

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/205



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	J1-4297
Naslov projekta	Teorija nematske nanokapljice in urejanje DNA, enkapsidirane v preprostih virusih
Vodja projekta	8589 Rudolf Podgornik
Tip projekta	J Temeljni projekt
Obseg raziskovalnih ur	8430
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	1554 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	106 Institut "Jožef Stefan"
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	1 NARAVOSLOVJE 1.02 Fizika 1.02.07 Biofizika
Družbeno-ekonomski cilj	13.01 Naravoslovne vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	1 Naravoslovne vede 1.03 Fizika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Raziskovali smo pakiranje nematskega polimera v togi ogradi. Motiviralo nas je predvsem pakiranje molekule DNK v kapsidah virusov. Pakiranje DNK v preprostih virusih fizike čedalje bolj zanima, saj se zdi, da veliko procesov, povezanih z vrivanjem DNK v bakteriofage, poteka po biološko nespecifičnih, fizikalnih mehanizmih. V naših študijah DNK opišemo kot nematski

polimer, torej kontinuumsko, pri čemer upoštevamo orientacijsko elastičnost, efekte faznega urejanja in sklopitev med deformacijo orientacije in variacijami gostote, značilno za polimerni nematik. Pokazali smo, da s kontinuumskim modelom lahko opišemo spontano kondenzacijo DNK v posplošeno toroidno konfiguracijo, ki ob dodatku kiralne interakcije kaže netrivialne cevaste preplete.

Z metodo Monte Carlo smo preučili stabilnost virusom podobnih nanolupin v eno- in večvalentnih ionskih raztopinah. Določili smo fazne diagrame, ki vsebujejo elektrostatično komponento tlaka, in pokazali, da je ta lahko tako pozitivna kot negativna, kar pojasnjuje visoko občutljivost stabilnosti in samosestavljanja virusnih lupin na ionsko okolje.

Izpeljali smo tenzorski ohranitveni zakon za nematske polimere - novo makroskopsko enačbo, ki ji morajo zadoščati tenzorsko (kvadrupolno) urejeni polimeri.

Razvili smo 3D orodje (solver) za reševanje parcialnih diferencialnih enačb hidrodinamike nematskega tekočega kristala - direktorske nematodinamike, in ga uporabili za izračun kompleksnega hidrodinamskega preklopa Freederickszovih domen v realni 3D geometriji.

Modelirali smo dinamiko aktivnega sredstva - roja bakterij in opisali pulzno obnašanje transporta in rasti, ki ga opazijo tudi v eksperimentih. Izpeljali smo makroskopske dinamične enačbe za aktivna sredstva z dinamičnimi odlikovanimi smermi različnih simetrij.

ANG

We investigated the packing of a nematic liquid crystal polymer into a rigid enclosure. The motivation clearly arises from packing of DNA into viral capsids. Packing of DNA within simple viruses has recently attracted a lot of attention from the physics community since it appears that many if not all processes connected with the bacteriophage DNA injection are governed by biologically unspecific physical mechanisms. In our studies the DNA is treated as a nematic polymer in a continuum description including orientation-elastic, phase ordering, and density-coupling effects characteristic to the polymer nematic, as a contrast to complementary molecular dynamics or density functional descriptions. We show that such continuum model is capable of describing a spontaneous condensation of DNA into generalized toroidal configurations, which become complex tube-like networks when chiral interaction is included.

By Monte Carlo we examined the stability of virus-like nanoshells in mono- and multivalent ionic solvents. We determined phase diagrams containing the electrostatic pressure component and showed that it can have both signs, which explains the high sensitivity of viral shells stability and self-assembly to the ionic environment.

We derived the tensorial conservation law for nematic polymers - a new macroscopic equation that must be obeyed by polymers with tensorial (quadrupolar) order.

We developed a 3D PDE solver for hydrodynamics of the nematic liquid crystal - director nematodynamics and applied it to a complex hydrodynamic switching of Freedericksz domains in the realistic 3D geometry.

We modelled the dynamics of a bacterial swarm as an active system and described a pulsating stop&go behaviour observed also in experiments. We derived macroscopic dynamic equations for active systems with dynamic preferred directions with various symmetry properties

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Z novim modelom polimernega nematika s kiralnostjo in divergentnim gostotnim delom funkcionala proste energije smo dobili zanimive spontano kondenzirane konfiguracije verige DNA v krogli (virusu). Kondenzacija v določenem delu parametričnega prostora presenetljivo sploh ni pogojena z ograditvijo. Zanimivo je, kako se struktura spreminja v odvisnosti od polnitvenega razmerja in jakosti kiralnosti. Z večanjem kiralnosti se kondenzat začne vzlati in tvori prepletene cevaste strukture, znotraj katerih je direktor povsod regularen. **Objavljeno v EPL.** Obstoječi model temelji na sklopitvi med gostoto in vektorskim ureditvenim parametrom. Razvijamo ga

naprej v smeri kompakfikacije - redukcije na eno vektorsko polje, v kolikor je le-ta možna. Hipotetične možnosti, da v ikozaedrični ograditvi (kapside virusov) pride do pojavov komenzurabilnosti med kiralno periodo in robovi ikozaedra, ki bi lahko vsiljevala sidranje vzdolž roba in tako odločilno vplivala na konfiguracijo DNA v primerjavi s tisto v sferi, nismo mogli potrditi, kar kaže na to, da se vsaj v luči kontinuumskega opisa sfera in ikozaeder ne razlikujeta bistveno. Nedavna ugotovitev kaže, da so kiralne cevaste strukture odločilno pogojene z detajlom realizacije kiralne interakcije, ki v tekočerkristalni komuni ni prepoznan, v našem modelu pa je zaradi izrazitih variacij gostote in orientacijskega reda zelo pomemben.

Z metodo Monte Carlo smo preučili stabilnost virusom podobnih nanolupin v eno- in večvalentnih ionskih raztopinah. Določili smo fazne diagrame, ki vsebujejo elektrostatično komponento tlaka, in pokazali, da je ta lahko tako pozitivna kot negativna, kar pojasnjuje visoko občutljivost virusnih lupin na ionsko okolje. **Objavljeno v JCP.**

Raziskali smo dielektrični odziv raztopin DNA in hialuronske kisline pri različnih koncentracijah in različnih ionskih jakostih. Opažamo dva relaksacijska vrha v intervalu 100 Hz - 1000 MHz. Visokofrekvenčni vrh je posledica kolektivnih lastnosti raztopine, nizkofrekvenčni pa posledica dielektričnega odziva posamezne molekule. Objavljeno v **Physica B.**

Molekulske simulacije nematogenov smo usmerili v obravnavo polidomenskih vzorcev z nepravilno arhitekturo polimerne mreže. Pokazali smo, da se v primerjavi z monodomenskimi vzorci fazni prehod v neurejeno izotropno fazo premakne k nižji temperaturi. Poleg tega smo pri simulirani natezni obremenitvi vzorca opazili območje 'mehke' deformacije, v katerem za znatno deformacijo zadošča že zelo majhna zunanja sila. Preučevali smo tudi vlogo stopnje nabreklosti vzorcev. V bolj nabreklih vzorcih se prehod v izotropno fazo pravitako premakne k nižji temperaturi, pri nižjih temperaturah pa je opazna tudi fazna separacija. **Objavljeno v PNAS.**

Izpeljali smo tenzorski ohranitveni zakon za nematske polimere, ga primerjali z vektorskim (ki smo ga zaradi completeness in rigoroznosti še enkrat izpeljali v istem formalizmu in s tem tudi verificirali ter posplošili) in poiskali primere analitičnih rešitev, ki zadoščajo tenzorskemu ohranitvenemu zakonu in hkrati minimizirajo prosto energijo v enokonstantnem približku. **Objavljeno v PRE.** Predvidevamo, da se bo interpretacija tega novega rezultata oblikovala skozi naslednja leta, saj gre za pomemben korak naprej, ki spreminja perspektivo in odpira nova vprašanja. Trenutno potekajo nove mikroskopske raziskave, ki naj bi potrdile ohranitvene zakone in pomagale razvozlati odprta vprašanja.

Z nematohidrodinamičnim solverjem, ki smo ga razvili v okviru projekta, smo uspešno simulirali tridimenzionalni preklopni kickback pojav v celici, ki je kritično odvisen od hidrodinamičnega toka. Ugotovili smo, da do tega pojava pride tudi v povsem realnih okoliščinah, to je v tridimenzionalni geometriji tekočerkristalne celice ob prisotnosti množice naključnih Freederickszovih domen nepravilnih oblik, in ne le v idealnih enodomenskih vzorcih s posebej kontroliranimi robnimi pogoji. Tak rezultat je presenečenje in je zelo zanimiv tudi kot izziv za eksperimentalne študije. **Objavljeno v PRE.** Vzoredni produkt tega sklopa je tudi robusten solver za tridimenzionalno direktorsko nematohidrodinamiko v poljubni geometriji, ki se ga da uporabiti tudi širše.

Raziskava dinamike aktivnega sredstva z dinamično odlikovano smerjo, ki je bila v obliki vabljenega predavanja predstavljena tudi na ILCC 2012, je kulminirala v zanimivem članku s soavtorjema z Univerze v Bayreuthu in Instituta Max Planck v Mainzu, ki je bil **objavljen v PRL kot Editor's suggestion.** Dinamika rasti nematsko urejene bakterijske kolonije (ureditveni parameter ni statični direktor, ampak makroskopska hitrost bakterij) kaže tipično in robustno pulzno obnašanje, ki kljubuje dodatku kiralnosti in šuma in je bilo tudi eksperimentalno opaženo. V tem času se je izkristaliziralo, da je najpomembnejši prispevek te raziskave ravno vpeljava dinamične odlikovane smeri, s katero dosežemo neposredno sklopitev orientacijskega polja in transporta, ki je v primeru statične preferirane smeri (kakor se običajno opisujejo "aktivni" nematiki) ni. Opis z dinamično odlikovano smerjo je uporaben tudi za makroskopske aktivne sisteme, npr. jate ptic, rib, roje žuželk ipd.

Z istima soavtorjema z Univerze v Bayreuthu in Instituta Max Planck v Mainzu smo **v EPJE objavili** tudi zahteven daljši članek na temo makroskopske dinamike polarne dinamične

odlikovane smeri, ki zahteva splošno obravnavo aktivne hidrodinamike dveh tekočin, **v EPJE objavili** članek na temo makroskopske dinamike aksialne dinamične odlikovane smeri, ki opisuje npr. aktivna sredstva z vrtečimi se molekularnimi motorji, **v PRE objavili** članek na temo Lehmannove rotacije in rotatoelektričnosti v sistemih akiralnih molekul ter **v EPJE objavili** razpravo glede pasivnega in aktivnega značaja reverzibilnih in disipativnih makroskopskih prispevkov k napetostnemu tenzorju, s katero argumentiramo predvsem dejstvo, da se aktivni sistemi, ki so v fiziki mehkih snovi in kompleksnih tekočin trenutno vroča tema, v ničemer formalno (glede na strukturo hidrodinamičnega opisa) ne razlikujejo od gnanih pasivnih sistemov - razlika je torej le fenomenološke narave.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

S stopnjo realizacije v vseh segmentih raziskovalnih prizadevanj smo lahko izredno zadovoljni. Raziskave so sproti odpirale nova vprašanja in nova področja zanimanja, tako da smo dosegli več, kot smo lahko sprva načrtovali, kar še posebej velja za novi tenzorski ohranitveni zakon za nematske polimere. Še nekaj neposrednih izsledkov je v zaključni fazi in bodo objavljeni v bližnji prihodnosti. Med njimi je vprašanje kompakfikacije - redukcije kontinuumskega modela polimernega nematika. Zelo pomembno je, da se na vseh segmentih raziskave predvidoma nadaljujejo in širijo.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁴

-

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	2615908	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Tenzorski ohranitveni zakon za nematske polimere
		ANG	Tensorial conservation law for nematic polymers
	Opis	SLO	Izpeljemo ohranitveni zakon za nematske polimere v tenzorski obliki, ki je veljaven v primeru kvadrupolnega orientacijskega reda in se razlikuje od ohranitvenega zakona v primeru polarnega reda. Analiziramo razlike med obema ohranitvenima zakonoma, predstavimo nekaj specifičnih orientacijskih polj, ki zadoščajo tenzorski vezi, in osvetlimo vlogo singularnih zavojev (hairpins), ki ne vplivajo na lokalni kvadrupolarni red polimernega nematika, so pa kljub temu povezani z gradienti njegovega direktorskega polja.
		ANG	We derive the conservation law for nematic polymers in tensorial form valid for quadrupolar orientational order, in contradistinction to the conservation law in the case of polar orientational order. We analyze the differences between the polar and the tensorial forms of the conservation law, present some explicit orientational fields that satisfy the tensorial constraint, and discuss the role of singular hairpins, which do not affect the local quadrupolar order of polymer nematics, but nevertheless influence its gradients.
	Objavljeno v	Published by the American Physical Society through the American Institute of Physics; Physical review. E, Statistical, nonlinear, and soft matter physics; 2013; Vol. 88, iss. 5; str. 052603-1-052603-7; Impact Factor: 2.326; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.312; A': 1; WoS: UF, UR; Avtorji / Authors: Svenšek Daniel, Grason G. M., Podgornik Rudolf	
	Tipologija	1.01	

		Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	2523492	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Ograjeni kiralni polimerni nematiki: urejanje in spontana kondenzacija
		ANG	Confined chiral polymer nematics: ordering and spontaneous condensation
	Opis	SLO	Študiramo kondenzacijo dolgega kiralnega nematskega polimera, ograjenega s sfero, s čimer modeliramo kondenzacijo DNK znotraj kapside virusa. Pri naraščanju kiralnosti opazimo transformacijo toroidnega kondenzata v sklenjeno ploskev z naraščajočim genusom, v nekaterih vidikih podobno nastanku urejenih domen, ki jih opazijo s kriomikroskopijo bakteriofagov.
		ANG	We investigate condensation of a long confined chiral nematic polymer inside a spherical enclosure, mimicking condensation of DNA inside a viral capsid. The Landau-de Gennes nematic free-energy Ansatz appropriate for nematic polymers allows us to study the condensation process in detail with different boundary conditions at the enclosing wall that simulate repulsive and attractive polymer-surface interactions. By increasing the chirality, we observe a transformation of the toroidal condensate into a closed surface with an increasing genus, in some respects akin to the ordered domain formation observed in cryo-microscopy of bacteriophages.
	Objavljeno v	Les Ed. de physique; Europhysics letters; 2012; Vol. 100, no. 6; str. 66005-p1-66005-p6; Impact Factor: 2.260; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.685; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Svenšek Daniel, Podgornik Rudolf	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	2605668	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv večvalentnih ionov na elektrostatično stabilnost virusom podobnih nanolupin
		ANG	Multivalent ion effects on electrostatic stability of virus-like nano-shells
	Opis	SLO	Z metodo Monte Carlo smo preučili stabilnost virusom podobnih nanolupin v eno- in večvalentnih ionskih raztopinah. Določili smo fazne diagrame, ki vsebujejo elektrostatično komponento tlaka, in pokazali, da je ta lahko tako pozitivna kot negativna, kar pojasnjuje visoko občutljivost stabilnosti in samosestavljanja virusnih lupin na ionsko okolje.
		ANG	Electrostatic properties and stability of charged virus-like nano-shells are examined in ionic solutions with monovalent and multivalent ions. A theoretical model based on a thin charged spherical shell and multivalent ions within the dressed multivalent ion approximation, yielding their distribution across the shell and the corresponding electrostatic (osmotic) pressure acting on the shell, is compared with extensive implicit Monte-Carlo simulations. It is found to be accurate for positive or low negative surface charge densities of the shell and for sufficiently high (low) monovalent (multivalent) salt concentrations. Phase diagrams involving electrostatic pressure exhibit positive and negative values, corresponding to an outward and an inward facing force on the shell, respectively. This provides an explanation for the high sensitivity of viral shell stability and self-assembly of viral capsid shells on the ionic environment.
	Objavljeno v	American Institute of physics; The Journal of chemical physics; 2013; Vol. 139, iss. 15; str. 154709-1-154709-7; Impact Factor: 3.122; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.414; A': 1; WoS: UH; Avtorji / Authors: Javidpour Leili, Lošdorfer Božič Anže, Naji Ali, Podgornik Rudolf	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	2620260	Vir: COBISS.SI

	Naslov	SLO	Kolektivna pulzna dinamika aktivnega roja bakterij
		ANG	Collective stop-and-go dynamics of active bacteria swarms
	Opis	SLO	Zgradimo makroskopski model rasti in transporta bakterij, ki temelji na dinamični odlikovani smeri - kolektivni hitrosti bakterij. Le-ta je povezana s faznim prehodom iz izotropne v nematsko fazo, s katerim modeliramo transformacijo med negibljivim in gibljivim biološkim stanjem bakterij, ki jo kontrolira gostota. Z dinamično odlikovano smerjo vpeljemo direktno sklopitev med orientacijskim redom in transportom, ki v primeru statične odlikovane smeri ni prisotna. Z dodatkom kiralnosti dobimo kompleksnejšo, a še vedno pulzno dinamiko.
		ANG	We set up a macroscopic model of bacterial growth and transport based on a dynamic preferred direction - the collective velocity of the bacteria. This collective velocity is subject to the isotropic-nematic transition modeling the density-controlled transformation between immotile and motile bacterial states. The choice of the dynamic preferred direction introduces a distinctive coupling of orientational ordering and transport not encountered otherwise. The approach can also be applied to other systems spontaneously switching between individual (disordered) and collective (ordered) behavior and/or collectively responding to density variations, e.g., bird flocks, fish schools, etc. We observe a characteristic and robust stop-and-go behavior. The inclusion of chirality results in a complex pulsating dynamics.
	Objavljeno v	American Physical Society; Physical review letters; 2013; Vol. 111, iss. 22; str. 228101-1-228101-5; Impact Factor: 7.728; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.852; A': 1; A': 1; WoS: UI; Avtorji / Authors: Svenšek Daniel, Pleiner Harald, Brand Helmut R.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	25607463	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Energije in tlaki v virusih: prispevek nespecifičnih elektrostatskih interakcij
		ANG	Energies and pressures in viruses: contribution of nonspecific electrostatic interactions
	Opis	SLO	Opisali smo vpliv elektrostatskih interakcij na prosto energijo in osmotski tlak virusov. Ugotovili smo, da se DNA in RNA virusi med seboj razlikujejo po tem, da imajo prvi velik pozitiven osmotski tlak, drugi pa majhnega in negativnega. Te lastnosti virusov imajo pomembne posledice za njihovo (samo)sestavljanje.
		ANG	We described some aspects of electrostatic interactions in free energy and osmotic pressure of viruses. We found out that DNA and RNA viruses differ in this regard, as the former have a large and positive osmotic pressure while the latter have a small and negative osmotic pressure. These differences have important consequences for virus (self)assembly.
	Objavljeno v	Royal Society of Chemistry; PCCP. Physical chemistry chemical physics; 2012; Vol. 14, no. 11; str. 3746-3765; Impact Factor: 3.829; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.348; A': 1; WoS: EI, UH; Avtorji / Authors: Šiber Antonio, Lošdorfer Božič Anže, Podgornik Rudolf	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	2615908	Vir: COBISS.SI

Naslov	SLO	Nov makroskopski ohranitveni zakon
	ANG	A new macroscopic conservation law
Opis	SLO	Novi tenzorski ohranitveni zakon je za makroskopski opis urejenih polimerov enako pomemben in fundamentalen kot kontinuitetna enačba za mehaniko tekočin. Pričakujemo, da bo pomembno razširil obzorje kontinuumskega opisa urejenih polimerov v splošnem. Vsi dosedanja makroskopski izračuni urejenih struktur namreč temeljijo na vektorskem ohranitvenem zakonu, ki pa ga mora, kot smo pokazali, v določenih okoliščinah zamenjati tenzorski. Novi tenzorski ohranitveni zakon tako predstavlja močen odmik od v preteklosti obravnavanih vezi, ki jih zahteva polimerna narava nematogena, in bo fundamentalno spremenil pogled na povezavo med enostavnimi in polimernimi nematogeni. Zahteval bo ponoven razmislek o nekaterih obstoječih rezultatih, pri katerih nova vez ni bila upoštevana.
	ANG	The new tensorial conservation law is similarly important and fundamental for the macroscopic description of ordered polymers as the continuity equation is for fluid dynamics. Therefore we expect that it will have a frontier-breaking impact on the continuum description of ordered polymers in general. Up till now all macroscopic calculations of ordered structures have implemented the vectorial constraint, which, as we have shown however, should be substituted by the new tensorial constraint under certain conditions. The new tensorial conservation law thus represents a stark deviation from the previously considered constraints implied by the polymeric nematogens and will fundamentally change our perspective on the relation between simple and polymeric nematogens. It will by necessity lead to a reconsideration of some of the existing results on polymer nematics, where this new constraint has not been adequately taken into account.
Šifra	F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
Objavljeno v	Published by the American Physical Society through the American Institute of Physics; Physical review. E, Statistical, nonlinear, and soft matter physics; 2013; Vol. 88, iss. 5; str. 052603-1-052603-7; Impact Factor: 2.326;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.312; A': 1; WoS: UF, UR; Avtorji / Authors: Svenšek Daniel, Grason G. M., Podgornik Rudolf	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	2662244 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Numerična metode za direktorsko nematohidrodinamiko
	ANG	A numerical method for director nematohydrodynamics
Opis	SLO	Razvili smo učinkovito in robustno metodo, ki temelji na paketu openFoam, za reševanje 3D PDE hidrodinamike nematskega tekočega kristala - direktorske nematodinamike. Uporabili smo jo na primeru kompleksnega hidrodinamskega preklapljanja Freederickszovih domen v realistični 3D geometriji.
	ANG	We developed an efficient and robust 3D PDE openFoam-based solver for hydrodynamics of the nematic liquid crystal - director nematodynamics and applied it to a complex hydrodynamic switching of Freedericksz domains in the realistic 3D geometry.
Šifra	F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
Objavljeno v	Published by the American Physical Society through the American Institute of Physics; Physical review. E, Statistical, nonlinear, and soft matter physics; 2014; Vol. 89, iss. 3; str. 032508-1-032508-8; Impact Factor: 2.326;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.312;	

		A': 1; WoS: UF, UR; Avtorji / Authors: Turk Janez, Svenšek Daniel
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i> Vodja raziskovalnega programa ARRS
		<i>ANG</i> Head of the ARRS research programme
	Opis	<i>SLO</i> Vodja programa ARRS: P10055 Biofizika polimerov, membran, gelov, koloidov in celic
		<i>ANG</i> Head of the ARRS programme: P10055 Biophysics of polymers, membranes, gels, colloids, and cells
	Šifra	D.01 Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov
	Objavljeno v	SICRIS
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav
4.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i> Pridruženi profesor
		<i>ANG</i> Adjunct professor
	Opis	<i>SLO</i> Pridruženi profesor, Department of physics, University of Massachusetts, Amherst
		<i>ANG</i> Adjunct professor, Department of physics, University of Massachusetts, Amherst
	Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi
	Objavljeno v	University of Massachusetts, Amherst
	Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi
5.	COBISS ID	3295483 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Sourednik knjige
		<i>ANG</i> Co-editor of a textbook
	Opis	<i>SLO</i> Sourednik knjige "Electrostatics of Soft and Disordered Matter (Hardback), uredki David S. Dean, Jure Dobnikar, Ali Naji, Rudolf Podgornik
		<i>ANG</i> Co-editor of the textbook "Electrostatics of Soft and Disordered Matter" (Hardback), Editors David S. Dean, Jure Dobnikar, Ali Naji, Rudolf Podgornik
	Šifra	C.01 Uredništvo tujega/mednarodnega zbornika/knjige
	Objavljeno v	Pan Stanford; 2014; XX, 428 str.; Avtorji / Authors: Dean David S., Dobnikar Jure, Naji Ali, Podgornik Rudolf
	Tipologija	2.01 Znanstvena monografija

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine²

1. Journal of biological physics. Podgornik, Rudolf (glavni in odgovorni urednik 2013). Amsterdam: Kluwer Online, 1997. ISSN 00920606. [COBISS.SI ID 2702868]
Urednik: prof. dr. Rudolf Podgornik

Mentor: prof. dr. Rudolf Podgornik:

2. LOŠDORFER BOŽIČ, Anže. Interactions & geometry of self assembly in viruslike particles : doctoral thesis. Ljubljana [COBISS.SI ID 2549604]

3. ARZENŠEK, Dejan. Physics of colloidal interactions in protein aggregation processes : doctoral thesis. Ljubljana [COBISS.SI ID 2777956]

in 7 mentorstev diplomskih nalog.

Mentor: doc. dr. Daniel Svenšek
9 mentorstev diplomskih nalog.

Serijski člankovi v povezavi z dinamično odlikovano smerjo pri aktivnih sistemih:

BRAND, Helmut R., PLEINER, Harald, SVENŠEK, Daniel. Macroscopic behavior of systems with an axial dynamic preferred direction. *The European physical journal. E, Soft matter*, ISSN 1292-8941, 2011, vol. 34, art. no. 128, 10 str., doi: 10.1140/epje/i2011-11128-2. [COBISS.SI-ID 2415460]

BRAND, Helmut R., PLEINER, Harald, SVENŠEK, Daniel. Lehmann effects and rototlectricity in liquid crystalline systems made of achiral molecules. *Physical review. E, Statistical, nonlinear, and soft matter physics*, ISSN 1539-3755, 2013, vol. 88, iss. 2, str. 024501-1-024501-5. <http://pre.aps.org/abstract/PRE/v88/i2/e024501>. [COBISS.SI-ID 2572132]

PLEINER, Harald, SVENŠEK, Daniel, BRAND, Helmut R. Active polar two-fluid macroscopic dynamics. *The European physical journal. E, Soft matter*, ISSN 1292-8941, 2013, vol. 36, art. no. 135, 11 str., ilustr. <http://link.springer.com/article/10.1140/epje/i2013-13135-7>. [COBISS.SI-ID 2620516]

BRAND, Helmut R., PLEINER, Harald, SVENŠEK, Daniel. Reversible and dissipative macroscopic contributions to the stress tensor: Active or passive?. *The European physical journal. E, Soft matter*, ISSN 1292-8941, 2014, vol. 37, art. no. 83, 10 str. <http://link.springer.com/article/10.1140/epje/i2014-14083-4>. [COBISS.SI-ID 2734436]

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Predlagali smo spremembo zornega kota in ograjen nematski polimer, npr. DNK, analizirali s stališča koncepta nematskega urejanja ter zapisali Landau-de Gennesovo prosto energijo za polimerni nematik. Motivirani predvsem z nedavnimi eksperimenti s kondenziranimi stanji DNK znotraj kapsid bakteriofagov smo analizo ograjenega nematskega polimera posplošili v nekaj vidikih, med katerimi je najpomembnejši ta, da smo eksplicitno opisali kondenzacijski prehod. S tem se kondenzirana konfiguracija zgradi sama (brez nastavka) iz popolnoma naključnega začetnega stanja (zgolj termični šum).

Izpeljali smo novi (tenzorski) ohranitveni zakon za nematske polimere, ki sklaplja gradientne nematskega ureditvenega tenzorja z variacijami gostote in komplementira vektorski ohranitveni zakon, ki je že uveljavljen. Treba je poudariti, da je ta zakon za makroskopski opis urejenih polimerov enako pomemben in fundamentalen kot kontinuitetna enačba za mehaniko tekočin. Zatorej pričakujemo, da bo pomembno razširil obzorje kontinuumskega opisa urejenih polimerov v splošnem. Vsi dosednji makroskopski izračuni urejenih struktur temeljijo na vektorskem ohranitvenem zakonu. Kot smo pokazali, pa ga mora v določenih okoliščinah zamenjati tenzorski. Novi tenzorski ohranitveni zakon tako predstavlja močan odmik od v preteklosti obravnavanih vezi, ki jih zahteva polimerna narava nematogena, in bo fundamentalno spremenil pogled na povezavo med enostavnimi in polimernimi nematogeni. Zahteval bo ponoven razmislek o nekaterih obstoječih rezultatih, pri katerih nova vez ni bila upoštevana.

Vpeljava koncepta dinamične odlikovane smeri predstavlja pomembno spremembo perspektive pri makroskopskem opisu aktivnih sistemov. Odmika se od dosedanjega opisa statičnega urejanja z dodatkom aktivnosti. Omogoča makroskopski opis dinamike orientacijsko urejenih sistemov, ki kažejo odlikovano smer le dinamično, makroskopsko ali celo mikroskopsko. Z vidika hidrodinamike in neravnovesne termodinamike vnaša sklopitve, ki v primeru statične

odlikovane smeri simetrijsko niso možne, hkrati pa prinaša direktno sklopitev med orientacijskim urejanjem in transportom.

ANG

We have proposed a change in perspective and analyzed the confined nematic polymer such as DNA in terms of a polymer nematic ordering framework by writing down a Landau-de Gennes-type confined nematic polymer free energy. Motivated primarily by the recent experiments on condensed DNA states inside bacteriophage capsids, we have generalized the confined nematic polymer analysis in more aspects, in particular by explicitly describing the condensation transition. As a result, the condensed nematic polymer configuration builds up ab initio (no implied Ansatz) from a completely random initial state (pure thermal noise).

We have derived an important new tensorial conservation law for nematic polymers, coupling the nematic order tensor gradients with density variations and complementing the already established vectorial polymer current conservation. It must be stressed that it is similarly important and fundamental for the macroscopic description of ordered polymers as the continuity equation is for fluid dynamics. Therefore we expect that it will have a frontier-breaking impact on the continuum description of ordered polymers in general. Up till now all macroscopic calculations of ordered structures have implemented the vectorial constraint. We have shown, however, that under certain conditions it should be substituted by the new tensorial constraint. The new tensorial conservation law thus represents a stark deviation from the previously considered constraints implied by the polymeric nematogens and will fundamentally change our perspective on the relation between simple and polymeric nematogens. It will by necessity lead to a reconsideration of some of the existing results on polymer nematics, where this new constraint has not been adequately taken into account.

The introduction of the concept of a dynamic preferred direction represents an important change in view upon macroscopic description of active systems. It detours from the current description based on static ordering with added activity, enabling macroscopic description of the dynamics of orientationally ordered systems that possess a preferred direction only dynamically, macroscopically or even microscopically. Within the hydrodynamic and nonequilibrium thermodynamic framework it brings about couplings that are not allowed by symmetry in the case of the static preferred direction, while at the same time introducing a direct coupling of orientational ordering and transport.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

V okviru projekta smo razvijali modele, teoretične koncepte, makroskopske teorije in numerične metode za opis orientacijskega urejanja kompleksnih tekočin v povezavi z dinamiko in hidrodinamiko. Pri tem sodelujemo z vodilnimi svetovnimi raziskovalci in skupinami s tega področja (Amherst, Bayreuth, Mainz, Paris, Bordeaux, Lund, Tel Aviv, Teheran, Erevan ...) S temi sodelovanji ohranjamo pretočnost in stik slovenske znanosti z mednarodnim vrhom. V Sloveniji sodelujemo z IJS, KI in več fakultetami vseh slovenskih univerz.

Razviti koncepti prehajajo tudi v uporabo v pedagoške namene in popularizacijo raziskovalnega in študijskega področja. Člani projektne skupine smo bili tudi mentorji/somentorji pri doktorskih disertacijah, magistrskih in diplomskih delih. Rezultate raziskav objavljamo v najboljših mednarodnih znanstvenih revijah in jih predstavljamo na mednarodnih in domačih znanstvenih konferencah. S tem prispevamo k razpoznavnosti Slovenije in ohranjanju ter povečanju ugleda slovenske znanosti.

ANG

Within this project we have developed models, theoretical concepts, macroscopic theories, and computational methods for the description of orientational ordering in complex fluids, also in relation with dynamics and hydrodynamics. In these endeavours we collaborate with field-leading researchers and groups worldwide (Amherst, Bayreuth, Mainz, Paris, Bordeaux, Lund, Tel Aviv, Teheran, Erevan ...). Through these collaborations we preserve the fluidity and contact of Slovenian science with the cutting edge international research. We also collaborate with several groups in Slovenia, e.g., with the institutes IJS, KI, several faculties of all national universities.

The developed concepts are also transferred to employment for pedagogical purposes and popularization of the scientific field. The project group members have also mentored/comentored several doctoral dissertations, master and diploma theses. The results of our research are published in top international scientific journals and presented at several international and domestic scientific conferences. Therewith we contribute to the renownedness of Slovenia and the preservation and promotion of the reputation of Slovenian science.

10.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj	
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka
	Zastavljen cilj <input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov <input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa
	Zastavljen cilj <input type="text"/>

		<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

--

11. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!**Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja**

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
	Varovanje okolja in trajnostni					

G.06.	razvoj	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Komentar

--

12.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	Sofinancer		
1.	Naziv		
	Naslov		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
		1.	
		2.	
		3.	
		4.	
		5.	
	Komentar		
	Ocena		

13.Izjemni dosežek v letu 2014¹²**13.1. Izjemni znanstveni dosežek**

1. TUBIANA, Luca, LOŠDORFER BOŽIČ, Anže, MICHELETTI, C., PODGORNIK, Rudolf. Synonymous mutations reduce genome compactness in icosahedral ssRNA viruses. Biophysical journal, ISSN 0006-3495, 2015, vol. 108, iss. 1, str. 194-202, graf. prikazi. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000634951401193X>. [COBISS.SI-ID 2775396]

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Prof. Rudolf Podgornik je glavni in odgovorni urednik prestižne znanstvene revije "Journal of Biological Physics".

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
matematiko in fiziko

Rudolf Podgornik

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

13.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/205

¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹¹ Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

¹² Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

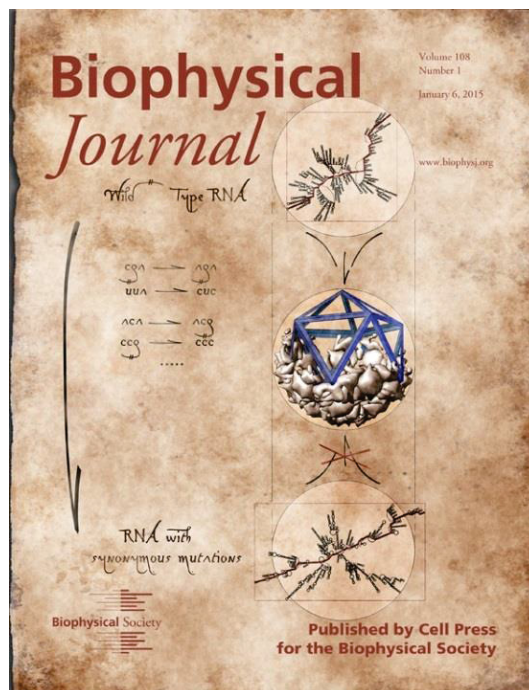
Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2015 v1.00a
37-E8-7B-08-F4-1A-41-C9-7B-1F-AB-A5-5C-DC-31-E9-D6-49-53-E5

Priloga 1

Naravoslovne vede

Področje: 1.03 Fizika

Dosežek 1: Synonymous mutations reduce genome compactness in icosahedral ssRNA viruses, Vir: [COBISS.SI-ID 2775396]



Recent studies have shown that single-stranded (ss) viral RNAs fold into more compact structures than random RNA sequences with similar chemical composition and identical length. Based on this comparison, it has been suggested that wild-type viral RNA may have evolved to be atypically compact so as to aid its encapsidation and assist the viral assembly process. To further explore the compactness selection hypothesis, we systematically compare the predicted sizes of > 100 wild-type viral sequences with those of their mutants, which are evolved in silico and subject to a number of known evolutionary constraints. In particular, we enforce mutation synonymy, preserve the codon-bias, and leave untranslated regions intact. It is found that progressive accumulation of these restricted mutations still suffices to completely erase the characteristic compactness imprint of the viral RNA genomes, making them in this respect physically indistinguishable from randomly shuffled RNAs. This shows that maintaining the physical compactness of the genome is indeed a primary factor among ssRNA viruses' evolutionary constraints, contributing also to the evidence that synonymous mutations in viral ssRNA genomes are not strictly neutral.

Pokazali smo, da sinonimne mutacije, torej takšne, ki ne spremenijo zakodiranih proteinov, lahko vendarle vplivajo na velikost zvite virusne RNA. Ker se premalo kompaktna RNA ne more inkorporirati v virusno lupino, to pomeni, da poleg običajnih evolucijskih mehanizmov obstaja tudi ta, ki je povezan s čisto fizikalnimi lastnotmi RNA.