6. Кинемо-динамика равномерного кругового покоя-движения материальной точки

6.1. Потенциально-кинетический вектор движения по окружности

Кинематика и динамика прямолинейного и вращательного движений все еще находится в стадии развития и потребуется много усилий для создания достаточно зрелой теории этих движений. Понимание кинемо-динамики невозможно, если не принимать во внимание симметрично-асимметричные движение и покой, которые должны описываться вместе. Н. Н. Ге писал: "Никогда не позволяйте себе видеть одну часть без всего общего... Всякий раз, когда рисуете часть, рисуйте ее в смысле с общим: симметричные части всегда рисуйте вместе и в одно время...". Это справедливо и в точных науках, ибо они дают логические, математические и физические картины природы. Для углубленного диалектического описания нам потребуется расширить лексику понятий кинематики и динамики.

Считаем круговое движение плоским и равномерным. Пусть материальная точка движется против часовой стрелки. Это сложное движение, состоящее из двух взаимно перпендикулярных потенциально-кинетических гармонических колебаний:

$$\hat{\psi}_x = \hat{\psi}_{xp} + \hat{\psi}_{xk} = a\cos\omega t - ia\sin\omega t = ae^{-i\omega t}$$
$$\hat{\psi}_y = \hat{\psi}_{yp} + \hat{\psi}_{yk} = a\sin\omega t + ia\cos\omega t = iae^{-i\omega t} \qquad (2.103)$$

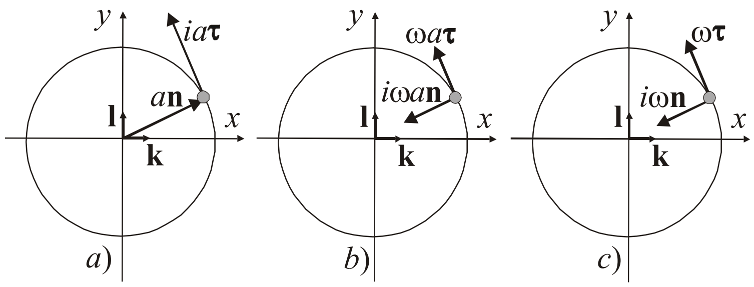

Рис.2.3 Кинематика движения-покоя по окружности; *a*) $\mathbf{r}_p = a\mathbf{n}$ - потенциальный вектор движения, $\mathbf{r}_k = ia\tau$ - кинетический вектор движения; *b*) $\upsilon_p = -i\omega a\mathbf{n}$ - потенциальная скорость, $\upsilon_k = \omega a\tau$ - кинетическая скорость; *c*) $\omega_p = -i\omega\mathbf{n}$ - потенциальная удельная скорость, $\omega_k = \omega\tau$ - кинетическая - удельная скорость.

Знак минус кинетического смещения по оси *x* указывает направление движения вдоль этой оси. Движение по оси *y* есть отрицание движения по оси *x*:

$$\hat{\psi}_y = i\hat{\psi}_x \qquad (2.104)$$

Потенциально-кинетический вектор движения по окружности имеет вид (рис.2.3а):

$$\hat{r} = \hat{\psi}_x\mathbf{k} + \hat{\psi}_y\mathbf{l} = \mathbf{r}_p + \mathbf{r}_k\,, \qquad (2.105)$$

где $\mathbf{k}$ и $\mathbf{l}$ - единичные векторы осей x и y и

$$\mathbf{r}_p = \hat{\psi}_{xp}\mathbf{k} + \hat{\psi}_{yp}\mathbf{l} = a(\cos\omega t \cdot \mathbf{k} + \sin\omega t \cdot \mathbf{l}) = a\mathbf{n} \tag{2.106}$$

- потенциальный радиус с модусом a, характеризующий постоянную, потенциальную сторону вращательного движения и направленный по радиус-вектору точки;

$$\mathbf{r}_k = \hat{\psi}_{xk}\mathbf{k} + \hat{\psi}_{yk}\mathbf{l} = ia(-\sin\omega t \cdot \mathbf{k} + \cos\omega t \cdot \mathbf{l}) = ia\boldsymbol{\tau} \tag{2.107}$$

- кинетический радиус с модусом ai, характеризующий переменную, кинетическую сторону вращательного движения; он перпендикулярен потенциальному радиусу и направлен по касательной в сторону вращения.

Таким образом, потенциально-кинетический вектор с базисными векторами $\mathbf{n}$ и τ имеет вид (рис.2.3а):

$$\hat{\mathbf{r}} = a\hat{\mathbf{n}} + ia\boldsymbol{\tau}, \quad \text{где} \quad \mathbf{n} = \cos\omega t\,\mathbf{k} + \sin\omega t\,\mathbf{l}, \quad \boldsymbol{\tau} = -\sin\omega t\mathbf{k} + \cos\omega t\mathbf{l} \tag{2.108}$$

Его комплексный модуль $\hat{r} = a + ia$.

Потенциальный радиус выражает степень пребывания, а кинетический радиус - степень не пребывания материальной точки в каждой точке круговой траектории. Потенциально-кинетический радиус определяет одновременно пребывание и не пребывание материальной точки в каждой точке окружности. Модус этого же вектора в неподвижном базисе, т.е. базисе векторов $\mathbf{k}$ и $\mathbf{l}$ равен сумме гармонических колебаний по осям x и y:

$$\hat{C} = \hat{\psi}_x + \hat{\psi}_y = \hat{a}e^{-i\omega t}, \tag{2.109}$$

где $\hat{a} = a + ai$ - комплексный модуль потенциально-кинетического радиуса $\hat{r}$.

6.2. Кинетико-потенциальная скорость движения по окружности

Производная от радиус-вектора определяет кинетико-потенциальную скорость движения по окружности (рис.2.3b):

$$\hat{\upsilon} = \frac{d\hat{\mathbf{r}}}{dt} = \upsilon_k + \upsilon_p = \omega a\boldsymbol{\tau} + (-\omega ai)\mathbf{n}, \tag{2.110}$$

где υ_k - тангенциальная кинетическая скорость, направленная по движению и υ_p - нормальная потенциальная скорость, направленная к центру окружности.

Производная от модуса радиус-вектора в неподвижном базисе определяет модусную кинетико-потенциальную скорость движения:

$$\hat{V} = \frac{d\hat{C}}{dt} - i\omega\hat{C} = \hat{\upsilon}e^{-i\omega t}, \tag{2.111}$$

где

$$\hat{\upsilon} = \omega a + (-i\omega a) \tag{2.112}$$

- комплексный модуль скорости.

Кинетическая скорость характеризует количественную сторону движения и качественную сторону покоя, тогда как потенциальная скорость - количественную сторону покоя и качественную сторону движения.

Поле скорости определяет поле удельной скорости. В круговом движении удельная скорость представлена двумя формами - скалярной и векторной. Как скаляр - это потенциально-кинетический угол поворота потенциально-кинетического радиус-вектора точки в единицу времени. Как удельный вектор, скорость имеет вид (рис.2.3c):

$$\hat{\omega} = \frac{\hat{\boldsymbol{\upsilon}}}{a} = \omega_k + \omega_p = \omega\boldsymbol{\tau} + (-i\omega)\mathbf{n}, \tag{2.113}$$

где ω_k - удельная тангенциальная кинетическая скорость и ω_p - нормальная удельная или центростремительная потенциальная скорость. Модусная форма удельной скорости в неподвижном базисе:

$$\hat{\Omega} = \frac{\hat{\upsilon}}{a} = \hat{\omega} e^{-i\omega t}, \tag{2.114}$$

где

$$\hat{\omega} = \omega + (-i\omega) \tag{2.115}$$

- комплексный модуль удельной скорости.

6.3. Поток и циркуляция в круговом движении

Вектор скорости определяет кинематический продольно-поперечный поток через круговую траекторию движения:

$$\hat{\Gamma} = 2\pi a\hat{\upsilon} = \Gamma_k + \Gamma_p, \tag{2.116}$$

где

$$\Gamma_k = 2\pi a\upsilon_k = 2\pi a^2\omega\boldsymbol{\tau} \tag{2.117}$$

- поперечный кинетический поток или циркуляция, и

$$\Gamma_p = 2\pi a\upsilon_p = 2\pi a^2(-i\omega\mathbf{n}) \tag{2.118}$$

- продольный потенциальный поток.

Можно сказать, поперечный кинематический поток - это продольная циркуляция, а продольный потенциальный поток - это поперечная циркуляция. Связь скорости и циркуляции аналогична подобным понятия в теории ряда полей:

$$\hat{\upsilon} = \frac{\hat{\Gamma}}{2\pi a} \tag{2.119}$$

6.4. Плотность потока, ротородивергенция

Все познается в сравнении и вне сравнения познание немыслимо, поэтому имеет смысл ввести также понятие плотности потока, равного отношению потока к площади круга описываемого точкой:

$$\hat{\mathbf{j}} = \frac{\hat{\Gamma}}{S} = \mathbf{j}_k + \mathbf{j}_p \tag{2.120}$$

Кинетическую составляющую плотности потока называем роторной составляющей плотности потока или ротором скорости:

$$rot(\hat{\upsilon}) = \mathbf{j}_k = 2\omega\boldsymbol{\tau}\,. \tag{2.121}$$

Потенциальную составляющую плотности потока называем дивергентной составляющей плотности потока или дивергенцией скорости:

$$div(\hat{\upsilon}) = \mathbf{j}_p = 2(-i\omega\mathbf{n})\,. \tag{2.122}$$

Полную плотность потока называем databases ротородивергенцией и обозначаем символом

$$rodiv(\hat{\upsilon}) = rot(\hat{\upsilon}) + div(\hat{\upsilon}) = \hat{\mathbf{j}} = 2\hat{\omega}\,.$$

6.5. Кинетико-потенциальный импульс точки на окружности

Кинетико-потенциальный импульс точки на окружности равен

$$\hat{\mathbf{P}} = \frac{d\hat{\mathbf{S}}}{dt} = \mathbf{P}_k + \mathbf{P}_p = m\omega a\boldsymbol{\tau} + m(-i\omega a)\mathbf{n}\,, \tag{2.124}$$

где $\mathbf{P}_k$ - тангенциальный или кинетический импульс и $\mathbf{P}_p$ - нормальный или центростремительный потенциальный импульс. Кинетико-потенциальный импульс и его модусная форма в неподвижном базисе определяются равенствами:

$$\hat{P} = m\hat{\upsilon} = m\omega a + (-mi\omega a)\,, \tag{2.125}$$

$$\hat{P} = \frac{d\hat{C}}{dt} - mi\omega\hat{a}e^{-i\omega t} = (m\omega a - m\omega ai)e^{-i\omega t}\,. \tag{2.126}$$

6.6. Удельный импульс или кинетико-потенциальный заряд

Согласно выражению (2.124) удельный импульс или кинетико-потенциальный заряд имеет вид:

$$\hat{\mathbf{Q}} = \frac{\hat{\mathbf{P}}}{a} = \frac{d\hat{\mathbf{S}}_r}{dt} = \mathbf{Q}_k + \mathbf{Q}_p = m\omega\boldsymbol{\tau} + (-im\omega)\mathbf{n} \tag{2.127}$$

Его модусная форма в подвижном базисе такова:

$$\hat{Q} = m\omega + (-m\omega i)\,. \tag{2.128}$$

В неподвижном базисе модус заряда равен:

$$\hat{Q} = m\hat{\omega} = m(\omega - \omega i)e^{-i\omega t}\,. \tag{2.129}$$

Очевидно,

$$\hat{P} = \hat{Q}a\,. \tag{2.130}$$

Произведение кинематического заряда на радиус окружности определяет его кинематический момент, равный импульсу материальной точки. Кинематический заряд связан с ротородивергенцией скорости и импульса:

$$rodiv(\hat{\upsilon}) = rot(\hat{\upsilon}) + div(\hat{\upsilon}) = 2\frac{\hat{\mathbf{Q}}}{m} \tag{2.131}$$

$$rodiv(\hat{\mathbf{P}}) = rot(\hat{\mathbf{P}}) + div(\hat{\mathbf{P}}) = 2\hat{\mathbf{Q}}\,, \tag{2.132}$$

причем

$$rot(\hat{\mathbf{P}}) = \hat{\mathbf{Q}}_k\,, \qquad rot(\hat{\upsilon}) = 2\frac{\hat{\mathbf{Q}}_k}{m} = 2\hat{\rho}_k\,, \tag{2.133}$$

$$div(\hat{\mathbf{P}}) = \hat{\mathbf{Q}}_p\,, \qquad div(\hat{\upsilon}) = 2\frac{\hat{\mathbf{Q}}_p}{m} = 2\hat{\rho}_p\,, \tag{2.134}$$

где $\hat{\rho}_k$ - вектор плотности поперечного кинетического заряда и $\hat{\rho}_p$ - вектор плотности продольного потенциального заряда.

6.7. Модусные формы ротора и дивергенции импульса

Модусные формы ротора и дивергенции импульса имеют вид

$$rot(\hat{P}) = -m\omega e^{-i\omega t}\,, \qquad div(\hat{P}) = im\omega e^{-i\omega t}\,. \tag{2.135}$$

В этих формах покой есть отрицание движения, но если алгебра покоя есть алгебра *Da*, то алгебра движения есть алгебра *Net*. И тогда

$$rot(\hat{P}) = -im\omega e^{-i\omega t}\,, \qquad div(\hat{P}) = -m\omega e^{-i\omega t}\,. \tag{2.136}$$

Эта инверсия относится ко всем приведенным понятиям. Выбор типа алгебры определяется природой конкретного состояния или явления природы. Если следовать природе движения, необходимо потенциальные смещения, т.е. обычные перемещения материальных точек описывать на стороне идеальных чисел, ибо траектории точек - идеальные линии, а материальные линии - это системы материальных точек, образующих линии.

6.8. Ускорения

Производная потенциально-кинетической скорости определяют потенциально-кинетическое ускорение:

$$\hat{\mathbf{w}} = \mathbf{w}_p + \mathbf{w}_k = (-\omega^2 a)\mathbf{n} + (-i\omega^2 a)\boldsymbol{\tau} \tag{2.137}$$

где

$$\mathbf{w}_p = (-\omega^2 a)\mathbf{n} \tag{2.137a}$$

- потенциальное ускорение;

$$\mathbf{w}_k = (-i\omega^2 a)\boldsymbol{\tau} \tag{2.137b}$$

- кинетическое ускорение.

Согласно (2.137) удельное потенциально-кинетическое ускорение имеет вид:

$$\hat{\varepsilon} = \varepsilon_p + \varepsilon_k = (-\omega^2)\mathbf{n} + (-\omega^2 i)\boldsymbol{\tau} . \qquad (2.138)$$

Модусные формы ускорений в подвижном и неподвижном базисах имеют вид;

$$\hat{w} = -\omega^2 \hat{a} , \qquad \hat{w} = -\omega^2 \hat{a}\, e^{-i\omega t} \qquad (2.139)$$

$$\hat{\varepsilon} = -\omega^2 (1+i) , \qquad \hat{w} = -\omega^2 (1+i)\, e^{-i\omega t} \qquad (2.140)$$

Нормальное потенциальное ускорение или центростремительное ускорение направленно к центру окружности, кинетическое тангенциальное или вращательное ускорение направлено в сторону противоположную движению. Потенциальное ускорение - количественное, кинетическое ускорение - качественное.

6.9. Кинема, мобилита и кинематический ток

Кинему и кинематический ток можно представить так:

$$\hat{\mathbf{F}} = \frac{d\hat{\mathbf{P}}}{dt} = m\hat{\mathbf{w}} = \mathbf{F}_p + \mathbf{F}_k = (-m\omega^2 a)\mathbf{n} + (-m\omega^2 ai)\boldsymbol{\tau} \qquad (2.141)$$

$$\hat{\mathbf{I}} = \frac{\hat{\mathbf{F}}}{a} = \frac{d\hat{\mathbf{Q}}}{dt} = \mathbf{F}_p + \mathbf{F}_k = (-m\omega^2 a)\mathbf{n} + (-m\omega^2 ai)\boldsymbol{\tau} \qquad (2.142)$$

Кинема определяет мобилиту:

$$\hat{\mathbf{D}} = \mathbf{D}_p + \mathbf{D}_k = m\omega^3 ai\mathbf{n} + (-m\omega^3 a\boldsymbol{\tau}) \qquad (2.143)$$

или

$$\hat{\mathbf{D}} = a\frac{d\hat{\mathbf{I}}}{dt} \qquad (2.143a)$$

Структура и модусная форма кинемы имеют вид

$$\hat{F} = (-m\omega^2 a) + (-im\omega^2 a) = -k\hat{a} , \qquad \hat{F} = -m\omega^2 \hat{a} e^{-i\omega t} = -k\hat{a} e^{-i\omega t} , \qquad (2.144)$$

где $k = m\omega^2$.

Нормальная потенциальная кинема $\mathbf{F}_p = (-m\omega^2 a)\mathbf{n}$ - центростремительная количественная кинема, кинетическая тангенциальная кинема $\mathbf{F}_k = (-m\omega^2 ai)\boldsymbol{\tau}$ - качественная кинема и направлена против движения по окружности.

Из формулы (2.144) получаем структуру и модусную форму кинематического тока

$$\hat{I} = (-m\omega^2) + (-m\omega^2 i) = -k(1+i) , \qquad \hat{I} = -k(1+i)e^{-i\omega t} \qquad (2.145)$$

Он носит потенциально-кинетический продольно-поперечный характер.

Кинема $\hat{F}$, ток $\hat{I}$ и заряд $\hat{Q}$ взаимосвязаны равенством:

$$\hat{F} = \hat{I}a = a\frac{d\hat{Q}}{dt} = -i\omega a\hat{Q} = \hat{Q}\upsilon_p\,, \tag{2.146}$$

где $\upsilon_p = -i\omega a$ модус потенциальной скорости.

Ротородивергенция кинемы определяет кинематический ток:

$$rodiv(\hat{F}) = rot(\hat{F}) + div(\hat{F}) = 2\hat{I}\,. \tag{2.147}$$

Между ротородивергенций скорости, ускорением $\frac{\partial\hat{\upsilon}}{\partial t}$ и удельным зарядом $\frac{\hat{Q}}{m} = \hat{\omega}$ имеет место соотношение:

$$rodiv(\hat{\upsilon}) = rot(\hat{\upsilon}) + div(\hat{\upsilon}) = -\frac{i}{c}\frac{\partial\hat{\upsilon}}{\partial i} + \frac{\hat{Q}}{m}, \tag{2.148}$$

где $c = \omega a$ модуль кинетической скорости.

6.10. Моменты импульса и кинемы

Введем потенциально-кинетические моменты импульса и кинемы

$$\hat{\mathbf{L}} = \hat{\mathbf{P}}a = \hat{\mathbf{L}}_k + \hat{\mathbf{L}}_p = J\hat{\omega} = J\omega\boldsymbol{\tau} + J(-\omega i)\mathbf{n} \tag{2.149}$$

$$\hat{\mathbf{M}} = \hat{\mathbf{F}}a = \mathbf{M}_p + \mathbf{M}_k = J\varepsilon = J\varepsilon_p + J\varepsilon_k\,, \tag{2.150}$$

где

$$\mathbf{M}_p = J\varepsilon_p = J(-\omega^2\mathbf{n}) \tag{2.151}$$

- центростремительный потенциальный момент и

$$\mathbf{M}_k = J\varepsilon_k = J(-\omega^2 i\boldsymbol{\tau}) \tag{2.152}$$

- тангенциальный кинетический момент.

Отношение момента кинематического заряда $\hat{P} = \hat{Q}a$ к моменту импульса $\hat{L} = m\hat{\upsilon}$ имеет вид

$$\frac{\hat{P}}{\hat{L}} = \frac{\hat{Q}}{m\hat{\upsilon}} \tag{2.153}$$

6.11. Полная энергия движения точки по окружности

Определим полную энергию движения точки по окружности

$$\hat{E} = \int \hat{F}d\hat{a} + \hat{E}_0 = \frac{m\hat{\upsilon}^2}{2} = -\frac{k\hat{a}^2}{2} \tag{2.154}$$

или

$$\hat{E} = \frac{m\upsilon_k^2}{2} + \frac{m\upsilon_p^2}{2} + \frac{2\upsilon_k\upsilon_p\cos\alpha}{2} \tag{2.154a}$$

Так как векторы υ_k и υ_p взаимно ортогональны, третье слагаемое энергии обращается в ноль, и окончательно имеем

$$E = \frac{m\upsilon_k^2}{2} + \frac{m\upsilon_p^2}{2} = \frac{p_k^2}{2m} + \frac{p_p^2}{2m} = 0 \quad \text{или} \quad E = \frac{\hbar_k \omega}{2} + \frac{\hbar_p \omega i}{2} = 0, \tag{2.155}$$

где $\hbar_k = m\upsilon_k a$ - кинетический момент импульса и $\hbar_k = m\upsilon_k a$ - потенциальный момент импульса.

Следовательно, при движении по окружности потенциально-кинетическая энергия материальной точки равна нулю.

6.12. Кинематический ток в круговом движении

Рассмотрим один важный аспект движения по окружности. Выделим на ней две точки A и B (рис.2.11), которые делят окружность на две полуокружности. Движение по окружности материальной точки полагаем равномерным, тогда движение по дуге AmB и обратное движение по дуге BnA протекает в течение одинакового промежутка времени, равного полупериоду движения по окружности.

Введем ток массообмена или ток массы или массовый ток через поперечное сечение материальной траектории (поперечное сечение не равно нулю) согласно выражению:

$$\hat{I}_m = \frac{d\hat{m}}{dt}, \tag{2.156}$$

и определим его в круговом движении. Очевидно, величина тока не изменится, если вытянуть окружность в точках А и В в двойной отрезок (рис.2.4). Тогда мы получим двухпроводную линию массообмена между точками A и B.

Например, средняя величина тока массы m по линии AmB равна:

$$I_m = \frac{m}{0.5T} = \frac{2m}{T}. \tag{2.157}$$

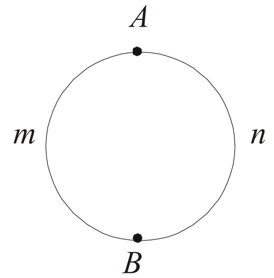

Рис.2.4. Замкнутый контур с током.

При обратном движении по линии BnA ток будет такой же по величине. Теперь выгибаем линии в дуги и возвращаемся к круговому движению, массовый ток которого остается неизменным. Таким образом, массовый ток в движении по кругу будет определяться формулой (2.157). Если мы возьмем не массу, а кинематический заряд $q = m\omega$, получим ток заряда

$$I = \frac{2q}{T}. \tag{2.158}$$

Конечно, можно поступить и проще: в любом поперечном сечении круговой орбиты счет времени начинаем с момента появления в сечении материальной точки; через время равное периоду она вновь появится в сечении, поэтому ее прохождение через сечение нужно считать дважды; следовательно, ток будет определяться также формулой (2.158).

Мы подробно рассмотрели этот вопрос по той причине, что в первых десятилетиях двадцатого века величину электрического тока, рождаемого электроном на круговой орбите, положили равным:

$$I = \frac{e}{T}, \tag{2.159}$$

что является серьезной ошибкой. Мы вернемся еще к этому вопросу при анализе движения электрона в атоме.

Когда расчет тока проводится по дифференциальной формуле (2.156) во множественных процессах все расчеты будут равнозначны, но нужна исключительная осторожность, как только мы переходим к единичным явлениям, ибо легко получить неравнозначную величину тока. Эта логическая ошибка проявила себя в теории опыта Эйнштейна и де Гааза. Но ее не заметили и теорию формально согласовали с опытом путем введения еще одной ошибки в форме гипотезы о спине электрона. К сожалению, одна ошибка, накладываясь на другую, нередко создает иллюзию истины, но при этом наука еще дальше удаляется от реальности.

Указанная ошибка связана с упрощенным описанием кругового движения. Движение же по окружности противоречиво: оно представлено центральным полем покоя и круговым полем движения. Поле покоя характеризуется радиальными полями потенциального смещения, потенциальной скорости и потенциального ускорения, поле движения - круговыми полями кинетического смещения, кинетической скорости и кинетического ускорения (рис.2.5).

Траектория поля покоя-движения сложная конфигурация, состоящая из круговой траектории, и ее центра. Круговая траектория - противоречивая структура потенциальной окружности с радиусом a и кинетической окружностью с кинетическим радиусом ia.

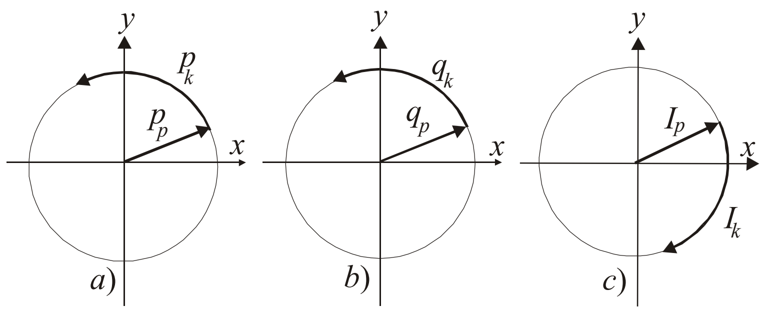

Рис.2.5. Поле кругового покоя-движения импульса $\hat{P}$, заряда $\hat{Q}$ и тока $\hat{I}$.

Уравнения потенциальной и кинетической окружностей

$$x_p^2 + y_p^2 = a^2 \quad \text{и} \quad x_k^2 + y_k^2 = (ai)^2 \tag{2.160}$$

дают полное описание движения-покоя на геометрическом уровне.

Потенциальная окружность представляет материальную грань, кинетическая - идеальную грань природы. В современной математике, где доминирует философия материализма, кинетическая окружность в поле комплексных чисел представляется мнимой окружностью и трактуется как не существующий в природе объект.

Сумма потенциальной и кинетической окружностей определяет кинетико-потенциальную окружность “нулевого” радиуса, выражающую равновесие покоя-движения:

$$(x_p^2 + x_k^2) + (y_p^2 + y_k^2) = 0. \tag{2.161}$$

6.13. Кинемо-динамика прямолинейного движения-покоя

Когда радиус окружности стремится к бесконечности, произвольная дуга окружности переходит в прямую линию, и круговое движение превращается в прямолинейное (рис.2.6).

Любой потенциальный отрезок l, перпендикулярный к подобной прямой линии указывает возможные положения потенциальных радиусов, соответствующих данному прямолинейному движению. Само же движение вдоль прямой линии, естественно, характеризовать кинетическим отрезком il, направленным вдоль движения.

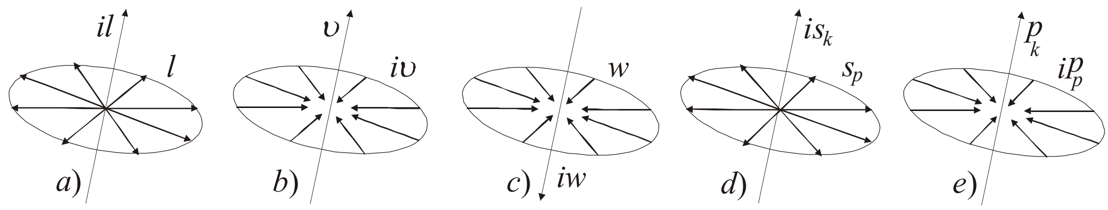

Рис.2.6. Поле прямолинейного движения-покоя; *a*) $l+il$ - смещение, *b*) $\upsilon+i\upsilon$ - скорость, *c*) $w+iw$ - ускорение, *d*) $s_p + is_k$ - состояние и *e*) $p_k + ip_p$ - импульс.

Бесконечное множество потенциальных радиальных лучей к прямой линии движения характеризует поле потенциально-кинетического прямолинейного движения (рис.2.5a). Это поле продольно-поперечное. Аналогична структура поля скорости и ускорений (рис.2.5b,c). Такова же структура векторов состояния, импульса (рис.2.5d,e):

$$\hat{\mathbf{S}} = \mathbf{S}_p + \mathbf{S}_k = ma\mathbf{n} + (-mai)\tau \tag{2.162}$$

$$\hat{\mathbf{P}} = \hat{\mathbf{P}}_p + \mathbf{P}_k = mv_p\mathbf{n} + mv_k\tau \tag{2.163}$$

и остальных параметров движения-покоя, описывающих круговое движение. Очевидно, все приводимые выше соотношения кругового движения справедливы и для прямолинейного. В частности, здесь имеет место отношение между моментом кинематического заряда $\hat{P} = \hat{Q}a$ и моментом импульса $\hat{L} = m\hat{v}a$, определяемое формулой (2.152):

$$\frac{\hat{P}}{\hat{L}} = \frac{\hat{Q}}{m\hat{v}}$$

Потенциально-кинетическая энергия точки в прямолинейном движении определяется формулой (2.155): она характеризуется кинетической и потенциальной энергиями, суммарное значение которых равно нулю.

6.14. Осевое поле покоя

Представим себе идеальную плоскость с малым отверстием, через которую протянута тонкая невесомая нить, один конец которой связан с материальной точкой, вращающейся по окружности радиуса a.

Для поддержания этого движения ко второму концу нити должен быть “приложен” потенциальный импульс, равный по величине кинетическому и направленный вдоль оси вращения в любую сторону (рис.2.6). Следует подчеркнуть, плоскость вращения имеет две стороны - лицевую, на поверхности которой происходит вращение против часовой стрелки, и тыльную, на поверхности которой имеет место движение по часовой стрелке. Эти стороны в реальном мире часто не равнозначны и, может быть, направление потенциального импульса вдоль оси вращения определяет направление возможного движения как на микроуровне, так и на мегауровне. На оси вращения локализовано осевое поле покоя, мерой которого служат все потенциальные радиальные параметры (рис.2.7).

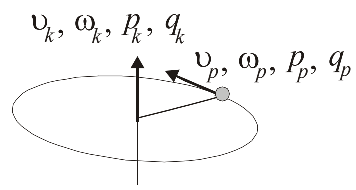

Рис.2.7. Граф поля покоя-движения по окружности.

Если параметры направлять в сторону, где вращение происходит по часовой стрелке, тогда они равны соответствующим радиальным параметрам с точностью до единичного радиального вектора. Так как положительным направлением оси вращения считается направление, со стороны которого движение материальной точки происходит против часовой стрелки, то знаки параметров следует взять противоположные. Движение по окружности есть комплекс полей: осевого поля покоя и продольно-поперечного или тангенциально-радиального поля движения-покоя. Система удельных и линейных параметров или параметров и их моментов осевого поля имеет вид:

a) скорость и удельная скорость: $\upsilon_p = \omega a i$, $\omega_p = \omega i$;

b) состояние и удельное состояние: $S_p = ma$, $m_p = m$;

c) импульс и удельный импульс: $Q_p = m\omega i$, $P_p = m\omega a i$; (2.164)

d) ускорение и удельное ускорение: $w_p = \omega^2 a$, $\varepsilon_p = \omega^2$;

e) кинема и удельная кинема: $F_p = m\omega^2 a$, $I_p = m\omega^2$;

i) момент импульса и удельный момент: $L_p = J\omega i$, $P_p = Q_p a$;

k)момент кинемы и кинема: $M_p = J\varepsilon_p$, $F_p = m\omega^2 a$.

Ротородивергенция скорости на оси равна дивергенции скорости покоя:

$$div(\hat{\upsilon}) = \mathbf{j}_p = 2\omega i\mathbf{k}, \quad (2.165)$$

где $\mathbf{k}$ - единичный осевой вектор.