

- 2019, vol. 55, no. 3, pp 189–194.  
<https://doi.org/10.3103/S0003701X19030034>.
5. Безруких, П.П. Ветроэнергетика мира. Состояние и прогнозы развития // Электрические станции. Москва. Научно-техническая фирма "Энергопрогресс". 2015. № 12. С. 45 – 49.
  6. Бекиров Э.А., Воскресенская С.Н., Алькаата А., “Повышение энергетического потенциала Палестины при использовании энергоустановок ветроэнергетики”, Строительство и техногенная безопасность, 2017, № 7(59), С. 95-104.
  7. Sidorenko GI., AL JAMIL Ahmad. Method of assessing the economic potential of wind energy in the region (case study Syria). In Journal of physics: Conference Series 2018 Sep (Vol. 1087, No. 2, p. 022016). IOP Publishing. <https://windenergysolutions.nl/turbines/windturbine-wes-100/>

Акимов И.М.

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Ласуков Владимир Васильевич, к.ф.-м.н., доцент

### **КВАНТОВАЯ ДИНАМИКА «ПУЛЬСИРУЮЩЕГО СЕРДЦА»**

**Abstract.** Quantum dynamics of a pulsating mercury droplet in a modernized experiment of a beating heart has been studied. It is shown that energy characteristics of a pulsating mercury droplet can quantize. This means that a macroscopic body can be like an exotic atom. The quantum solution does not depend on the Planck constant. Quantum solutions of classical mechanics have all the attributes of quantum mechanics: corpuscular-wave dualism, quantum interference, spontaneous emission, tunneling, spin effects. Pulsating mercury droplet can generate electromagnetic radiation with a discontinuous spectrum. It is shown that for any spatial quantum problem there exists a "classical" analog. The results obtained can be used in quantum geometrodynamics.

**Введение.** Известно, что если каплю ртути поместить в сосуд с раствором серной кислоты  $H_2SO_4$  с небольшим количеством дихромата калия  $K_2Cr_2O_7$ , и коснуться поверхности ртути кончиком металлического стержня, то тогда капля ртути начинает пульсировать, напоминая бьющееся сердце. Механизм пульсаций объясняется следующим образом: когда ртуть помещают в раствор серной кислоты с дихроматом ка-

лия, капля ртути окисляется и на ее поверхности образуется пленка сульфата ртути  $\text{Hg}_2\text{SO}_4$  ( $2\text{Hg} + \text{SO}_4^{2-} \Rightarrow \text{Hg}_2\text{SO}_4 + 2e^-$ ). Положительно заряженные ионы хрома на поверхности капли ртути ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6e^- \Rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ ) вызывают уменьшение поверхностного натяжения. В результате капля растекается под действием силы тяжести. Как только капля ртути касается кончика металлического стержня, то ртуть, железо и раствор образуют гальваническую цепь, в которой течет ток, разряжающий каплю. При этом сульфат ртути восстанавливается до металла ( $\text{Hg}_2\text{SO}_4 + 2e^- \Rightarrow 2\text{Hg} + \text{SO}_4^{2-}$ ), а железо растворяется ( $\text{Fe} \Rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e^-$ ). Поверхностное натяжение возрастает, капля "собирается" разрывая контакт с металлическим стержнем. После этого процессы повторяются заново [1]. Из описания эксперимента видно, что пульсация капли ртути обусловлена зависимостью поверхностного натяжения от электризации ее поверхности. Это означает, что пульсацию капли ртути можно осуществить, индуцируя переменный заряд на поверхности капли переменным внешним электрическим полем без использования химических процессов. Одновременно, такая схема эксперимента позволит избавиться от затухания в электролите излучения, генерируемого пульсирующей каплей ртути.

В этой связи исследуем излучение капли ртути, пульсирующей из-за приложенного к ней переменного электрического напряжения. При этом будем использовать подход, основанный на существовании квантовых решений уравнений классической физики [2,3]. Квантовая модель пульсирующей капли ртути может быть использована и в квантовой геометродинамике [4-6].

Квантовая динамика и излучение пульсирующей капли ртути. Очевидно, в эксперименте бьющегося сердца поверхностная энергия капли ртути является переменной величиной из-за не стационарности поверхностного заряда капли ртути. Возникает задача исследования механической системы с переменным поверхностным натяжением. В этой связи исследуем одномерное дифференциальное уравнение классической механики, описывающее смещение частиц поверхности капли ртути от положения равновесия

$$m \frac{d^2 \rho}{dt^2} = F(\rho, t), \quad (1)$$

$$F(\rho, t) = - \frac{\partial U(\rho, t)}{\partial \rho} \quad \text{где}$$

. Будем использовать потенциал

$$U(\rho, t) = \frac{\sigma(t) \rho^2}{2}, \quad (2)$$

где определяемая переменным внешним электрическим полем поверхностное натяжение  $\sigma(t) = -m\omega^4 t^2 + 2\varepsilon$ ,  $\varepsilon$  – постоянная величина,

имеющая размерность  $\frac{\text{Дж}}{\text{м}^2}$ ,  $\rho(t) = r(t) - R_0$  – смещение. Для потенциала (2) уравнение (1) сводится к уравнению в безразмерных переменных

$$\left[ \frac{d^2}{d\tau^2} + \lambda - \tau^2 \right] \rho(\tau) = 0, \quad (3)$$

где введены безразмерные величины  $\tau = \omega t$ ,  $\lambda = \frac{2\varepsilon}{m\omega^2}$ . Условие квантования и решение, описывающее экзотический атом в классической физике, имеют известный вид

$$\rho_n(\tau) = z_0 \exp\left(-\frac{\tau^2}{2}\right) H_n(\tau), \quad \varepsilon_n = m\omega^2 \left(n + \frac{1}{2}\right) \quad (4)$$

где полином Эрмита можно представить в замкнутом виде  $H_n(\tau) = (-1)^n e^{\tau^2} \frac{d^n}{d\tau^n} [e^{-\tau^2}]$ ,  $z_0$  – константа интегрирования. Решение (4) не зависят от постоянной Планка, так как она не входит в уравнение (3). Поэтому в данном теоретическом исследовании принцип соответствия квантовой механики не имеет смысла. Уравнение (3) инвариантно относительно преобразования  $\rho \rightarrow C_0 \rho$ , где  $C_0$  – произвольная константа. Поэтому константа интегрирования  $z_0$  может иметь любую размерность и интерпретацию. Константу интегрирования найдем из дополнительных условий задачи Коши и задачи на собственные значения (3). Для этого представим константу интегрирования в виде  $z_0 = r_0 N_0$ , где имеющую размерность длины константу  $r_0$  найдем из начального условия

$\frac{\rho_0(0)}{N_0} = r_0 = \sqrt{\frac{\hbar}{m\omega}}$ , а константу  $N_0$  определим по квантовому правилу квадрата модуля  $\int_{-\infty}^{\infty} |\psi_n(\tau)|^2 dt = 1, \psi_n(\tau) = \frac{\rho_n(\tau)}{r_0}$ ;  $N_0 = \frac{\sqrt{\omega}}{\sqrt{2^n n! \sqrt{\pi}}}$ . Существование квантового решения уравнения Ньютона связано с тем, что в сечении пространственно-временной поверхности потенциальной энергии произвольной плоскостью  $t = \text{const}$  потенциал является гармоническим относительно пространственной переменной  $U(X, t = \text{const}) = \text{const} \cdot X^2$ . По теореме Эренфеста для гармонического относительно пространственной переменной одномерного осциллятора квантовое уравнение движения

Гейзенберга для величины, усредненной по начальному состоянию, тождественно уравнению Ньютона.

Из (3) видно, что ускорение  $\frac{d^2 \rho_n}{dt^2} = \omega^2 (\tau^2 - \lambda_n) \rho_n$  отлично от нуля и, следовательно, ускоренное движение заряженной поверхности капли ртути должно сопровождаться излучением основного тона ( $\Delta n = n - n' = 0$ ), интенсивность которого определяется соотношением

$$W = \frac{2q^2}{3c^3} \langle \rho'^2 \rangle,$$

где

$$\langle \rho'^2 \rangle = \omega^4 \int_{-\infty}^{\infty} (\tau^2 - \lambda)^2 \rho_n^2 dt = \frac{3r_0^2 \omega^4}{2} \left[ \left( n + \frac{1}{2} \right)^2 + \frac{1}{4} \right] = \frac{3\omega^2}{2m^2 v_d^2} \left[ E_n^2 + \frac{1}{2} (\hbar\omega)^2 \right], \quad v_d = \sqrt{2D\omega}$$

так что при  $E \gg \hbar\omega$  ( $n \gg 1$ )  $W = \frac{q^2 \omega^2}{m^2 c^5 \beta_d^2} E_n^2$ ,  $\beta_d = \frac{v_d}{c}$ . Из-за квадра-

тической формы правой части ускорения  $\frac{d^2 \rho_n}{dt^2} = \omega^2 (\tau^2 - \lambda_n) \rho_n$  излучение является квадрупольным.

**Заключение.** Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что пульсирующая капля ртути может генерировать электромагнитное излучение с дискретным спектром, если на поверхности капли ртути индуцировать заряд определенным переменным внешним электрическим полем. Проведенное исследование означает, что квантовые явления возможны и в макромире. Квантовое решение уравнения классической физики не зависит от постоянной Планка. Поэтому в данном теоретическом исследовании принцип соответствия квантовой механики не имеет смысла. Для любой пространственной квантовой задачи существует временной классический аналог. Существование квантового решения уравнения Ньютона обусловлено не стационарностью потенциала соответствующего типа и теоремой Эренфеста. Квантовые решения уравнений классической физики обладают всеми атрибутами квантовой механики: квантование энергетической величины, корпускулярно-волновой дуализм, принцип неопределенности, принцип суперпозиции, квантовая интерференция, принцип причинности как по отношению к волновой функции, так и по отношению к скоростям, излучение с дискретным спектром, туннелирование, спиновые эффекты, нарушение неравенств Белла. Синтез классической и квантовой физики может стать базовым формализмом для второй квантовой революции. Разработанные теоретические основы нового научного направления представляют интерес для широкого круга исследователей и могут найти применение

в различных областях науки и техники: квантовой биологии, синтетической биологии, медицине, квантовой теории сознания, биологической электронике, квантовом компьютере, в природа-подобных технологиях, финансовой математике, геометродинамике.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Grabowski M.A. et. al. Lecture demonstrations in physics. – Moscow: Nauka, 1972. - 640 p.
2. Lasukov V.V. Diffusion-schrödinger quantum mechanics // Rus. Phys. J. – 2014. –V. 57. –P. 490-498.
3. Lasukov V.V. The Newton primordial atom in superspace-time // International Journal of Geometric Methods in Modern Physics. –2016.– V.13.– P. 1650020–1650026.
4. De Witt B.S. Quantum Theory of Gravity. I. The Canonical Theory // Phys. Rev. D. –1967. – V. 160. – P. 1113–1146.
5. De Witt B.S. Quantum Theory of Gravity. II. The Manifestly Covariant Theory // Phys, Rev. D. – 1967. – V. 162. – P. 1195–1245.
6. Lasukov V.V. An atomic model of the Big Bang // Rus. Phys. J. – 2012. –V. 55. –P. 1157-1166.

Атаньязов Э.А., Сеницын Р.С., Филатов Е.

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Агранович Виктория Борисовна, к.ф.н., доцент.

#### **РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ОЧИСТКИ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА С УЧАСТКАМИ РАЗНОГО ДИАМЕТРА.**

**Актуальность.** Развитие нефтяной промышленности России на современном этапе характеризуется снижением качества сырьевой базы. В процессе эксплуатации нефтепроводов на внутренней поверхности труб образуются асфальтосмолопарафиновые отложения, которые осаждаются на металлических поверхностях промыслового оборудования, препятствуют добычи нефти и осложняют эксплуатацию нефтепромыслового оборудования. На сегодняшний день существует множество технологий удаления и предотвращения образования АСПО, и, безусловно, каждая из них обладает своими достоинствами и недостатками. К сожалению, ни один из существующих способов ингибирования не может полностью исключить образование отложений, а может лишь увеличить