

НАНОНАУКА И НАНОТЕХНОЛОГИИ: ФИЛОСОФСКИ И ОБРАЗОВАТЕЛНИ ПРОЕКЦИИ – ИЗБРАНА БИБЛИОГРАФИЯ ЗА УЧИТЕЛИ

Б.В. ТОШЕВ

Софийски университет „Св. Климент Охридски“

Резюме. Нанонауката е между най-бързо развиващите се научни области. Учениците в средните училища не получават представа за нея. От една страна това е правилно, защото в средните училища се изучават утвърдени и достоверни факти и теории, чрез които учениците ще оформят своите представи за света, в който живеят. Новите развития в науката, обаче, ангажират вниманието на учениците и могат да стимулират интереса им към природните науки. Затова такива теми могат да бъдат разисквани в проектното обучение и/или в извънкласните учебни форми. Развитието на нанотехнологиите поражда редица въпроси от философско, етично и социално естество, за които учителите би трябвало да имат някаква представа. Статията предлага избрана библиография по тези въпроси – цитираните литературни източници могат да формират адекватно отношение на учители и ученици към тези сложни въпроси на модерната наука.

Keywords: nanoscience, nanotechnology, philosophical, ethical, social, educational

Нанонаука

Нанонауката изследва обекти, чийто линейни размери са малки на микроскопската скала от разстояния. Историческите корени на науката би трябвало да се потърсят в развитието на европейската колоидна химия от началото на XX век. Колоидната химия е наука за диспергираното вещество (Evans & Wennerstrom, 1999). Размерът на частиците в такива системи е между 1 и 100 nm. При такива размери на наноскалата (Baird et al., 2004) веществото губи много от свойствата на обемните фази. Това е свързано с обстоятелството, че размерите на частиците, ако не в трите направления, поне в едно от тях, стават съизмерими или по-малки от радиусите на корелация на някакво физическо или химическо свойство (дължината на свободния пробег, размерът на зародиша на новата фаза и пр.) и това се отразява в чувствителност на обекта от неговия размер. Разбира се, има разлика между състояние и структура. Състоянието на системата следва термодинамичния формализъм, който може да бъде преформулиран с отчитане на ефектите на размерността (например с представата за *разклинящо налягане*). Действието на далечните сили на взаимодействие в междуфазовите контактни зони може да се манифестира с термодинамичните величини *линейно напрежение* и *точков омега-потенциал*. Към условията за механично равновесие в такива сложни капилярни системи трябва да се добавят и условията за устойчивост на тези равновесия. Нанообектите дори при едно състояние, например квазитечно, могат да се проявяват в различни структури. Тук разнообразието е много голямо и то дава възможност за различни, често неочаквани, технически, медицински и други приложения. Бързото развитие на нанонауката в последното десетилетие в голяма степен се дължи на този факт.

Философски, социални, етични и образователни аспекти на науката

Нанонауката дава обилна храна за общи философски разсъждения (Baird et al., 2004). Известно е, че две двумерни фази не могат да съществуват в равновесие (Ландау & Лифшиц, 1976; Toshev, 1995). Вече е поставен въпросът дали тримерният свят не е интерфейс на съществуващи фази с по-висока размерност (Zwiebach, 2004). Тогава дали нанобектите не са врата към светове с размерност, различна от три. Такъв род въпроси могат да доведат до изграждане на нова научна парадигма, която да осигури развитието на нова „нормална” наука по терминологията на Kuhn (1962) или на твърдо ядро на нова изследователска програма по терминологията на Lakatos (1970). На тази основа може да се изгради и ново отношение към религията, различно от утвърдения в нашата страна и училище примитивен атеизъм, характерен за комунистическите режими.

Впрочем противопоставянето на науката и религията в училището и обществото е неправомерно от най-общи съображения. Докато науката се занимава единствено с *възпроизводимите факти* и нейн основен белег е *доказателствеността*, то светът на религиите (вярата) се изгражда аксиоматично чрез твърдения, които се приемат безусловно и без доказателства и човек е готов на това, защото вярата го дарява с морал. Следователно науката и религията нямат допирни точки, за да бъдат сравнявани и евентуално противопоставяни. Осъзнаването на тези особености трябва за започне още в училище, но затова са нужни подготвени учители (Reiss, 2009; Glennan, 2009; Brook, 2010).

Нанонауката има и своите социални измерения, които също не са обект на достатъчно внимание досега (Sweeney et al., 2003). Преди всичко това е идентификацията на етичните и социалните проблеми, породени от сегашното и бъдещото развитие на нанотехнологиите, както

и проблемите за законовото регулиране на това развитие (Fielder & Reynolds, 1994). Дали всичко, което се прави в лабораториите в дългосрочен план ще бъде от полза за обществото? (Weckert, 2001).

Такъв род въпроси имат и своите образователни измерения – новите поколения изследователи имат нужда от по-обща образователна парадигма (Entwistle, 1990), която да се гради чрез амалгамата на ‘твърдата’ [hard] и ‘меката’ [soft] наука (Toshev, 2006). Построяването на този нов образователен модел предполага ред от последователни действия (multi-tired approach (Schummer, 2004), които включват както таксономията на термините, така и основните образователни стратегии, преди всичко *конструктивизмът* (Gale & Steffe, 1995) и техниките за повишаване ефективността на обучението (Entwistle, 1990). Въпросът за таксономията на термините, т.е. за езика на обществените науки, никак не е за подценяване, особено в нашата страна, защото „Different social realities provide different experiences. They lead to different ways of seeing the world and consequently lead to different beliefs concerning our apprehension of the world” (Markova, 1982).

Препоръчителна литература

- Aggelopoulou, A., Kramer, V., Reynolds, J.R., Townsend, C. & Tourney, C. (2008). Dialogue-based public engagement with nanotechnology. *Material Research Society Symposium Proceedings, 1105*, 1-7.
- Allhoff, F. (2008). On the autonomy and justification of nanoethics. *NanoEthics, 1*, 185-210.
- Altman, J. (2004). Military uses of nanotechnology: perspectives and concerns. *Security Dialogue, 35*, 61-79.
- Bainbridge, W.S. (2002). Public attitudes toward nanotechnology. *J. Nanoparticle Research 4*, 561-570.

- Bainbridge, W.S. (2004). Sociocultural meanings of nanotechnology: research methodologies. *J. Nanoparticle Research*, 6, 285-299.
- Batt, C.A., Waldron, A.M. & Broadwater, N. (2008). Numbers, scale and symbols: the public understanding of nanotechnology. *J. Nanoparticle Research*, 10, 1141-1148.
- Berne, R.W. & Schummer, J. (2005). Teaching societal and ethical implications of nanotechnology to engineering students through science fiction. *Bulletin Science, Technology & Society*, 25, 459-468.
- Berne, R.W. (2004). Towards the conscientious development of ethical nanotechnology. *Science & Engineering Ethics*, 10, 627-638.
- Best, R. & Khushf, G. (2006). The social conditions for nanomedicine: disruption, systems, and lock-in. *J. Law, Medicine & Ethics*, 34, 733-740.
- Bowman, D.M. & Hodge, G.A. (2010). Governing nanotechnologies with civility. *Int. J. Nanotechnology*, 7, 224-242.
- Cobb, M.D. (2005). Framing effects on public opinion about nanotechnology. *Science Communication*, 27, 221-239.
- Corley, E.A., Scheufele, D.A. & Hu, Q. (2009). On risks and regulations: how leading U.S. nanoscientists form policy stances about nanotechnology. *J. Nanoparticle Research*, 11, 1573-1585.
- Doubleday, R. (2007). The laboratory revisited: academic science and the responsible development of nanotechnology. *NanoEthics*, 1, 167-176.
- Ebbesen, M. & Jensen, T.G. (2006). Nanomedicine: techniques, potentials, and ethical implications. *J. Biomedicine & Biotechnology*, art. no. 51516.
- Ebbesen, M. (2009). The principle of justice and access to nanomedicine in national healthcare systems. *Studies Ethics, Law & Technology*, 3(3), art. no. 5.

- Ferrari, A. (2010). Developments in the debate on nanoethics: traditional approaches and the need for new kinds of analysis. *NanoEthics*, 4, 27-52.
- Fischer, E. (2007). The convergence of nanotechnology, policy, and ethics. *Advances in Computers*, 71, 273-296.
- Giordano, J., Akhouri, R. & McBride, D. (2009). Implantable nano-neurotechnological devices: consideration of ethical, legal, and social issues and implications. *J. Long-Term Effects Medical Implants*, 19, 83-93.
- Godman, M. (2008). But is it unique to nanotechnology? Reframing nanoethics. *Science & Engineering Ethics*, 14, 391-403.
- Gordijn, B. (2005). Nanoethics: from utopian dreams and apocalyptic nightmares toward a more balanced view. *Science & Engineering Ethics*, 11, 521-533.
- Gorokhov, V. & Lenk, H. (2009). Nanotechnoscience as a cluster of the different natural and engineering theories and nanoethics. *NATO Science for Peace and Security B: Physics & Biophysics*, 199-222.
- Gorokhov, V. & Stepin, V. (2009). Nanotechnology: perspective for future and nanorisks. *NATO Science for Peace and Security B: Physics & Biophysics*, 249-268.
- Groves, C. (2009). Nanotechnology, contingency and finitude. *NanoEthics*, 3, 1-16.
- Hannah, W. & Thompson, P.B. (2008). Nanotechnology, risk and the environment: a review. *J. Environmental Monitoring*, 10, 291-300.
- Hodge, G.A. & Bowman, D.M. (2007). Engaging in small talk: nanotechnology policy and dialogue processes in the UK and Australia. *Australian J. Public Administration*, 66, 223-237.
- Horner, D.S. (2005). Anticipating ethical challenges: is there a coming era of nanotechnology? *Ethics & Information Technology*, 7, 127-138.

- Invernizzi, N. & Foladori, G. (2005). Nanotechnology and the developing world: will nanotechnology overcome poverty or widen disparities? *Nanotechnology Law & Business*, 2, 294-303.
- Kearnes, M. & Wynne, B. (2007). On nanotechnology and ambivalence: the politics of enthusiasm. *NanoEthics*, 1, 131-142.
- Kearnes, M. (2006). Chaos and control: nanotechnology and the politics of emergence. *Paragraph*, 29(2), 57-80.
- Khushf, G. (2007). Upstream ethics in nanomedicine: a call for research. *Nanomedicine*, 2, 511-521.
- Koberg, K. & Wickson, F. (2007). Social and ethical interactions with nano: mapping the early literature. *NanoEthics*, 1, 89-104.
- Könninger, S., Ott, I., Zülsdorf, T. & Papilloud, C. (2010). Public reactions to the promotion of nanotechnologies in society. *Int. J. Nanotechnology*, 7, 265-279.
- Kuzma, J. & Besley, J.C. (2008). Ethics of risk analysis and regulatory review: from bio- to nanotechnology. *NanoEthics*, 2, 149-162.
- Lenk, C. & Biller-Andorno, N. (2007). Nanomedicine-emerging or re-emerging ethical issues? A discussion of four ethical themes. *Medicine, Healthcare & Philosophy*, 10, 173-184.
- Lin, P. (2007). Nanotechnology bound: evaluating the case for more regulation. *NanoEthics*, 1, 105-122.
- Litton, P. (2007). "Nanoethics": what's new? *Hastings Center Report*, 37, 22-25.
- Lösch, A. (2006). Anticipating the future of nanotechnology: visionary images as means of communication. *Technology Analysis & Strategic Management*, 18, 393-409.
- Macnaghten, P., Kearnes, M.B. & Wynne, B. (2005). Nanotechnology, governance, and public deliberation: what role for the social sciences? *Science Communication*, 27, 268-291.

- Mansoori, G.A. & Soelaiman, T.A.F. (2005). Nanotechnology – an introduction for the standards community. *J. ACTM International*, 2(6), 17-38.
- Mody, C.C.M. (2004). Small, but determined: technological determinism in nanoscience. *Hyle*, 10, 101-130.
- Petra, D., Ejinavazala, H. & Basu, P.K. (2009). Nanoscience and nanotechnology: ethical, legal, social and environmental issues. *Current Science*, 96, 651-657.
- Preston, C.J., Sheinin, M.Y., Sproat, D.J. & Swarup, V.P. (2010). The novelty of nano and the regulatory challenge of newness. *NanoEthics*, 4, 13-26.
- Sandler, R. & Kay, W.D. (2006). The national nanotechnology initiative and the social good. *J. Law, Medicine & Ethics*, 34, 675-681.
- Schiemann, G. (2005). Nanotechnology and future: on two criteria for understanding their relationship. *Hyle*, 11, 77-96.
- Schummer, J. & Baird, D. (2006). *Nanotechnology challenges; implications for philosophy, ethics and society*. New Jersey: World Scientific.
- Schummer, J. (2005). Reading nano: the public interest in nanotechnology as reflected in purchased patterns of books. *Public Understanding of Science*, 14, 163-183.
- Schummer, J. (2006). Cultural diversity in nanotechnology ethics. *Interdisciplinary Science Review*, 31, 217-230.
- Schummer, J. (2007). The global institutionalization of nanotechnology research: a bibliometric approach to the assessment of science policy. *Scientometrics*, 70, 603-632.
- Schuurbiers, D., Sleenhoff, S., Jacobs, J.F. & Osseweijer, P. (2009). Multidisciplinary engagement with nanoethics through education-the nanobio-RAISE advanced courses as a case study and model. *NanoEthics*, 3, 197-211.

- Schwarz, A.E. (2009). Green dreams of reason. Green nanotechnology between visions of excess and control. *NanoEthics*, 3, 109-118.
- Sheetz, T., Vidal, J., Pearson, T.D. & Lozano, K. (2005). Nanotechnology: awareness and societal concerns. *Technology in Society*, 27, 329-345.
- Shrader-Frechette, K. (2007). Nanotoxicology and ethical conditions for informed consent. *NanoEthics*, 1, 47-56.
- Sparrow, R. (2009). The social impacts of nanotechnology: an ethical and political analysis. *J. Bioethical Inquiry*, 6, 13-23.
- Stebbing, M. (2009). Avoiding the trust deficit: public engagement, values, the precautionary principle and the future of nanotechnology. *J. Bioethical Inquiry*, 6, 37-48.
- Stylios, G.K., Giannoidis, P.V. & Wan, T. (2005). Applications of nanotechnologies in medical practice. *Injury*, 36, S6-S13.
- Sweeney, A.E. (2006). Social and ethical dimensions of nanoscale science and engineering research. *Science & Engineering Ethics*, 12, 435-464.
- Thompson, P.B. (2008). The opposite of human enhancement: nanotechnology and the blind chicken problem. *NanoEthics*, 2, 305-316.
- Uskoković, V. (2007). Nanotechnologies: what we do not know. *Technology in Society*, 29, 43-61.
- Wood, S., Geldart, A. & Jones, R. (2008). Crystallizing the nanotechnology debate. *Technology Analysis & Strategic Management*, 20, 13-27.

Благодарност. Събирането и разпространението на тази информация нямаше да се случи без финансовата подкрепа на Националния фонд „Научни изследвания (НТ 1/04).

ЛИТЕРАТУРА

- Ландау, Л.Д. & Лифшиц, Е.М. *Теоретическая физика. Том V. статистическая физика. Часть I.* Москва: Наука.
- Baird, D., Nordmann, A. & Schummer, J. (2004). *Discovering the nanoscale.* Amsterdam: IOS Press.
- Brook, J.H. (2010). Darwin and religion: correcting the caricatures. *Science & Education, 19*, 391-405.
- Entwistle, N. (1990). *Handbook of educational ideas and practices.* London: Routledge.
- Evans, D.F. & Wennerstrom, H. (1999). *The colloidal domain: where physics, chemistry, biology and technology meet.* New York: Wiley.
- Fielder, F.A. & Reynolds, G.H. (1994). Legal problems of nanotechnology: an overview. *Southern California Interdisciplinary Law J., 3*, 593-629.
- Gale, J. & Steffe, L.P. (1995). *Constructivism in education.* Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Glennan, S. (2009). Whose science and whose religion? Reflections on the relation between scientific and religious worldviews. *Science & Education, 18*, 797-812.
- Kuhn, T. (1962). *The structure of scientific revolutions.* Chicago: Chicago University Press.
- Lakatos, I. (1970). Falsification and methodology of scientific research programmes (pp. 91-195). In.: Lakatos, I. & Musgrave, A. (Eds.). *Criticism and growth of knowledge.* New York: Cambridge University Press.
- Markova, I. (1982). *Paradigms, thought, and language.* Chichester: Wiley.
- Reiss, M.J. (2009). Imagining the world: the significance of religious worldviews for science education. *Science & Education, 18*, 783-796.

- Schummer, J. (2004). Multidisciplinarity, interdisciplinarity, and pattern of research collaboration in nanoscience and nanotechnology. *Scientometrics*, 50, 425-465.
- Sweeney, A.E., Seal, S. & Vaidyanathan, P. (2003). The promises and perils of nanoscience and nanotechnology: exploring emerging social and ethical issues. *Bulletin Science, Technology & Society*, 23, 236-245.
- Toshev, B.V. (1995). Linear thermodynamics: on the impossibility of the coexistence of two linear phases. *European J. Physics*, 16, 177-178.
- Toshev, B.V. (2006). A new society in Bulgaria links hard and soft science with education. *HSS Newsletter*, 35(3), 19.
- Weckert, J. (2001). The control of scientific research: the case of nanotechnology. *Australian J. Professional & Applied Ethics*, 3, 29-44.
- Zwiebach, B. (2004). *A first course in string theory*. Cambridge: Cambridge University Press.

NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGIES: PHILOSOPHICAL AND EDUCATIONAL DIMENSIONS – SELECTED BIBLIOGRAPHY FOR SCIENCE TEACHERS

Abstract. Nanoscience is among the fastest growing academic fields. Pupils in secondary school do not get an idea of it. Certainly it is correct because secondary schools are taught by established and reliable facts and theories through which students will form their ideas about the world where they live. However, new developments in science engage students' attention and may stimulate interest in science. That's why such topics may be discussed when training students by projects and/or in extracurricular school

forms. Development of nanotechnology raises many philosophical questions, ethical and social issues for which teachers should have some idea. The article provides a selective bibliography on these issues – listed literature could facilitate teachers in shaping their opinion about these complex questions of the modern science.

✉ Professor B.V. Toshev,
Research Laboratory on Chemistry Education and History and Philosophy of
Chemistry,
Department of Physical Chemistry,
University of Sofia,
1 James Bourchier Blvd., 1164 Sofia, BULGARIA
E-Mail: toshev@chem.uni-sofia.bg