ХАРХАРДИН Анатолий Николаевич (29. V 1938 г.) – российский ученый – теоретик прикладник. Родился в г. Макеевке (Украина). Окончил Новочеркасский политехнический институт (НПИ) в 1965 г. и работал доцентом до 1978 года. Кандидатскую диссертацию по специальности ВАК 05.345 “Исследование влияния гранулометрического состава дисперсных наполнителей на плотность укладки их частиц и свойства высоконаполненного полистирола ” защитил в 1974 году с разработкой технологии безобжиговой облицовочной плитки и электропроводящих графитопластов. Докторскую диссертацию по специальности ВАК 05.23.05 “ Структурно-топологические основы разработки эффективных композиционных материалов и изделий” защитил в 1999 году с разработкой теоретических основ прикладной дискретной топологии строительных композитов, ячеистых и тяжелых бетонов.

По направлению НПИ с 1965 г. по 1969 год работал на Красноярском машиностроительном заводе ст. мастером по переработке полимерных материалов в изделия для холодильников «Бирюса». С 1969 года работал ассистентом, ст. преподавателем и доцентом НПИ, а в 1978 году ст. научным сотрудником «УКРНИИПЛАСТМАСС»

С 1978 г. по 2002 г. доцент, а с 2002 г по 2016 г. д.т.н., профессор Белгородского государственного технологического университета. Опубликовал более 150 научных работ, имеет 3 авторских свидетельства и 1 патент на изобретение. Издал курс лекций “Структурная топология”(2009 г.), практикум и учебное пособие “Структурная топология дисперсных материалов” (2011 г.), учебник “Дискретная топология” (2016 г.).

Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации (нагрудный знак №26974 - 2007 г.), лауреат Всероссийского конкурса «Инженер года» (диплом и нагрудный знак №1425 лауреата, сертификат №9 – 338 профессионального инженера России - 2008 г.). Награжден почетными грамотами директора ИСМ (2007 г.), ректора БГТУ им.В.Г. Шухова (2010 г.), директора ООО “Белгородский завод АрБет”(2010 г.), Председателя Белгородской областной Думы – А.Зеликова (2010 г.), ветеран труда (уд. Ш №706812).

Работы посвящены разработке эффективных составов и структуры композиционных материалов, исследованию физического состояния дискретных систем на основе теоретических положений прикладной дискретной топологии, одним из основоположников которой он является.

Установил закономерность распределения элементов дискретности (частиц) при высокоплотной их упаковке в смеси:

$$d_n / d_1 = [1/10\eta_1(\sqrt{3}-1)^p]^{m(n-1)/3}.$$

На этой основе разработал методику расчета высокоплотных зерновых составов с целью снижения расхода матричной основы в композитах и повышения их прочности,

где масса каждой фракции определяется по формуле

$$\varphi_n = (1-\sigma_{n-1})(\eta_n/\sigma_{n-1})\beta_n \sum_{i=1}^{n-1}\varphi_i .$$

Получил аналитические зависимости плотности бимодальных упаковок частиц, а так же выражение для плотности упаковки их зерен в полидисперсной смеси

$$\sigma_n = \sigma_{n-1} + \frac{(1-\sigma_{n-1})}{\beta_n}\cdot\frac{\sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=i+1}^{n}\psi_{ij}^{(m)}}{n(n-1)/2},$$

где коэффициент разъединения зерен $\beta_n = (\sigma_{n-1}/\eta_n)^{0...n/m}$, m = 1…3, η_n и σ_{n-1} – плотность упаковки зерен в каждой очередной фракции и в смеси, состоящей из n–1 фракций, $\psi_{ij}^{(m)}$ – плотность бимодальных упаковок, количество которых определяется числом сочетаний из 2-х элементов по n: $C_n^2 = n(n-1)/2$.)

Получил уравнения для прочности бетона и строительного раствора:

$$R_{\text{б}} = R_{\text{р}}\left(1-\varphi_{\text{щ}}^{1/2}\right)+\left(R_{\text{щ}}R_{\text{р}}\right)^{1/2}\frac{\varphi_{\text{щ}}^{(1-\varphi_{\text{щ}})}\eta_{\text{з}}^2}{\varphi_{\text{з}}},$$

$$R_{\text{р}} = R_{\text{цк}}\left(1-\varphi_{\text{п}}^{1/2}\right)+\left(R_{\text{цк}}R_{\text{п}}\right)^{1/2}\frac{\varphi_{\text{п}}^{(1-\varphi_{\text{п}})}\eta_{\text{п}}^2}{\varphi_{\text{п}}},$$

где $R_{\text{р}}$, $R_{\text{цк}}$, $R_{\text{щ}}$, – прочность строительного раствора, цементного камня в нем и щебня в цилиндре; $\varphi_{\text{щ}}$, $\varphi_{\text{з}}$, $\varphi_{\text{п}}$, $\eta_{\text{з}}$, $\eta_{\text{п}}$, – объемная доля щебня, всего заполнителя и песка, соответственно плотности упаковки их частиц.

Получены формулы для определения оптимальной толщины минеральной оболочки на зернах заполнителя и установлены две точки реверса ее собственных деформаций при свободном и стесненном обжатии зерен:

$$d/\delta_1 \to 2{,}19...2{,}22, \qquad d_1/\delta_2 \to \mathbf{7{,}85 - 8{,}84}, \qquad d_1/\delta_3 \to \mathbf{20}.$$

$$d/\delta_1 \to \mathbf{1{,}09}\ldots\mathbf{1{,}1} \qquad d_1/\delta_2 \to \mathbf{3{,}9 - 4{,}4}, \qquad d_1/\delta_3 \to \mathbf{10}.$$

0 1 2 3

0 $\leftarrow$ обжатие оболочкой $\leftarrow$ 1 $\rightarrow$ точка реверса на ослабление обжатия $\leftarrow$ 2 $\rightarrow$ точка реверса на обжатие зерен $\rightarrow$ 3 $\rightarrow$ трещинообразование в оболочке

Вывел объединенное уравнение аэро – и гидродинамики для широкого интервала чисел

Рейнольдса неподвижного (ε = ε₁, $k=0$, $n=1$) и псевдоожиженного (ε = ε₁, $k=1$, $n=0$) зернистого слоя:

$$\frac{\Delta P}{H}=\frac{36}{\mathrm{Re}}\left(120,754\sigma_1^5\right)^{\frac{1-\varepsilon}{\sigma_1}}\left[\frac{\left(1-\varepsilon_1\right)^{1+(1-\varepsilon)/\sigma_1}}{\varepsilon_1^3 d_1}+\left(\frac{1}{2}\right)^n\left(\frac{\varepsilon-\varepsilon_1}{\sigma_1}\right)^{k/3}\frac{\left(1-\varepsilon_1\right)\mathrm{Re}}{50\varepsilon_1^3 d_1}\right]\frac{\rho u^2}{2},$$

а также уравнение гидравлического сопротивления фильтрации неподвижного зернистого слоя

$$\frac{\Delta P}{H}=\frac{36}{\mathrm{Re}}2K\left[\frac{\left(1-\varepsilon_1\right)^2}{\varepsilon_1^3 d_1}+\frac{1}{2}\frac{\left(1-\varepsilon_1\right)\mathrm{Re}}{50\varepsilon_1^3 d_1}\right]\frac{\rho u^2}{2}$$

и уравнение для критерия Рейнольдса, где $\alpha^3=\sigma_1/\left(1-\varepsilon\right)$, в виде:

$$\mathrm{Re}=\frac{\mathrm{Ar}\varepsilon_1^3}{(2K)^{1/\alpha^3}\left[18\left(1-\varepsilon_1\right)^{1/\alpha^3}+0,6\left(\frac{\varepsilon-\varepsilon_1}{\sigma_1}\right)^{1/3}\varepsilon_1^{3/2}\mathrm{Ar}^{1/2}\right]},$$

а также преобразованные их выражения через эквивалентный критерий Рейнольдса

$\mathrm{Re}_э=\left(4\mathrm{Re}/6\right)\left(1-\varepsilon_1\right)^{(1-\varepsilon)/\sigma_1}$ и частные выражения: $f_э=37,6/\mathrm{Re}_э+0,56$,

$f_э=36/\mathrm{Re}_э+0,287$, $\mathrm{Re}=\mathrm{Ar}/\left(18+0,6\mathrm{Ar}^{1/2}\right)$, $\mathrm{Re}_0=\mathrm{Ar}/\left(1400+5,26\mathrm{Ar}^{1/2}\right)$,

$\mathrm{Re}_0=\mathrm{Ar}/\left(710+4,2\mathrm{Ar}^{1/2}\right)$ и др.

Получил формулы для извилистости каналов и коэффициента проницаемости неподвижного $\left(\varepsilon=\varepsilon_1\right)$ и псевдоожиженного зернистого слоя:

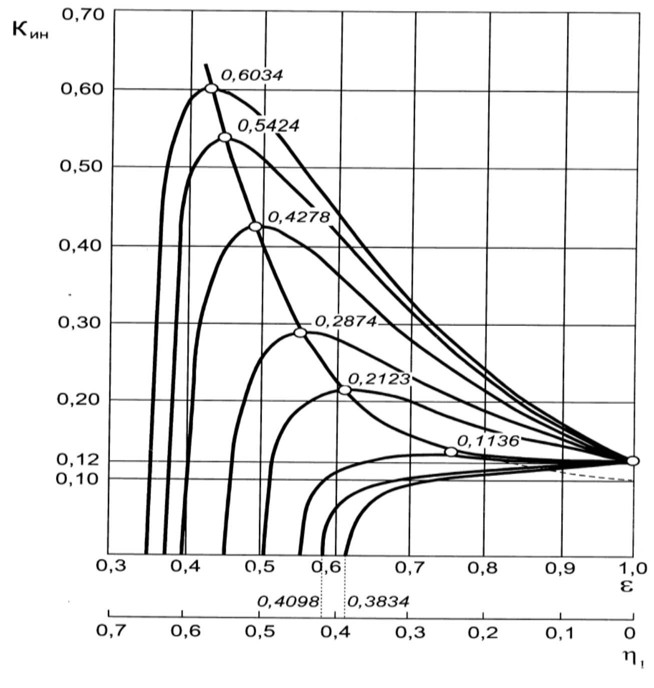
$$T=\left[10\sigma_1^2\left(\sqrt{3}-1\right)^3\right]^{\frac{1-\varepsilon}{\sigma_1}}=\left(3,92\sigma_1^2\right)^{\frac{1-\varepsilon}{\sigma_1}},$$

$$K=\left[10\sigma_1\left(\sqrt{3}-1\right)^3\right]^{\frac{1-\varepsilon}{\sigma_1}}\left[10\sigma_1^2\left(\sqrt{3}-1\right)^3\right]^{2\frac{1-\varepsilon}{\sigma_1}}=$$

$$=\left[1000\sigma_1^5\left(\sqrt{3}-1\right)^9\right]^{\frac{1-\varepsilon}{\sigma_1}}=\left(60,377\sigma_1^5\right)^{\frac{1-\varepsilon}{\sigma_1}}.$$

Вывел уравнение для инерционной составляющей гидравлического сопротивления псевдоожиженного зернистого слоя. Кривые этой зависимости напоминают сплошные спектральные распределения интенсивности излучения абсолютного черного тела:

$$K_{ин}=0,12\left(2K\right)^{(1-\varepsilon)/\sigma_1}\left(\frac{\varepsilon-\varepsilon_1}{\sigma_1}\right)^{1/3}.$$

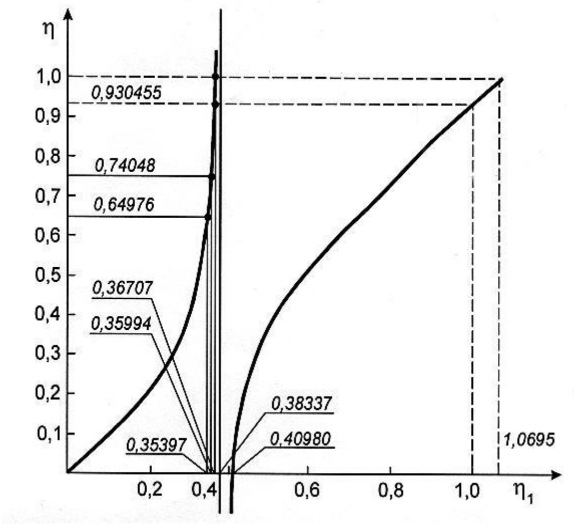


Зависимость инерционной составляющей коэффициента гидравлического сопротивления от плотности упаковки и порозности псевдоожиженного монодисперсного зернистого слоя

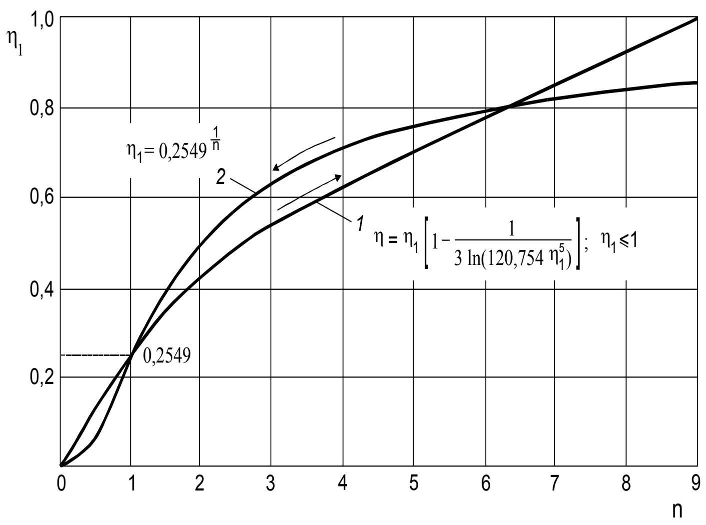
Вывел рекуррентное уравнение для топологических, в том числе и фазовых переходов (ФТП) дискретных (дисперсных) конденсированных систем:

$$\eta = \eta_1 \left\{ 1 - \frac{1}{3\ln[2000(\sqrt{3}-1)^9 \eta_1^5} \right\} = \eta_1 \left[1 - \frac{1}{3\ln(120,754\eta_1^5)} \right]$$

Графическая зависимость этого уравнения имеет вид латинской буквы *N*, где левая кривая определяет фазовые переходы второго рода, а правая кривая фазовые переходы первого рода при $\eta \geq 0,4098$. Точка разрыва этой зависимости $\eta = 0,38337$.



Изменение плотности упаковки элементов дискретности вещества при фазотопологических переходах в *N* – точке ФТП



Ход эволюционного развития в топологических циклах живой (1) и неживой (2) природы

Характер изменения кривой зависимости рекуррентного уравнения **в *N* – точке ФТП** ***не допускает существования в природе устойчивых конденсированных состояний вещества с плотностью упаковки его элементов дискретности*** $\eta_1 \leq$ **0,4098** ***и в окрестности точки*** $\boldsymbol{\eta_1}$**= 0,38337147.**

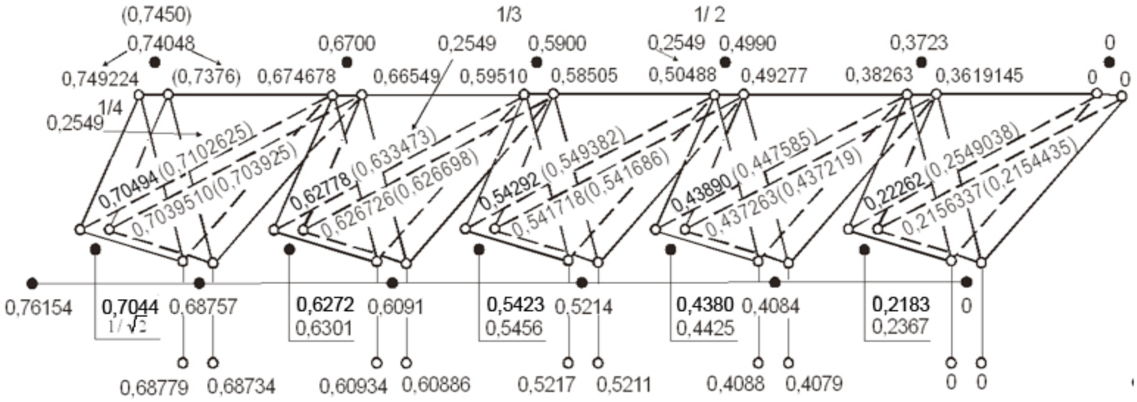
Из этого уравнения получил выражение для изменения информационной энтропии при фазовых превращениях вещества (топологических переходах дискретных систем):

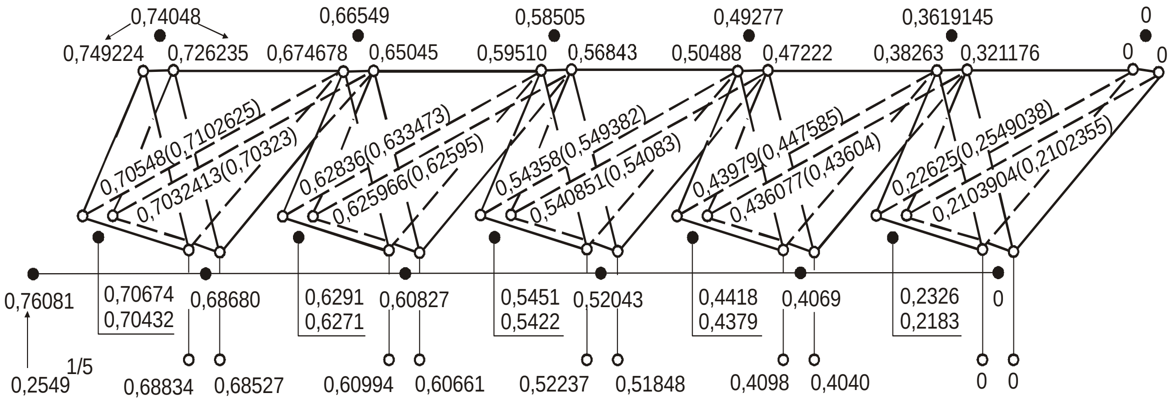
$$\Delta S = k_Б \ln \Delta\eta = k_Б \ln \left[\frac{\eta_1}{3\ln(120,754\eta_1^5)} \right] = k_Б \ln\{ \frac{0,64029...0,64976}{3\ln\left[120,754(0,64029...0,64976)^5\right]} \} \approx -2,5k_Б,$$

а также уравнение для многоступенчатой топологической конденсации вещества:

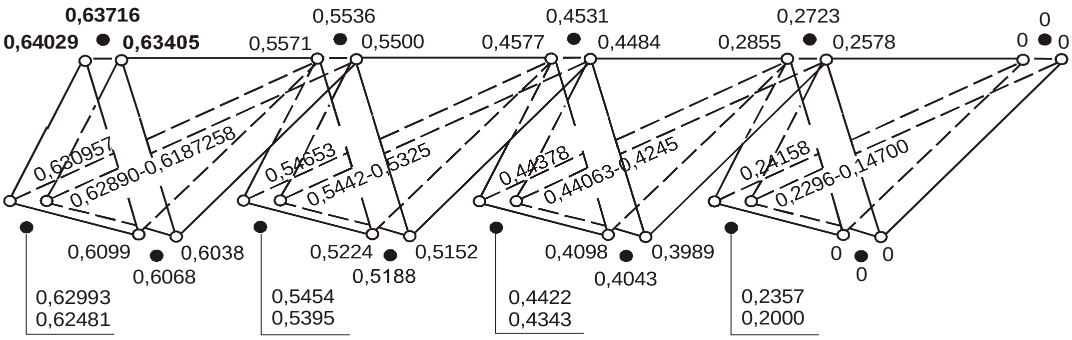
$$\eta_c = \prod_{i=1}^{n} \eta_i = \eta_1 \eta_2 \cdot ... \cdot \eta_n, \quad \eta_1 \leq 0,2549^{1/n} \leq \eta_c^{1/n}.$$

Построил схемы уровней фазовых переходов по изменению плотности упаковки атомов при нагревании кристаллических веществ с гексагональной и гранецентрированной кристаллической решеткой в виде:





Первые три уровня схемы фазотопологического состояния кристаллических веществ соответствуют твердому состоянию, последующие уровни жидкому и критическому.



Каждый из четырех уровней схемы фазотопологического состояния (ФТС) дисперсных веществ (при их измельчении) соответствует псевдотвердому – псевдотвердому, псевдожидкому и псевдокритическому состоянию систем.

Получил величины экспериментальной и теоретической плотности произвольной упаковки сферических частиц (0,640289 и 0,64976), первой критической плотности произвольной их упаковки η_{c1} = $(0{,}640289…0{,}634053)^{3…10/3}$ = 0,2625…0,2549 …0,22625…0,218987, где средние значения плотного дисперсного слоя $\eta_{c1} = 0{,}6371635^{3…10/3}$ = 0,25867…0,22259. Для систематической (регулярной) их укладки η_{c1} = $0{,}7405^{5…16/3}$ = 0,2226… 0,2014, а также величины второй η_{c2} = $0{,}640289^5 \le 0{,}1076$, $\eta_{c2} = 0{,}64976^{16/3}$ = 0,100 и и η_{c2} = $0{,}6371635^5$ = 0,1050 критической плотности упаковки элементов дискретности при измельчении минеральных зернистых материалов и при нагревании простых кристаллических веществ ($\eta_{c2} = 0{,}7405^{23/3} \le$ $\le 0{,}1$). Плотности упаковки атомов инертных газов при критическом их состоянии вписываются в полученный интервал первой критической.

Получил величины показателей степени в формуле для кулоновского взаимодействия частиц, в потенциалах парного взаимодействия микро- и наночастиц для сил отталкивания и притяжения в дискретных системах: 1, 5/3, 2, 7/3, 8/3, 3, 10/3, 4, 13/3, 5, 16/3…23/3.

Установил плотность упаковки микрочастиц в поверхностных слоях агрегаций при критическом состоянии минеральных дисперсных материалов, равная плотности систематической и произвольной укладки кругов на плоскости $\eta \le \pi\sqrt{3}/6 \le 0{,}9069$ и $\eta = 0{,}88126$.

Вывел уравнение для потенциала (2–4) и сил взаимодействия частиц при критическом состоянии дисперсного вещества, полученном в процессе его измельчения:

$$\varphi = 4\varepsilon\left[\left(\frac{\sigma}{r}\right)^4 - \left(\frac{\sigma}{r}\right)^2\right] = 4\varepsilon\left(\eta^{4/3} - \eta^{2/3}\right) = 4\varepsilon\eta^{2/3}\left(\eta^{2/3} - 1\right), \quad \eta = \left(\sigma / r\right)^3,$$

$$f(r) = 8\varepsilon\left(\frac{\sigma^2}{r^3} - 2\frac{\sigma^4}{r^5}\right) = 8\varepsilon\left(\frac{\eta}{\sigma} - 2\frac{\eta^{5/3}}{\sigma}\right) = 8\varepsilon\frac{\eta}{\sigma}\left(1 - 2\eta^{2/3}\right), \quad r_0 = 2^{1/2}\sigma, \quad \eta = \left(1/2\right)^{3/2},$$

$$\eta_{c1} = 0{,}64029 / 2^{3/2} \le 0{,}2264,$$

$$df / dr = 8\varepsilon\left(10\frac{\sigma^4}{r^6} - 3\frac{\sigma^2}{r^4}\right) = 8\varepsilon\left(10\frac{\eta^2}{\sigma^2} - 3\frac{\eta^{4/3}}{\sigma^2}\right) = 8\varepsilon\frac{\eta^{4/3}}{\sigma^2}\left(10\eta^{2/3} - 3\right), \quad r_{00} = (10/3)^{1/2}\sigma = 1{,}83\sigma.$$

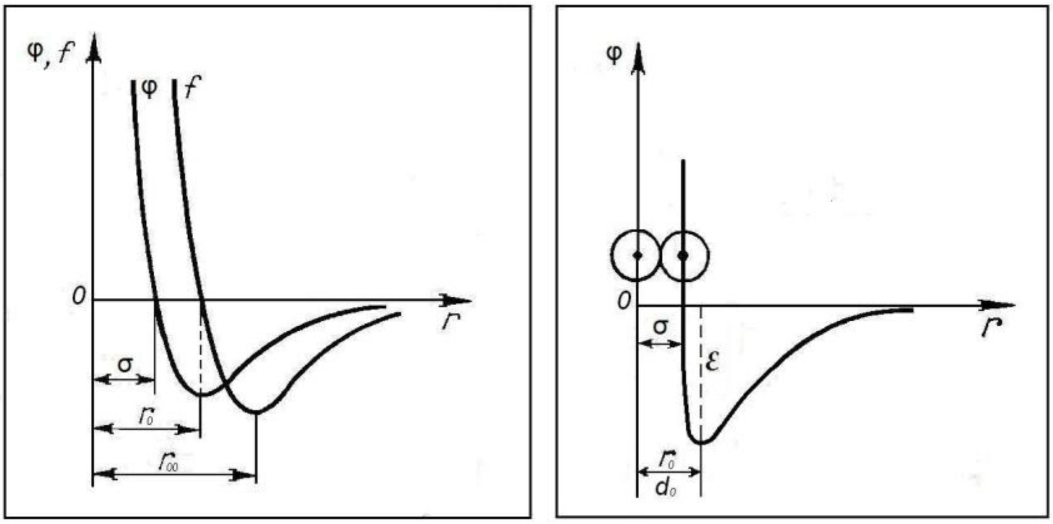
$$\eta_{c2} = 0{,}64029 / \left(10/3\right)^{3/2} \le 0{,}10521.$$

$$\eta_1 = 0{,}10521^{1/5} = 0{,}63716, \text{ как } \eta_{1ср.} = (0{,}640289 \cdot 0{,}6340528)^{1/2} = 0{,}63716.$$

Общие выражения для моделей потенциалов и сил взаимодействия частиц и примерные графические зависимости имеют вид:

$$\varphi = \frac{n\varepsilon}{m-n}\left(\frac{m}{n}\right)^{\frac{m}{m-n}}\left[\left(\frac{\sigma}{r}\right)^m - \left(\frac{\sigma}{r}\right)^n\right], \qquad f(r) = \frac{n\varepsilon}{m-n}\left(\frac{m}{n}\right)^{\frac{m}{m-n}}\left(n\frac{\sigma^n}{r^{n+1}} - m\frac{\sigma^m}{r^{m+1}}\right)$$

где $r_0 = \left(m/n\right)^{1/(m-n)}\sigma$; а $\eta_{c1} = \eta_1 / \left(r_0/\sigma\right)^3$, отсюда $r_0 = \left(\eta_1 / \eta_{c1}\right)^{1/3}\sigma$.



Зависимость потенциальной энергии φ и сил межмолекулярного взаимодействия f от расстояния между молекулами (микро - и наночастицами); ε, σ - глубина потенциальной ямы и так называемый нулевой их диаметр

Получил выражение в общем виде для наибольших сил отталкивания взаимодействующих элементов дискретности:

$$d^2\varphi/dr^2 = \frac{n\varepsilon}{m-n}\left(\frac{m}{n}\right)^{\frac{m}{m-n}} n(n+1)\left[\frac{m(m+1)}{n(n+1)}\frac{\sigma^m}{r^{m+2}} - \frac{\sigma^n}{r^{n+2}}\right],$$

где $r_{00} = \left[\frac{m(m+1)}{n(n+1)}\right]^{\frac{1}{m-n}}\sigma$; а $\eta_c = \eta_1/(r_{00}/\sigma)^3$, отсюда $r_{00} = (\eta_1/\eta_{c2})^{1/3}\sigma$.

Установил простейшие формулы для расчета координационного числа в произвольной упаковке частиц:

$$Z = (8{,}8\ldots8{,}5)\,\eta_1 / (0{,}640289\ldots0{,}6340528) = (13{,}74\ldots13{,}40)\,\eta_1$$

$$Z = 13{,}744\eta_1 - \eta_1^{3\ldots10/3}, \qquad Z = 13{,}40\eta_1 - \eta_1^{3\ldots10/3},$$

и при систематической укладке атомов простых кристаллических веществ

$$Z = (12\,\eta_1 / 0{,}7405) = 16{,}2\,\eta_1, \qquad Z_c = 16{,}2\eta_{c1} = 16{,}2\,\eta_1^{4\ldots5\ldots16/3}.$$

Получил в общем виде выражения для координационного числа с использованием показателей степени потенциалов взаимодействия и плотности упаковки элементов дискретности в кристаллической и твердой фазе:

$$Z = \frac{Z_{\text{кр.}}}{\eta_{\text{кр.}}}\eta - \frac{1-2\eta^{m/n}}{2\frac{m}{n}(1-\eta)^{n/m}} + n\eta^{n+1} - (1 - m'\eta^{m+1}),$$

m'= 15,655 и *m'*= 3– поправочные коэффициенты для потенциалов 6-12 и 3-9.

$$Z = \frac{Z_{\text{кр.}}}{\eta_{\text{кр.}}}\eta - \frac{1-2\eta^{m/n}}{2\frac{m}{n}(1-\eta)^{n/m}} + (1 - n\eta^{n+1}) - (1 - m'\eta^{m+1}).$$

Для зернистых и дисперсных продуктов измельчения горных пород:

$$Z = 13{,}744\eta - \frac{1-2\eta^2}{4(1-\eta)^{1/2}} + (1-2\eta^3) - (1-5{,}576\eta^5).$$

При использовании уравнения ФТП для простых веществ (металлов) получил:

$$Z = \frac{\eta_k}{\eta_1}[\ln(120{,}754\eta_1^5) + c_1\eta_1^n]$$

$$Z = \frac{\eta_k}{\eta_1}[\ln(120{,}754\eta_1^5) + c_2\eta_1^n]$$

где η_k – плотность упаковки элементов дискретности в жидкой фазе, определяется по уравнению ФТП для данного типа кристаллической решетки;
c_1 = 0,7085, c_2= 0,957 – для плотнейших упаковок, c_1= 0,3363, c_2= 0,48174 – для тетрагональной; c_1 = 0,38885, c_2 = 0,6430 – для тригональной; n = 0 – 1, n = 0 – для полиморфных модификаций кристаллических веществ.

Вывел формулы для расчета линейного размера контейнера ($D \geq 1000\eta_1^3 d$ Φ/Φ_1, где Ф, $Ф_1$ фактор формы контейнера и зерен размером d) с зернистым материалом при отсутствии влияния плотности упаковки зерен в пристеночных слоях и размера $(D \geq 60,38\eta_1^3 d)$ контрольных образцов из композиционных материалов

$$l \approx \sqrt{L_k L_я} = 60,4 d_с \eta_1^3 \left(x_1 \varphi/\sigma\right)^{1/3}.$$

Получил формулы для расчета размера $D \leq \left(3,923\eta_1\right)^n d / \eta_1^{1/3...1/9}$ растущих кластеров для всех видов кристаллических упаковок атомов до предела сферичности и для произвольной упаковки частиц, а также формулы для размерного интервала ($D \leq 1000\eta_1^{0...3...10/3} d$) и среднего размера ($D$ = $60,38\eta_1^3 d$) кластеров и наночастиц, при котором проявляются их необычные свойства по сравнению с массивным телом.

Получил формулу для газового правила Авогадро: $V = 22090,86\eta_1^9 V_0 / k_2^5 = 69400\eta_1^9 d^3 / k_3^{5n}$.

Разработал математические модели топологического вложения типа “кластеры в кластере” и разбиения образований на элементы дискретности вещества и главные уровни его дискретности. Мелкомасштабный уровень распределения размеров элементов дискретных образований (частиц) вещества имеет вид:

$$D = \left[10\eta_1\left(\sqrt{3}-1\right)^3\right]^n d = \left(3,923\eta_1\right)^n d = d;\ 3,92\eta_1 d;\ 15,39\eta_1^2 d;\ \mathbf{60,38}\,\eta_1^3 d;$$

$$237\eta_1^4 d;\ 929\eta_1^5 d;\ \mathbf{3645}\,\eta_1^6 d;\ \mathbf{220096}\,\eta_1^9 d;\ 3288748\eta_1^{12} d;\ 802333778\eta_1^{15} d\ ...$$

Крупномасштабный уровень распределения размеров элементов дискретных систем:

$$D = \left(60,37693\eta_i\right)^n d = d;\ 60,377\eta_i d;\ 3645\eta_i^2 d;\ \mathbf{220096}\,\eta_i^3 d;\ 13288749\eta_i^4 d\ \ldots$$

Каждый коэффициент в этих выражениях имеет свой топологический смысл.

Теоретически обосновал предпочтительный модуль набора сит (размеры отверстий сеток, мм) для ситового анализа зернистых и дисперсных материалов (крупного и мелкого заполнителя бетонов) и рекомендуемые составы высокоплотных зернистых смесей:

Разработал метод топологического анализа дифференциальных кривых распределения частиц по размерам по результатам лазерного анализа порошков на микросайзере для определения плотности упаковки микрочастиц узких фракций с адсорбционной водной оболочкой на них и всей смеси.

Разработал метод расчета состава сухих отделочных смесей и получил формулу для определения оптимальной толщины отделочного слоя покрытия.

Разработал методику расчета структурообразующих элементов и состава пенобетона *(в долевых объемах: воды, необходимый для гидратации цемента, цементного геля без пор и контракции, пор в цементном геле – гелевой пористости, цементного геля с его порами, химически – связанной воды в цементном геле, относительную. плотность воды* (ρ_o = 1,11 – 1,24) *в адсорбционном слое. адсорбционно – связанной воды во влажном цементе до его гидратации, контракционную пористость, остаточную (внутреннюю) влажность после d–сушки гидратированного цементного камня, свободной, легко удаляемой воды при сушке полностью гидратированного цемента, свободной и трудно удаляемой воды при сушке цементного камня, наибольшую его пористость, трудно удаляемую влагу при сушке, объемную долю капиллярных пор, усредненную плотность кристаллических фаз и новообразований в гидратированном цементном камне, его среднюю плотность и плотность цементного геля, определяемые по плотности цемента, плотность цементного камня с учетом остаточной влажности и трудно удаляемой влаги при сушке, плотность пенобетона для данной степени гидратации цемента, пористость пенобетона без учета воздушной пористости вовлеченной в процессе перемешивания цементного теста, плотность пенобетона, определяемая по плот-*

ности цемента с учетом контракции системы и др.). Установлено, что уменьшение объема системы «цемент–вода» при гидратации цемента пропорционально квадрату химически связанной в нем воды.

Получил зависимости критической и рациональной длины дисперсного волокна, длины и расхода волокна от пористости пенобетона и размера в нем пор:

$$l_{\text{кр.}} = 120{,}75\eta_c \left(\frac{1}{1-\varepsilon}\right)^m \varepsilon^{n/3} d_{\text{в}},$$

где $m = \varepsilon$ при $n = 1$; $m = 1$ при $n = \varepsilon$,

$$\varphi = \frac{1}{1-\varepsilon}\left[\eta_c \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}\right)^{2\varepsilon} / 120{,}75 \left(\frac{1}{1-\varepsilon}\right)^m \varepsilon^n\right]^{1/2},$$

$n = \varepsilon$ – для критической длины волокна, $n = 1$ – для рациональной длины волокна.
ε – пористость композита (пенобетона), при неоднородном ($m = 0$, $n = \varepsilon$) и однородном хаотическом ($m = 1$, $n = 1$) распределении волокна в матричной основе,

Рассчитал и уточнил величины перколяционных индексов и критических показателей степени для степенных законов, порогов протекания для задач узлов и связей всех типов кристаллических решеток и произвольной упаковки частиц в дисперсном слое, Вывел формулу для расчета фрактальной размерности дисперсных и пористых (ячеистых) материалов.

$$D = 3\left[1 + \frac{\ln \Pi}{m \ln 3{,}923\eta_1}\right] = 3\left[1 + \frac{\ln 1-\sigma}{m\ 0{,}79...0{,}97}\right],$$

Получил величины плотности упаковки линейных макромолекул при температуре стеклования и вблизи абсолютного нуля. Полагая, что форма макромолекул в виде цилиндров, плотность систематической упаковки которых в пачках кристаллизующихся полимеров $\eta = \pi\sqrt{3}/6 = 0{,}9069$, а с произвольной упаковкой из уравнения ФТП при $p=7$ $\eta = 0{,}887588/k_0$, получил:

$$\eta_1 = 0{,}887588 / \left[\left(\sqrt{3}-1\right)^6 / \left(2\sqrt{3}/3-1\right)\right] = 0{,}892193.$$

$$\eta = 0{,}8922\left[1 - \frac{1}{2{,}9\ln\left(120{,}754 \cdot 0{,}8922^5\right)}\right] = 0{,}819355.$$

$$\eta = 0{,}8922\left[1 - \frac{1}{3\ln(120{,}754 \cdot 0{,}8922^5)}\right] = 0{,}821776.$$

При температуре стеклования ***Тс*** **:**

$$\mathbf{\eta = 0{,}892193 \cdot \eta_{c2} + (1-\eta_{c2})0.64976 = 0{,}892193 \cdot 0{,}1 + 0{,}9 \cdot 0{,}64976 \approx 0{,}667.}$$

$$\mathbf{\eta = 0{,}821776 \cdot \eta_{c2} + (1-\eta_{c2})0.64976 = 0{,}821776 \cdot 0{,}1 + 0{,}9 \cdot 0{,}64976 \approx 0{,}667.}$$

$$\mathbf{\eta = 0{,}9069x^2 + (1-x^2)0{,}64029 = 0{,}9069 \cdot 0{,}1 + 0{,}9 \cdot 0{,}64029 \approx 0{,}667,}$$

где $x = (10/3 \cdot 3)^{1/2} = 0{,}31623$ и $1 - x = 0{,}68377$ – величины золотого топологического сечения (соотношения фаз в дискретных системах).
Вблизи абсолютного нуля**:**

$$\mathbf{\eta = \eta_1\eta_2 = 0{,}8922 \cdot 0{,}819355 = 0{,}731.}$$

$$\mathbf{\eta = 0{,}821776 \cdot 0{,}5 + 0{,}5 \cdot 0{,}6403 = 0{,}731.}$$

$$\mathbf{\eta = 0{,}9069 \cdot 0{,}31623 + 0{,}68377 \cdot 0{,}64976 = 0\ {,}731.}$$

Получил усредненную плотность упаковки макромолекул в линейных полимерах

$$\eta = 0{,}7854 \cdot 0{,}68377 + 0{,}31623 \cdot 0{,}4559 = 0{,}6812,$$

экспериментально полученную ранее А.И. Китайгородским и А.А. Аскадским:

Получил уравнения для температурных деформаций полимеров в области стеклования и при температуре стеклования $T_с$:

– дополнительный свободный объем, возникающей в результате теплового расширения аморфных полимеров с некоторой степенью кристалличности от некоторой температуры $\boldsymbol{T_0} = \boldsymbol{T_c}$ **–51,6**°С до температуры стеклования $\boldsymbol{T_c}$

$$f_{\text{ос}} = 0,31623 f_{\text{с}} = \frac{\eta_1}{9,49 \cdot \ln(120,754\eta_1^5)} = 0,025\ldots0,0254,$$

– выше температуры стеклования ($\eta_1 = 0,667...0,681\ldots0,8922$)

$$f_{\text{ос}} = 0,68377 f_{\text{с}} = \frac{\eta_1}{4,39 \cdot \ln(120,754\eta_1^5)} = 0,054{:}\ldots0,055,$$

$$f_{\text{сж}} = (\alpha_{\text{ж}} - \alpha_{\text{с}})T_{\text{с}} = \frac{\eta_1^n}{3(1-x)\ln(120,754\eta_1^5)} \approx 0,113 \text{ (0,08) при } n = 0, \text{ где } 0 \le n \le 1.$$

$$\alpha_{\text{ж}} T_{\text{с}} = \frac{\eta_1^n}{3x\ln(120,754\eta_1^5)} \approx 0,2 \text{ при } n = 2, \quad \text{где } 1 \le n \le 3.$$

$$f_{\text{с}} = \alpha_{\text{с}} T_{\text{с}} = \frac{\eta_1^n}{\left[(1-x)/x\right]\left[\ln(120,754\eta_1^5)\right]} = 0,0883 \text{ при } n = 2, \text{ где } 1 \le n \le 3.$$

где $\alpha_{ж}$, $\alpha_{с}$ – коэффициенты температурного расширения жидкой и твердой фазы,

– отношение энергии активации и кинетической энергии w в полимерах

$$\frac{E_{\text{а}}}{k_{\text{Б}} T_p^{\text{ст}}} = \frac{E_{\text{а}}}{k_{\text{Б}} T_c^{\text{ст}}} = \frac{1}{x^3} = \frac{1}{0,0316} = 31,6.$$

– изменение температуры размягчения T_p от скорости нагревания $\lg w$

$$1/T_p = c_1\left[1-(c_2/c_1)\lg w\right] = c_1(1-x^3\lg w) = c_1(1-0,0316\ \lg w),$$

– изменение температуры размягчения T_p от скорости охлаждения $\lg w$

$$\frac{1}{T_p} = c_1(1-\frac{c_2}{c_1}\lg q) = c_1(1-\frac{x^3}{(1+x)x}\lg q) = c_1(1-0,076\lg q).$$

$$\left(c_1/c_2\right) = 13,16,; \quad c_1 = \left(1/x^3\right)(x+1)xc_2 = 31,6 \cdot 0,416 c_2 = 13,1623 c_2.$$

Раскрыл структуру **жидкого гелия** как двухступенчатую топологическую конденсацию атомов:

$$\eta = \eta_{1N}\eta_{2N}N + \eta_{1S}\eta_{2S}S.$$

Показал, что при критических параметрах плотность упаковки атомов гелия в сферах трехмерных колебаний соответствует величине второй критической плотности упаковки ($\eta_{c2} \le 0,1076$) с плотнейшей (0,7405) систематической упаковкой этих сфер в критическом объеме: $\eta_c = \eta_{c2}\eta_1 = 0,1076172 \cdot 0,7404805 = 0,07968843(0,0797)$.

В λ — точке и при более низких температурах плотность упаковки атомов в сферах трехмерных колебаний **нормальной** компоненты соответствует величине первой критической плотности упаковки невзаимодействующих элементов дискретности (см. табл.)

($\eta_{c1} \le 0{,}640289^3 \le$ 0,2625), а плотность упаковки этих сфер в объеме (в блоках) равна наибольшей плотности произвольной упаковки η_1 = 0,640289.

Топология структуры низкотемпературного гелия (He_2^4 **)**

<table>
<tr><td rowspan="2">Температура, К,
и свойства</td><td colspan="2">Неоднородная конденсация в компоненте</td><td rowspan="2">Однородная конденсация</td></tr>
<tr><td>в нормальной</td><td>в сверхтекучей</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td>5,2-критическая точка
η = 0,079688,
ρ = 0,06964 г/см^3</td><td colspan="2">$0{,}6402894^5 \cdot 0{,}74048$
$0{,}1076172 \cdot 0{,}74048$
$0{,}2489 \cdot 0{,}64029 \cdot 0{,}5\, N + 0{,}2152 \cdot 0{,}7405 \cdot 0{,}5 \cdot S$
$0{,}2487 \cdot 0{,}64029 \cdot 0{,}5\, N + 0{,}2154 \cdot 0{,}7405 \cdot 0{,}5 \cdot S$</td><td>0,2823·0,2823</td></tr>
<tr><td>4,2-точка кипения, ρ= 0,0913 г/см^3
$\eta = 0{,}2549 \cdot 0{,}64029^2 = 0{,}104503$
$\rho \ge 0{,}05514$ г/см^3
$\eta = 0{,}251189 \cdot 0{,}630957 = 0{,}1$</td><td colspan="2">$0{,}163212 \cdot 0{,}640289$
$0{,}163212 \cdot 0{,}64029 \cdot N + 0{,}14113 \cdot 0{,}7405 \cdot S$
$0{,}2549 \cdot 0{,}40997 \cdot N + 0{,}2396 \cdot 0{,}4361 \cdot S$
$0{,}15849 \cdot 0{,}630957$</td><td>0,3233·0,3233
0,31623 · 0,31623</td></tr>
<tr><td>2,17-λ-точка
ρ_n= 0,14608 г/см^3, η_n= 0,167153
ρ = 0,1464 г/см^3, η = 0,16753</td><td colspan="2">$\frac{0{,}2610}{0{,}2610} \cdot 0{,}640289 \cdot N + \frac{0{,}2257}{0{,}22623} \cdot 0{,}74048 \cdot S$</td><td>0,4088·0,4088
0,4093·0,4093</td></tr>
<tr><td>2- $\rho_n = \rho_s$=0,1457 г/см^3, η_n=0,16772
ρ = 0,1460 г/см^3, η = 0,16706</td><td colspan="2">$\frac{0{,}2610}{0{,}2610} \cdot 0{,}640289 \cdot 0{,}5 + \frac{0{,}2251}{0{,}2256} \cdot 0{,}74048 \cdot 0{,}5$</td><td>0,4083·0,4083
0,4087·0,4087</td></tr>
<tr><td>1,7 - ρ_n=0,1453 г/см^3, η_n=0,16626
1,5 – ρ =0,1454 г/см^3, η= 0,1664</td><td colspan="2">$\frac{0{,}2595}{(0{,}2600)} \cdot 0{,}640289 \cdot N + \frac{0{,}2245}{(0{,}2247)} \cdot 0{,}74048 \cdot S$</td><td>0,40775·0,40775
0,40792·0,40792</td></tr>
<tr><td>1 - ρ_n=0,1452 г/см^3, η_n= 0,166146
ρ = 0,1454 г/см^3, η = 0,16640</td><td colspan="2">$\frac{0{,}2595}{(0{,}2600)} \cdot 0{,}640289 \cdot N + \frac{0{,}2244}{(0{,}2247)} \cdot 0{,}74048 \cdot S$</td><td>0,40761·0,40761
0,40792·0,40792</td></tr>
<tr><td>0,5 - ρ_n=0,1452 г/см^3, η_n=0,166146</td><td colspan="2">$\frac{0{,}2595}{(0{,}2600)} \cdot 0{,}640289 \cdot N + 0{,}2224 \cdot 0{,}74048 \cdot S$</td><td>0,40761·0,40761
0,40761·0,40761</td></tr>
<tr><td>Вблизи абсолютного нуля
η_n= 0,165626, ρ_n= 0,14475 г/см^3

η_n= 0,165802, ρ_n= 0,1449 г/см^3</td><td colspan="2">$\frac{0{,}2587 \cdot 0{,}640289}{0{,}2549 \cdot 0{,}64976} \cdot N + 0{,}22367 \cdot 0{,}74048 \cdot S$
$0{,}2549 \cdot 0{,}65045 \cdot N + 0{,}2239 \cdot 0{,}74048 \cdot S$</td><td>0,40697·0,40697

0,40718·0,40718</td></tr>
</table>

Плотность упаковки атомов в сферах трехмерных колебаний **сверхтекучей** компоненты гелия соответствует величине первой критической плотности произвольной упаковки ($0{,}640289^{10/3} \le$ 0,22625) взаимодействующих элементов дискретности, а плотность упаковки этих сфер в блоках равна наибольшей плотности при регулярной укладке 0,7405. С понижением температуры плотность упаковки атомов в сферах трехмерных колебаний повышается.

Используя уравнение ФТП для $\eta_{c1} = 1/10\left(\sqrt{3}-1\right)^3$ = 0,25490381 методом обратного последовательного приближения (восхождения), рассчитал необходимые ряды значений η_1 для излучения и вещества:

1,0634827 ← 0,9939944 ← 0,92444006 ← 0,854421346 ← 0,783345728 ← ← 0,710262517 ← **0,63347284052414922** → **0,54938193018442288894** → → **0,44758499898676 1523** → **0,25490381056766579 7.**

1,0640 ← 0,99451 ← 0,92495 ← 0,85493 ← 0,78387 ← 0,710806 ← **0,634052826** → → 0,550038 → 0,4484 → 0,2578 → …0,214489.

1→**0.930465076654**→0.86050635728386→0.7895528450→0.7166952664→ →**0.64032674326744**→0.5571091981→0.457738137416→0.2856168242…→0.22092884.

0→**0.0695349**→0.13949364→**0.210447155**→0.2833047→0.359673257→ →0.4428908→0.542262→**0.714383175784…**→0.77907116

0.9999671818 ← **0.93043216287** ← 0.86047312695 ← 0.7895189656627 ←

$\leftarrow 0.7166601858958 \leftarrow$ **0.640289423105** $\rightarrow$ 0.5570672723 $\rightarrow$ 0.457683678247 $\rightarrow$
$\rightarrow$ 0.285467268311 $\rightarrow \ldots \rightarrow$ 0.2209280·

0→**0.069567837·(0.069535019)**→0.13952687→**0.2104810343473**→0.283339814→
→0.359673257→0.4429327277→0.54231632175→0.**714532731689…**→0.779072

Используя при этом уравнение трехступенчатой топологической конденсации вещества, рассчитал ряд величин фундаментальных физических постоянных.

$$\boldsymbol{h}/\mathbf{e} = \left(60,3769286\eta_i\right)^3 k_4 C = 220096,456\eta_1\eta_2\eta_3 k_4 C =$$

$$=220096,456 \cdot (0,549381930184423 \cdot 0,44758499898676152 \cdot 0,2549038105676658) k_4 C =$$
$$= \mathbf{1,37951052404459 \cdot 10^{-17}}\ (1,379510132184 \cdot 10^{-17})\ \text{эрг·с/ед. CGSE},$$

где C – коэффициент размерности, $C = 1 \cdot 10^{-21}$ эрг·с/ед. CGSE;
$k_4 = 0,99996718563986 \leftarrow$ (ФТП) 0,6402894231.

Новое значение величины **постоянной Планка**:

$$h = 1,379510524 \cdot 10^{-17}\ \text{эрг·с/ед. CGSE} \cdot 4,803204236157 \cdot 10^{-10}\ \text{ед. CGSE} =$$
$$= \mathbf{6,6260707929141528292827}\ (6,62606896) \cdot 10^{-27}\ \text{эрг·с}.$$

Элементарный заряд (электрона):

$$e = 1,602176487 \cdot 0,1\text{с} \cdot \mathbf{2,9979245577} 10^{-19}\text{Кл} \cdot 10^{10}\ \text{см/с} =$$
$$= 4,803204236157277 (4,80320427187535) \cdot 10^{-10}\ \text{ед. CGSE}.$$

Число Авогадро:

$$N_A = 3,9903126821 \cdot 10^{-10}\ \text{Дж·с·моль}^{-1} / 6,62607079291415283 \cdot 10^{-34} \cdot \text{Дж·с} =$$
$$= \mathbf{6,0221401292108}\ (6,022141795) \cdot 10^{23}\ \text{моль}^{-1}.$$

Константа Больцмана:

$$k_Б = R/N_A = 8,314472\ \text{Дж·К}^{-1}\text{·моль}^{-1} / 6,02214012921 \cdot 10^{23}\ \text{моль}^{-1} =$$
$$= \mathbf{1,38065070250858}\ (1,3806503206) \cdot 10^{-23}\ \text{Дж·К}^{-1}$$

Величина постоянной тонкой структуры:

$$1/\alpha = \frac{3 \cdot 10\ \ 0,63347284/0,634052826\ ^3\ k_4^{0,064658736384}}{0,63347284^{10/3}} = 137,03599961\ (137,03599968)$$

Скорость распространения **света** в вакууме в настоящий период развития Вселенной:

$$\mathbf{c = 3 \cdot 10^8 м/с (0,633472840524149/0,640289423105)^{0,06465873638405}} =$$
$$= \mathbf{2,9979245577}\ (299792458) \cdot \mathbf{10^8 м/с.}$$

Получил **уравнение** для вычисления величины постоянной Хаббла физического вакуума, темной материи, а также их возраст **и возраст** Вселенной (m = 5/3) и Метагалактики (m = =16/3) соответственно:

$$H_0 = (\eta_{c1} / 2\eta_{c2}^2 \eta_1^5) \times (\eta_{1\max} / \eta_1)^m = (0,63347284^3 / 2z\eta_1^5) \times (0,7404805/\eta_1)^{16/3} =$$
$$= (0,2542\ \text{км/(с Мпк)} / 2 \cdot 0,01 \cdot 0,210481034347) \times (0.7404805/0.71453273)^{16/3} =$$
$$= 73.040262516\ \text{км/(с Мпк)}.$$

Возраст **Метагалактики** равен: $t_0 = 1/H_0$ = 1/73,04026516 км/(с Мпк) = **13,69108** млрд. лет.
Постоянная Хаббла Вселенной:

$$H_0 = (0,2542\ \text{км/(с Мпк)} / 2 \cdot 0,01 \cdot \mathbf{0,7145327317^5}) \times (0,7404805/0,7145327317)^m =$$
$$= 68,2406834 \times 1,0363143^{\mathbf{1\ldots2}} = 70,7188\ldots73,2869\ \text{км/(с Мпк)}.$$
$$H_0 = 68,2406834\ \text{км/(с Мпк)} \times 1,0363143^{\mathbf{5/3}} = 72,420667\ \text{км/(с Мпк)}.$$

Возраст современной **Вселенной** при этом равен:

$$t_0 = 1/H_0 = 1 / (70,7188\ldots73,2869)\ \text{км/(с Мпк)} = 14,1405\ldots13,6450\ \text{млрд. лет}.$$
$$t_0 = 1 / H_0 = 1 / 72,420667\ \text{км/(с Мпк)} = \mathbf{13,80821}\ \text{млрд. лет}.$$

$$H_0 \geq (0{,}2542 \text{ км/(с Мпк)} / 2 \cdot 0{,}01 \cdot 0{,}1866) \times (0{,}7404805/0{,}7145327317)^{5/3} \geq$$
$$\geq 68{,}11401 \times 1{,}0363143^{5/3} \geq 72{,}286235 \text{ км/(с Мпк)}.$$

Возраст современной Вселенной при этом равен:

$$t_0 = 1 / H_0 \leq 1 / 72{,}286235 \text{ км/(с Мпк)} \leq \mathbf{13{,}83389} \text{ млрд. лет.}$$

Полученные значения величин “постоянной” Хаббла [км/(с Мпк)] для физического вакуума, темной материи, Вселенной (m =5/3) и Метагалактики (m = 16/3), а также их возраст t_0 (млрд. лет) соответственно:

H_0 = 72,52…72,31,	t_0 = 13,789…13,829.	H_0 = 73,133638,	t_0 = 13,6736.
H_0 = 72,62…72,48	t_0 = 13,770…13,796.	H_0 = 73,2410655	t_0 = 13,6535.
H_0 = 72,42…72,29,	t_0 = **13,808**…13,834.	H_0 = 73,0402625,	t_0 = **13,6910.**

Оставшейся время на расширение Вселенной до начала ее сжатия 3,686…2,06 млрд.лет. Полный цикл расширения и сжатия пульсирующей однородной Вселенной составляет 17,858265 $\cdot$ 2 = 35,7165 млрд. лет. **Время пяти циклов** расширения и сжатия Вселенной составляет **178,58265** млрд. лет. **Возраст Метагалактики 10,05** млрд. лет, **возраст Солнца 4,9543…5,0276** млрд. лет, **возраст Земли** составляет **4,567** млрд. лет. Показал, что Вселенная бесконечна во времени своего развития.

Определил содержание энергии конденсата (вещества, межгалактического газа, звезд и нейтрино) в современной Вселенной $\varepsilon_1 + \varepsilon_г$ = 6,95%, а содержание энергии темных субстанций (темной материи и темной энергии) во Вселенной согласно уравнению ФТП при $\eta_{1\max} = 1...0{,}9999672$ равно $\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 0{,}930465...0{,}930432$.

Получил формулы для определения содержания энергии вещества (ε_1 = 4,45%), межгалактического газа, звезд, нейтрино ($\varepsilon_г$ = 2,5%) и темной материи во Вселенной:

$$\varepsilon_2 = (0{,}7405^{16/3\ldots5} \ldots 0{,}64029^{10/3})100\% = (0{,}2014\ldots0{,}2105\ldots0{,}2226\ldots0{,}22625)100\%$$

$$\varepsilon_г = \varepsilon - \varepsilon_1 = (\sigma_{\max} - \sigma)(1 - \eta_i)/(1...\sigma_{\max}),$$

$$\varepsilon_2 = 100\eta_{c1}\% = 100\eta_1^n\%.$$

Содержание темной энергии вакуума во Вселенной при этом составит:

$$\varepsilon_3 = 100\% - (4{,}45 + 2{,}5 + 20{,}14...21{,}045...22{,}262\ldots22{,}625)\% = 72{,}91...72...70{,}79...70{,}42\%.$$

В современной Вселенной выполняется равенство содержания вещества ε_1 и межгалактического газа, звезд и нейтрино ε_g с систематической (с) и с произвольной (п) упаковкой элементов их дискретности:

$$(\varepsilon_1 + \varepsilon_g)_с = (\varepsilon_1 + \varepsilon_g)_п, \qquad (5{,}145+1{,}8)100\% = (4{,}45+2{,}5)100\% = 6{,}95\ \%.$$

Количество обменной энергии излучения с темной материей и с темной энергией вакуума в современной Вселенной составляет:

$$\Delta\varepsilon_2 = (0{,}7404805 - 0.210447^{0{,}2}...0.22262^{0{,}2})100\% = 0.8496...0\%.$$

$$\Delta\varepsilon_3 = [0{,}7404805 - (0{,}7145327...0.7143832]100\% = 2{,}5948...2{,}6097\%.$$

Количества обменной энергии излучения с энергией вакуума и темной материей определяют содержание водорода и гелия в современной Вселенной:

H= 0,026097 / (0,008496 + 0,026097) 100 % = 75,96 %,

He = 100 % –75,95 % = 24,04 %.

Физический вакуум имеет упорядоченную структуру с плотной упаковкой вплоть до плотнейшей упаковки в нем элементов дискретности (виртуальных частиц):

$$\varepsilon_3 = 1 - (0{,}0695 + 0{,}2226...0{,}21045...0{,}2014) = 0{,}7078\ldots0{,}7200\ldots0{,}7291,$$

$$\eta_3 = (0,22262...0,210447...0,201406)^{0,2} = 0,74048...0,7322...0,7258.$$

Показал, что плотности упаковки элементов кластерной и нанодисперсной дискретности темной материи 0,1866…,2014…0,2105…0,2226…0,2625 и сфер их взаимодействия с плотнейшей систематической упаковкой 0,74048 и менее соответствуют величинам термодинамического критического состояния и структуре вещества – в частности инертных газов.

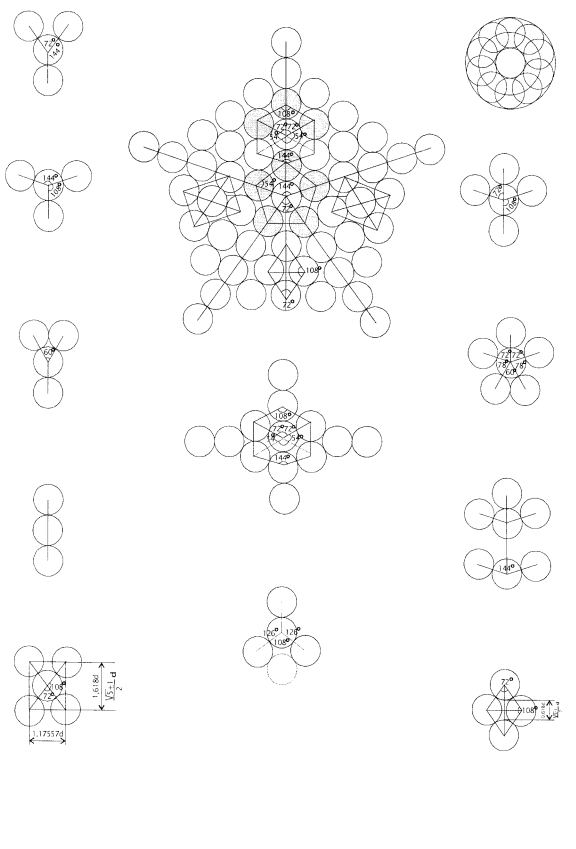
При низкой температуре и глубоком вакууме критическое содержание во Вселенной, критическое состояние нанодисперсной темной материи (5-е физическое состояние вещества) и перестройка структуры элементов ее дискретности являются постоянным источником электромагнитного (реликтового) излучения, подобно тому, как вблизи термодинамической критической точки вещества наблюдается звуковой шум. В этих условиях критическое содержание и дискретность темной материи Вселенной проявляют необычное свойство – **гравитационное отталкивание** наряду с гравитационным притяжением космических тел в скоплениях (в галактиках), что обеспечивает их орбитальную и галактическую устойчивость и скорость разбегания. Показатель степени взаимодействия (отталкивания) элементов дискретности темной материи (m =16/3) больше чем гравитационное их притяжение (m = 2), но в соответствии с содержанием темной материи во Вселенной их отталкивание больше гравитационного притяжения: 0,210481x16/3=1,12256 и 0,0695 x 2 = 0,139.

Получил формулу для определения кратности яркости звезд – при установлении звездной величины: $D_{n-1}/d_n = \left[10\eta_1\left(\sqrt{3}-1\right)^3\right]^{n-1} = (3,923\cdot 0,640326745...0,640289423)^{n-1} = 2,512^{n-1}$.

В одной из глав своей книги **Дискретная топология** (Белгород, БГТУ – 2016. 520 с.простейшим методом решил “проблему 13 шаров”. Из отношения эффективной площади поверхности шара, равной площади поверхности куба, к площади поверхности «сферической шапочки» - тень от соседнего шара, получил:

$$n(Z_3) = \frac{4\pi R^2}{(6/\pi)^{1/3}\,2\pi R^2\left(1-\sqrt{3/2}\right)} = \frac{2}{(6/\pi)^{1/3}\left(1-\sqrt{3/2}\right)} = 12$$

Рассмотрел угловую и винтовую симметрию в природе растительного и живого мира, установил плотности пентагональной упаковки идентичных шаров в трехмерном пространстве: $\eta_1 = 0,7003$ - плотная и $\eta_1 = 0,5505$ - рядовая укладка – **2** способа.



Получил формулу для плотности систематических укладок шаров в трехмерном пространстве (атомов в кристаллах простых веществ – **5** способов) в зависимости от внутренних и центральных углов в кристаллической ячейке и в координационных многогранниках.

$$\eta = \frac{\pi d^3}{6}\cdot\frac{1}{h_1 h_2 h_3} = \frac{\pi}{6}\cdot\frac{1}{l\sin\alpha_1 m\sin\alpha_2 n\sin\alpha_3},$$

Таким образом, природа создает свои объекты семью способами: 5 – неживой природы с кристаллической решеткой и 2 – живой природы с пентагональной осью симметрии.

При этом $5\cdot 2$ = 10 вариантов (см. табл. 2.6) неживой природы и $2\cdot 1$ + 1 = 3 варианта, но с большим многообразием объектов живой природы (см. рис. слева). Осюда, согласно Пифагору можно получить ряд мистических чисел:

2,3,5,7,10,12,13.

Установил величины золотого топологического сечения 1-x = (x-0,1)/x:

$$x = 0{,}630957^{5/2} = \sqrt{0{,}1} = 0{,}31623,$$

$$1\text{-}x = 1\text{-}\sqrt{0{,}1} = 0{,}68377,$$

а на его основе плотность случайного (произвольного) покрытия поверхности кругами

$$\eta = \frac{\pi}{4}[\sqrt{0{,}1}\,\frac{1}{\sin 72^\circ} + (1-\sqrt{0{,}1})\,\frac{1}{\sin 60^\circ}] = (\pi/4)(0{,}31623\cdot 1{,}05146 + 0{,}68377\cdot 1{,}1547) = 0{,}88126.$$

Эннола (Ennola V., 1961г.) получил такой же результат $\eta = 0{,}8813$.

Основные работы опубликованы в журнале “Известия вузов. Строительство”.

1.Тяжелый бетон с плотным структурным каркасом заполнителя // Известия вузов. Строительство./ Новосибирск: НГАСУ. – 2001. – №4. – С. 54–59.

2.Фрактальная размерность дискретных систем // Известия вузов. Строительство. – 2008. – №8 – С. 102– 107.

3. Модели потенциалов и сил парного взаимодействия микро – и наночастиц в дисперсных системах // Известия вузов. Строительство. – 2011. – № 2. – С.117–126.

4. Структурная топология дисперсного слоя взаимодействующих микро- и наночастиц // Известия вузов. Строительство. – 2011. – № 5. – С. – 119–125.

5. Расчет структурообразующих элементов и состава портландцементного пенобетона. Часть 1, 2 // Известия вузов. Строительство. – 2011. – №12 – С.31–39, 2012. – № 1 – С.14–20.

6. Критический размер микро - и наночастиц, при котором проявляются их необычные свойства // Известия вузов. Строительство. – 2012. – № 10. – С.109–115.

7. Принципы атомной упаковки кластеров. Вывод уравнений для критических размеров кластеров, нано- и микрочастиц. Математические модели вложения и разбиения образований на элементы дискретности вещества. Уровни дискретности вещества// Известия вузов. Строительство. – 2014 – №2, №3, №4, №5, №6.

8. Топологический формализм в определении величин фундаментальных физических постоянных // Известия вузов. Строительство. – 2014. – №.12 – С. 104 - 113.

9.,Дискретная топология дисперсных материалов и простых веществ // Известия вузов. Строительство. – 2015 .– **№.2** – С. 110–118

10. Топологические свойства дискретных систем // Известия вузов. Строительство. – 2015 - №**5** – С.103 – 113.

11. Топологические свойства дисперсных материалов и других дискретных систем // Известия вузов. Строительство. – 2015 .– №.10 – С. 100–110.

12. Топологические свойства крупномасштабных структур // Известия вузов. Строительство. – 2015 – №.11,12 – С. 91–103.

13. Топологические свойства крупномасштабных и нанодисперсных субстанций // (в редакции).

.