5) На оси кроме крестовины укреплены жестко связанные с ней два шкива разных радиусов. На стержнях крестовины симметрично оси вращении закрепляются четыре груза, одинаковых по форме и имеющих равные массы M. Расстояния грузов до оси вращения можно изменять в процессе эксперимента. Момент импульса крестовины с грузами в этом случае относительно центра симметрии направлен вдоль оси вращения. Намотаем на малый шкни нить, перекинем ее через блок Б и подвесим на ней тело массой m. Крестовина придет во вращение под действием силы натяжения нити. Меняя массу m , можно убедиться, что угловое ускорение увеличивается с ростом силы натяжения.

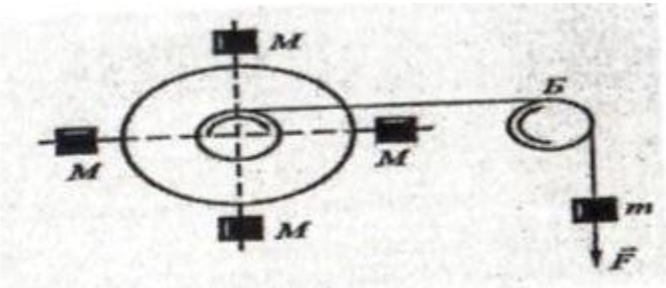


Рис. 5

Меняя положение грузов с массами M при заданной силе натяжения, можно убедиться, что угловое ускорение при этом

изменяется: оно уменьшается, если грузы удалять от оси вращения. Если сила натяжения со стороны нити вместо малого шкива будет действовать на большой, то угловое ускорение возрастает при неизменном расположении грузов. Таким образом, угловое ускорение твердого тела, совершающего вращение вокруг неподвижной оси, зависит как от распределения масс вращающегося тела относительно оси вращения, так и от значения момента силы натяжения нити относительно оси вращения. Для описания вращения твердого тела вокруг неподвижной оси в этом том случае выберем систему координат так, чтобы ее начало лежало на оси вращения, ось OZ совпадала с осью вращения и была направлена вдоль вектора угловой скорости. Для описания вращения твердого тела воспользуемся выражением (14) для z -проекции уравнения моментов dLz/dt = Mz. Применительно к рассматриваемому случаю Lz - это проекция момента импульса твердого тела, а Mz - это проекция момента внешней силы на ось OZ.

Значение Lz можно определить по формуле (17), заменяя m, па дт и суммирование на интегрирование по всему объему твердого тела. В результате имеем:

$$L_z = \omega_z \int (x^2 + y^2) dm = \omega_z \int (x^2 + y^2) \rho dV.$$

(14)

Выражение называется моментом инерции твёрдого тела относительно OZ.

Угловое ускорение твердого тела будет вызываться только той составляющей силы натяжения, которая создает проекцию момента силы на ось OZ отличную от нуля. Действие других составляющих внешней силы компенсируется силами упругости, возникающими в подшипниках, обеспечивающих крепление оси вращения. Силы упругости приводят к созданию моментов сил, действующих па твердое тело так, что их проекции на оси OX и OY полностью компенсируют проекции момента внешних сил на оси OX и OY. Проекцию момента внешней силы на ось вращения OZ можно определить, представив радиус-Вектор и силу в виде суммы двух составляющих : параллельной и перпендикулярной оси OZ.

Тогда выражение для момента силы будет иметь вид:

$$\vec{M} = [(\vec{R}_{\perp} + \vec{R}_{\parallel}),(\vec{F}_{\perp} + \vec{F}_{\parallel})] = [\vec{R}_{\perp},\vec{F}_{\perp}] + [\vec{R}_{\perp},\vec{F}_{\parallel}] + [\vec{R}_{\parallel},\vec{F}_{\perp}] + [\vec{R}_{\parallel},\vec{F}_{\parallel}].$$

(15)

Последнее слагаемое в выражении (15) равно нулю как векторное произведение двух коллинеарных векторов. Второе и третье слагаемые не могут давать вклада в проекцию вектора M на ось OZ, так как они соответствуют векторам, направленным перпендикулярно этой оси. Первое слагаемое соответствует составляющей вектора M, параллельной оси OZ. Действительно, представляет собой вектор, направленный вдоль оси OZ; модуль этого вектора зависит от проекций векторов R и F на оси OX и OY и численно равен произведению перпендикулярной составляющей внешней силы на плечо силы - кратчайшее расстояние между осью и линией действия силы.

С учетом сказанного уравнение моментов, определяющее движение твердого тела вокруг произвольной неподвижной оси, может быть записано в виде:

$$\frac{d(I\omega)}{dt} = M_z,$$

(16)

где 1 - момент инерции твердого тела относительно оси вращения, - угловая скорость вращения, Mz, - проекция момента внешних сил на ось вращения. Уравнение (16) называется основным уравнением динамики вращательного движения твердого тела вокруг неподвижный оси. По форме оно напоминает основное уравнение динамики для материальной точки с тем отличием, что роль массы играет момент инерции относительно оси вращения, роль скорости -угловая скорость, роль силы - момент силы относительно оси вращения.

Так как для твердого тела I не изменяется в процессе движения, то (16) можно записать в виде:

$$I\frac{d\omega}{dt}=M_z.$$

(17)

Если момент внешних сил относительно оси вращения равен нулю, то произведение момента инерции твердого тела относительно оси вращения на угловую скорость, или проекция момента импульса на ось вращения, не изменяются со временем:

Iw = const.

(18)

Форма записи закона сохранения проекции момента импульса на ось вращения аналогична закону сохранения проекции импульса материальной точки на некоторое направление при условии замены m на I, v на. Эту аналогию можно продолжить, рассмотрев выражение и для кинетической энергии твердого тела, вращающегося вокруг оси. Если учесть, что скорость элемента твердого тела массой dm равна где r - расстояние от элемента до оси вращения, то кинетическую энергию твердого тела можно представить гак:

$$K=\int dm\frac{\omega^2 r^2}{2}=\int r^2 dm\frac{\omega^2}{2}=\frac{I\omega^2}{2},$$

где I- момент инерции твердого тела относительно оси вращения. Нетрудно увидеть сходство (5.19) с выражением для кинетической энергии материальной точки, имеющей скорость

v: K= (mv^2)/2.

Если твердое тело вращается вокруг оси так, что его момент импульса относительна некоторого центра составляет некоторый угол с осью вращения , то для сохранения постоянной угловой скорости вращения на ось со стороны подшипников должна действовать сила , момент которой относительна центра обеспечивал бы поворот вектора момента импульса вокруг оси, сохраняющий его проекцию па ось вращения. В качестве примера такой ситуации рассмотрим вращение однородного стержня, жестко скрепленного с осью вращения под углом альфа как показано на рис. 5.6. Момент импульса L стержня относительно точки О будет направлен под углом. Вектор угловой скорости направлен вдоль оси вращения вверх. Тогда в процессе движения стержня вектор момента импульса будет поворачиваться относительно оси вращения так, чтобы его проекция на ось оставалась постоянной. При этом на стержень со стороны подшипников должны действовать силы реакции, момент М относительно точки О равен dL/dt. Из рис. 5.6 видно, что отсюда т. е. для поддержания вращения с постоянной угловой скоростью в этом случае на тело со стороны подшипников должны действовать силы, изменяющие в пространстве направление вектора L твёрдого тела.

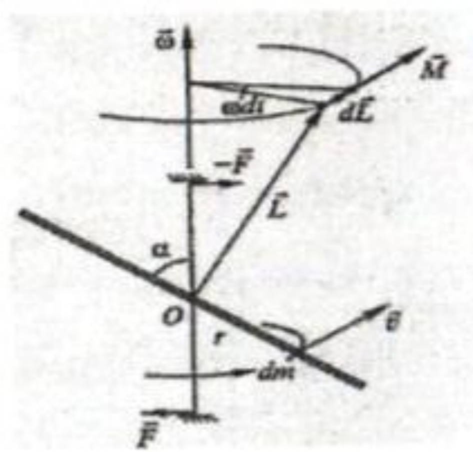


Рис.6

Если угол альфа будет равен то для поддержания вращения вокруг оси необходимость в действии сил реакции со стороны подшипников отпадает. В этом случае ось вращения твердого тела называют свободной осью тела. В опыте с маятником Обербека вращение происходило вокруг свободной оси.

Определение момента инерции твердого тела.Теорема Штейнера

Как видно из выражений (17) и (19), момент инерции твёрдого тела относительно оси вращения играет существенную роль при описании вращения тела вокруг оси и определении кинетической энергии твёрдого тела при вращении..Момент инерции твердого тела относительно некоторой оси вращения можно определить эксперементально или расчитать теоритически . Расчет момента инерции проводится с использованием выражения (14) и методов интегрального исчисления. Момент инерции тела, так же как и его масса, является аддитивной величиной. В опыте с маятником Обербека момент инерции твердого тела определяется суммой моментов инерции четырех металлических стержней относительно оси вращения , проходящей через конец стержня, момента инерции двух шкивов, представляющих собой цилиндрические тела с осью вращения ,проходящей через их центр инерции, и момента инерции четырёх грузов, укрепленных на стержнях. определим момент инерции каждого из этих тел относительно оси вращения. Момент инерции однородного металлического стержня длиной 1 относительно оси вращения, проходящей через конец стержня, можно найти , разбив стержень по длине на элементарные участки массой dm, равной произведению плотности р материала стержня на элементарный объем Sdx, где S - площадь поперечного сечения стержня, dx - длина выделенного элементарно го участка вдоль оси OX (рис.7). Момент инерции dl элемент массой dm относительно оси вращения OY равен

$$dI={}_{\rho}Sx^2dx.$$

Интегрируя (Рис.21) по x в пределах от 0 до 1, получим:

$$I = \rho S \int_0^l x^2 dx = \frac{\rho S l^3}{3}.$$

Учитывая, что масса стержня m = pSl!, выражение (22) перепишем в виде:

$$I = \frac{ml^2}{3}.$$

Рис. 23

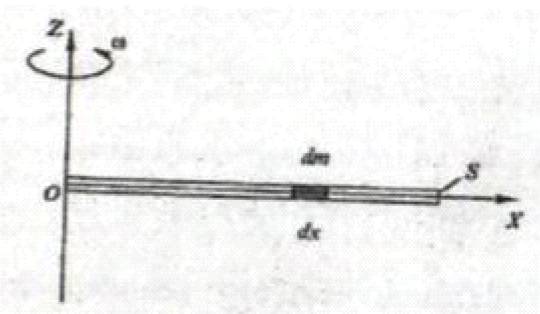


Рис.7

Для определения момента инерции цилиндра плотностью p массой m, радиусом R, высотой H относительно оси цилиндра разобьем его мысленно ка элементартные кольца радиусом r толщиной dr . Момент инерции каждого кольца относительно оси цилиндра равен dl= 2npH(r^3)dr

Момент инерции всего цилиндра получим, интегрируя по r от нуля до R:

$$I=\int_0^R 2\pi\rho H r^3 dr=\frac{\pi\rho H R^4}{2}=\frac{mR^2}{2}.$$

97

Момент инерции грузов, перемещаемых вдоль стержней, можно определить довольно просто, если их расстояние г до оси вращения значительно больше их размеров. Тогда, принимая их за материальные точки, найдём, что момент инерции груза относительно оси

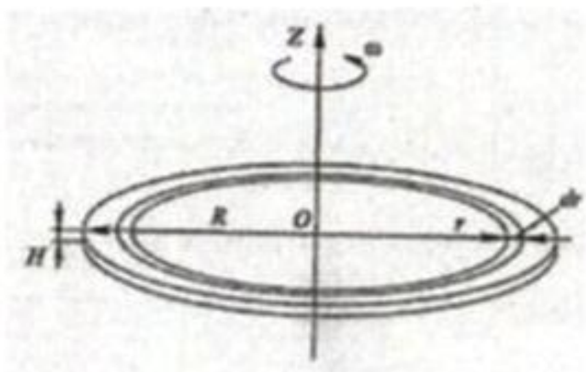


Рис. 8

вращения равен (mг)r^2, где ш,. - масса груза. Складывая моменты инерции всех тел, образующих маятник Обербека, получим общий момент инерции механической системы. Как мы уже убедились при определении момента инерции цилиндрического тела, расчет момента инерции существенно упрощается, если тело обладает симметрией относительно оси вращения. Это правило справедливо и для случая симметрии тела относительно его центра масс. В качестве примера рассмотрим сплошной шар с плотностью р, радиусом R, массой m. Наличие центральной симметрии у шара позволяет утверждать, что момент инерции шара относительно любой оси, проходящей через его центр, имеет одинаковое значение. Воспользовавшись соотношением (20), получим связь между значением момента инерции шара Io относительно центра масс и значением момента инерции Т относительно оси проходящей через его центр : 3I=2I0, откуда I = 2/3I0. Значение I0 можно

определить сравнительно просто, если разбить объем шара на элементарные шаровые слои радиусом r и толщиной dr (рис 9) Каждый из таких слоев будет иметь момент инерции относительно центра шара, равный. Интегрируя эта выражение по r от 0 до R, получим для I0 следующее значение x

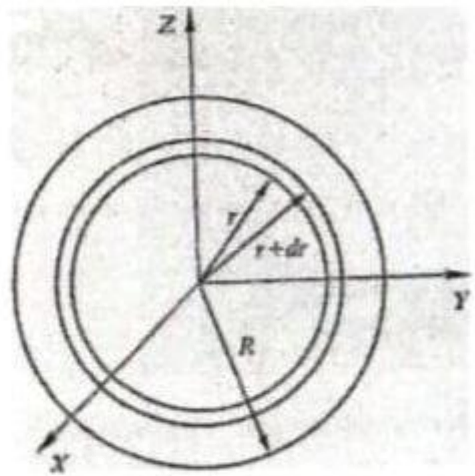


Рис. 9

Зная момент инерции I0 тела относительно оси, проходящей через его центр , можно определить момент инерции I тела относительна любой параллельной оси Связь между значениями I и I0 устанавливает теорема Штейнера , в которой утверждается, что момент инерции тела массой m относительно произвольной оси равен сумме момента инерции I0 тела относительно параллельной оси , проходящей через центр масс , и величины тд2 , где d -

расстояние между осями:

I=I0 + (d^2).

Для доказательства теоремы Штейнера разобьем мысленно тело массы m на элементы массой dm. Обозначим расстояния от этих элементов до параллельных осей через r и r0. Смысл введенных обозначений ясен из рисунка. Так как

r = r0-d , то r^2 = r0^2+d^2+2d*r0. Здесь r0- радиус - вектор элемента

TEXT FOR TRANSLATION

TORUM 740

TORUM 740 — высокопроизводительный роторный зерноуборочный комбайн, который позволяет убирать целый ряд культур на полях с большой урожайностью и сложным агрофоном. Сегодня TORUM 740 убирает любые «сложные» поля. Без потерь. Без простоев. Без препятствий. Эта машина сразу обозначит преимущества мощной, универсальной техники, которая не пасует перед трудностями. TORUM 740 позволяет убирать целый ряд агрокультур на полях с большой урожайностью и сложным агрофоном. Возможности нашей роторной машины уже оценили и еще оценят профессионалы агробизнеса. Высокая результативность, неприхотливость, простота обслуживания, надежность и много больше: ТОЮ.ЗМ 740 не просто дитя прогресса, а новый виток эволюции сельхозтехники. Он прошел испытания в самых тяжелых условиях и доказал свою эффективность. Комбайн TORUM 740 предназначен для уборки традиционных зерновых и колосовых культур прямым и раздельным

комбайнированием. Спектр убираемых культур широк - от пшеницы до риса. Высокопроизводительный комбайн г. роторной схемой обмолота хорошо подойдет хозяйствам с большими посевными площадями и высокой урожайностью: чем больше загружена машина, тем эффективнее становится её работа.

DON 680M

Представляем «Дон 680М». Современный высокопроизводительный кормоуборочный комбайн,

предназначенный для решения задач наивысшей сложности. Возможности этого комбайна позволяют за сезон заготовить до 30 тысяч тонн высококачественных кормов: силос, сенаж, зерносенаж, зеленый корм. При этом по уровню затрат на приобретение и эксплуатацию «Дон 680М» является, пожалуй, самым доступным и эффективным. Уже более двух тысяч хозяйств в 7 странах мира смогли по достоинству оценить все преимущества «Дон 680М».

Прямоточная схема проводки кормов, измельчитель с 24 ножами V-образного расположения, 290-сильный турбодизель, непрерывная резка с высокой постоянной частотой — 20 112 резов в минуту, ускоритель выгрузки, высокопроизводительные адаптеры, широкий диапазон скоростей комбайнирования.
Три режима измельчения 3,5/8/20 мм, самая минимальная резка 3,5 мм, переключение режимов резки прямо с рабочего места, регулировка длины резки без смены ножей, роторный доизмельчитель зерна.
Набор адаптеров для уборки всех типов кормовых культур, удлинитель козырька силосопровода и прижимные пружины подборщика для работы без потерь в ветреную погоду, система копирования травяной жаткой и подборщиком рельефа поля в продольно-поперечном направлении, приспособленность роторной жатки к работе на высокоурожайной и низкоурожайной кукурузе, мощная гидростатическая трансмиссия, полный привод (по заказу), фары и подсветка для работы ночью.
Центральное расположение кабины, большая площадь остекления, тонированные стекла, шумоизоляция, кондиционер, отопитель, дополнительное сидение, эргономичное расположение органов управления, гидроусилитель руля.

VECTOR 420

У «Вектора» мощная, выразительная, можно сказать, мускулистая внешность. Четкие чистые грани, напряженное сочленение плоскостей выделяет этот комбайн на фоне привычного, распространенного в последнее время биодизайна. Отличительные черты новой кабины — это большая площадь остекления (почти 5 кв. м) и 6 мощных 70 Вт галогенных фар. В результате — беспрепятственный обзор жатки при работе как днем, так и ночью.

При разработке «Вектора» конструкторы остались верны отлично зарекомендовавшей себя классической однобарабанной схеме. Большой барабан диаметром 800 мм и протяженное подбарабанье создают огромную площадь обмолачиваемой поверхности. На этом этапе вымолачивается до 95% зерна. Высокая инерционность барабана позволяет легко справляться с трудными высокосоломистыми или засоренными хлебами.

«Вектор» получил новый 6-ти цилиндровый двигатель с турбонаддувом «ЯМЗ 236-НД2» мощностью 210 л.с. и запасом крутящего момента не менее 15%.

Системы гидравлики и электроснабжения претерпели ряд изменений, направленных в первую очередь на повышение надежности и удобства обслуживания комбайна.

С октября 2006 года зерноуборочный комбайн Вектор оснащается новой жаткой серии Power Stream шириной захвата 5, 6, 7 и 9 м. Практика подтверждает, что применение этих жаток сокращает потери зерна из-за осыпания и обеспечивает равномерную подачу вне зависимости от условий работы. Жатки Power Stream создают основу для максимальной производительности комбайнов Ростсельмаш.

Рулонный Pelikan 1200

Рулонный пресс-подборщик Pelikan применяется в зонах равнинного землепользования и агрегатируется с тракторами тягового класса 0,9 и 1,4 т.с. Легкий и компактный, он бережет почву и удивляет быстротой работы.

Пресс-подборщик ППР-120 Pelikan предназначен для подбора валков сена естественных и сеяных трав или соломы, прессования их в рулоны с последующей обмоткой шпагатом. Пресс-подборщик можно также использовать для вспушивания валков, чтобы ускорить сушку сена.

В работе Pelikan — это сочетание надежности, комфорта и великолепного результата.

Отменное качество прессования достигается за счет примененной в пресс-подборщике комбинированной схемы, цепочно-планчатый транспортер сочетается с цилиндрическими вальцами. Масса прессуется равномерно, это гарантирует длительное хранение, а значит, и высокое качество кормов. Формирование рулонов и обвязывание происходит за минимальное время. Уникальный двухнитевой обвязывающий механизм исключает обрывы шпагата, а керамические глазки и натяжные механизмы гарантируют отсутствие повреждений.

С помощью пульта управления оператор полностью контролирует процесс прессования: плотность и расход шпагата.

Прочный карданный вал и предохранители на муфтах защищают машину от перегрузок. Автоматическая система смазки цепных передач во время работы обеспечивает безотказное функционирование пресс-подборщика.

ACROS 580

Производством зерна занимается множество хозяйств. При выборе техники, в том числе зерноуборочных комбайнов, руководитель каждого хозяйства следует своим принципам. Кто-то ориентируется на громкие имена производителей. Кого- то привлекают сверхсовременные, модные технологии. Кому-то кажется, что внушительная стоимость и рекордная производительность машин будет гарантировать успешную работу. Такие хозяйства есть, но комбайны Ростсельмаш — не для них.

Комбайны Ростсельмаш выбирают те, кому важен, прежде всего, финансовый результат, кто ищет и находит оптимальные решения во всем, в том числе в вопросе выбора техники. Те, для которых производство зерна — прибыльный бизнес, а не «битва за урожай» любой ценой. Комбайны Ростсельмаш — для Профессионалов Агробизнеса.

Представляем ACROS — новое поколение высокопроизводительных зерноуборочных комбайнов Ростсельмаш.

Комбайны ACROS оснащаются жатками серии Power Stream шириной захвата 6, 7 и 9 м. Практика подтверждает, что применение этих жаток сокращает потери зерна из-за осыпания и обеспечивает равномерную подачу вне зависимости от условий работы. Power Stream создает основу для максимальной производительности ACROS.

RSM 1701

RSM 1401 — инновационный, сверхпроизводительный кормоуборочный комбайн. Он полностью удовлетворяет требованиям крупных агрохолдингов и фермеров, нуждающихся в высокопроизводительной и эффективной технике. RSM 1401 рассчитан на заготовку 140 тонн силосных кормов в час при рабочей скорости до 18 км/ч. Он способен обеспечить хозяйство высококачественными кормами в большом объеме и в кратчайшие сроки.

Решение о разработке еще одной модели кормоуборочных комбайнов Ростсельмаш принял под влиянием активного развития животноводства и ростом потребности в наиболее производительной технике для заготовки кормов. Результатом стала машина, главными характеристиками которой стали максимальная производительность, высокая эффективность, отличное качество измельчения массы и простота в управлении. Прямолинейная проводка растительной массы, V-образное расположение ножей, ускоритель выгрузки, мощный 400 л.с. двигатель, высокая транспортная скорость (до 30 км/ч).

Набор высокопроизводительных адаптеров для уборки всех типов кормовых культур, система копирования травяной жаткой и подборщиком рельефа поля, надежный мост, гидростатическая

трансмиссия, полный привод всех колес. Все это позволяет комбайну уверенно чувствовать себя на любой почве, в любых погодных условиях.
Просторная двухместная кабина Comfort Cab с великолепным круговым обзором, мощное освещение, пониженный уровень шума, эргономичное расположение органов управления, кондиционер, отопитель, развитая информационная система с уникальной функцией голосового оповещения.

Тюковой Tukan 1600

Тюковой пресс-подборщик ППТ-041 Tukan — универсальное средство подбора валков сена естественных и сеяных трав или соломы, прессования их в тюки прямоугольной формы с обвязкой шпагатом. Он подходит для прессования даже легких культур, благодаря системе регулирования плотности. Tukan используется в зонах равнинного землепользования и агрегатируется с тракторами тягового класса 0,9 и 1,4 т.с. Подбирающий механизм обеспечивает максимум собранного корма, в то же время исключен подбор камней — ничего лишнего не попадает в тюки. Длина тюка может быть отрегулирована в пределах от 0.5 до 1.3 м, это позволяет максимально эффективно использовать площадь хранения. Tukan точно копирует рельеф, благодаря подвеске на четырех индивидуально регулируемых независимых пружинах и амортизатору, которые предотвращают раскачивание и удары.
Ящик загрузки шпагата рассчи- тан на 8 рулонов, это гаранти-

рует продолжительную работу и надёжную обвязку тюков.

Машина надежно защищена от перегрузок, двусторонние ножи в высшей степени износостойки, благодаря специальной термообработке.

Выгрузное устройство позволяет проводить последовательную погрузку тюков в прицеп

Niva Effect

Изначально выполненная в спартанском духе, новая кабина приятно удивит своим комфортом.

Гидросоединения стали герметичнее и чище после замены паяных соединений на соединения с помощью врезающегося кольца. Это гарантирует надежную герметичность при многократном монтаже и демонтаже. Резиновые уплотнения заменены на фторкаучуковые — они дают меньшую усадку и гораздо долговечнее. Новый двигатель Д-442-54Р (55Р — с электрозапуском) с турбонаддувом и встроенным теплообменником, обладает большим ресурсом и меньшим расходом топлива.

Ведущий мост — плавный гидростатический привод ведущих колес существенно облегчает управление, дает плавное изменение скорости, ровный ход и хорошую маневренность. Теперь можно двигаться со скоростью даже 0,1 км/час.

Для удобства замера давления в основной гидросистеме и гидросистеме рулевого управления введены места для подсоединения манометра.

В дополнении к универсальному измельчителю-разбрасывателю МУН-5 введен новый измельчитель-разбрасыватель, имеющий простую и надежную конструкцию, меньший вес.

СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ
ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ

А, а – альфа	I, ι – йота	Р, ρ – ро
В, β – бета	К, □ - каппа	Σ, σ – сигма
Г, γ – гамма	Λ, λ – ламбда	Т, τ – тау
Δ, δ – дельта	М, μ – мю	Y, υ – ипсилон
Е, ε – эпсилон	N, ν – ню	Ф, φ – фи
Z, ζ – дзета	Ξ, ξ – кси	Х, χ – хи
Н, η – эта	О, о – омикрон	Ψ, у – пси
Θ,θ,□ – тета	П, π – пи	Ω, ω – омега

Основные единицы СИ в механике

Секунда - это промежуток времени, в течении которого совершается 9 192 631 770 колебаний электромагнитного излучения, соответствующего переходу между двумя определёнными сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия - 133. Эталон времени и частоты состоит из атомно-лучевой трубки с пучком атомов цезия и радиотехнического устройства, которое дает набор электрических сигналов фиксированной частоты. Секунда приблизительно равна 1/86400 средних солнечных суток. Метр - это длина, равная 1 650 763,73 длин волн в вакууме оранжевой линии атома криптона-86(линии соответствуют переходу между уровнями 2р10 и 5d5 данного атома). Эталон для воспроизведения метра

представляет собой комплекс аппаратуры, включающем! интерферометры для точно измерения длин. Метр приблизительно равен 1/40 000 000 доле длины земного меридиана.

Килограмм - это масса платино - иридиевого эталона, хранящегося в Международном бюро мер и весов (в Севре, близ Парижа). Масса эталона близка к массе 1дм^3 чистой воды при 4 градусах.

Некоторые сведения о векторах

Скалярное произведение векторов:

ab=ba=abcosa; a(b+c)=ab+ac

Векторное произведение векторов:

[ab]= -[Ьa]; l[ab]l=absina

[a,Ь+c]=[aЬ]+[ac]

Смешанное, или векторно-скалярное, произведение трёх векторов является скаляром и численно равно объёму параллелепипеда, построенного на этих векторах:

a[bc]=b[ca]=c[ab]; a[bc]= -b[ac]= -a[cb].

Двойное векторное произведение:

[a[bc]]=b(ac)= -c(ab).

Произведение векторов. Если

a=a1e1+a2e2+a3e3;

b=b1e1+b2e2+b3e3,

где e1, e2, e3 - координатные орты (взаимно перпендикулярные и образующие правую тройку), то

113

$$ab=a_1b_1+a_2b_2+a_3b_3;$$

$$[ab]=\begin{vmatrix} e1 & e2 & e3 \\ a1 & a2 & a3 \\ b1 & b2 & b3 \end{vmatrix}=(a_2b_3-a_3b_2)e_1+(a_3b_1-a_1b_3)e_2+(a_1b_2-a_2b_1)e_3.$$

Правила дифференцирования векторов, зависящих от некоторой скалярной переменной t:

$$\frac{d}{dt}(a+b)=\frac{da}{dt}+\frac{db}{dt}; \quad \frac{d}{dt}(ab)=\frac{da}{dt}b+a\frac{db}{dt};$$

$$\frac{d}{dt}(\alpha a)=\frac{d\alpha}{dt}a+\alpha\frac{da}{dt}; \quad \frac{d}{dt}[ab]=[\frac{da}{dt}b]+[a\frac{db}{dt}].$$

Десятичные приставки к названиям единиц

Т – тера (10^{12})	с – санти (10^{-2})
Г – гига (10^{9})	м – мили (10^{-3})
М – мега (10^{6})	мк – микро (10^{-6})
к – кило (10^{3})	н – нано (10^{-9})
г – гекто (10^{2})	п – пико (10^{-12})
да – дека(10^{1})	ф – фемто (10^{-15})
д – деци (10^{-1})	а – атто (10^{-18})

Примеры:

нм – нанометр (10^{-9}м),

кН – килоньютон (10^{3}Н),

МэВ – мегаэлектрон-вольт (10^{6} эВ),

мкВт – микроватт (10^{-6} Вт)

114

ЛИТЕРАТУРА:

1. Проблемы механики современных машин. Материалы международной конференции /ВСГТУ - Улан-Удэ, 2000. - Т. 1. - 300 с.
2. И.М. Воронков. Курс теоретической механики. Государственное издательство техникотеоретической литературы. Москва 1954г. - 547 с.
3. Oxford Advanced Learner's Dictionary of Current English. A.S. Hornby. Oxford University Press, 1987г.
4. Русско-английский политехнический словарь, Москва «РУССО», 2005 - 723 с.
5. Т.Т. Туранов. Кинематика и динамика механизмов и машин. Ташкент. Издательство «Фан» Академии наук республики Узбекистан. 1995г. - 254 с.
6. Н.Е. Жуковский. Кинематика - Статика - Динамика точки. Москва. Издательство «Едиториал УРСС» 2004г. - 402 с.
7. Пестриков В.М., Морозов Е.М. Механика разрушения твёрдых тел. Санкт-Петербург. Издательство «Профессия», 2002 - 320 с.
8. Калинчук В.В., Беленкова Т.И. Динамические контактные задачи для предварительно напряжённых полуограниченных тел. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2002г. - 240 с.
9. Верещагин И.К., Кокин Е.М., Никитенко В.А., Селезнёв В.А., Серов Е.А. Физика твёрдого тела: Учебное пособие для втузов. Москва. Высш. Шк., 2001г.-237 с.
10. Гершензон Е.М. и др., Механика:учебное пособие для студентов высших педагогических учебных заведений/ Е.М. Гершензон, Н.Н. Малов, А.Н. Мансуров.-М.: Издательский центр «Академия»,2001 .-384с