В качестве обобщения для целого класса альтернативных выражений вида

$$S_{\alpha}(\rho) = \frac{1}{1-\alpha} \ln (\text{Tr } \rho^{\alpha}) \quad (6)$$

были предложены так называемые α -энтропии [23]. Уравнение (6) при стремлении α к 1 сводится к (5). Чрезвычайно заманчивой задачей остается строгое доказательство справедливости H -теоремы для физических систем [24]. Для строго замкнутой конечной системы „тонкая“ энтропия всегда остается постоянной. С точки зрения имеющегося экспериментального опыта это представляется парадоксальным. Парадокс устраняется, если принять во внимание, что экспериментальные измерения могут дать только относительно грубое описание реальной системы. В этом случае энтропия вполне может и возрастать. Необходимо также упомянуть, что получен строгий вывод H -теоремы для случая строго бесконечной классической системы [25].

Это — только небольшой список тех тем, для которых данный Больцманом стимул по-прежнему сохраняет свою силу.

Автор выражает благодарность д-ру А. Верлю за ценное обсуждение.

Литература

1. Boltzmann L. Wissenschaftliche Abhandlungen; 1909, Bd. 2, N 42, Leipzig.
2. Planck M. Vorträge und Erinnerungen. Stuttgart, 1949.
3. Больцман Л. Статьи и речи. М.: 1970.
4. Boltzmann L. Wissenschaftliche Abhandlungen. 1866, Bd. 1, N 2.
5. Boltzmann L. Populäre Schriften. Leipzig, 1905.
6. Brush Stephen G. Kinetic Theory. v. 1, Oxford, 1966.
7. Brush Stephen G. Op. cit., v. 2.
8. Boltzmann L. Wissenschaftliche Abhandlungen, 1872, Bd. 1, N 22.
9. Coodman M. F., T. Stone and E. Thiele.— J. Chem. Phys., 1973, v. 59, N 2919.
10. Markoitz H. Trans. Soc. of Reology, 1977, v. 21, N 3.
11. Boltzmann L. Wissenschaftliche Abhandlungen, 1871, Bd. 1, N 20.
12. Boltzmann L. Op. cit., 1877, Bd. 2, N 39.
13. Bellemans A. and T. Orban. Phys. Lett., 1967, v. 24A.
14. Brush Stephen G. The kind of motion we call heat. Amsterdam, 1976.
15. Sommerfeld A. Wiener Chem. Leitung, 1944, Bd. 47, N 25.
16. Boltzmann L. Vorlesungen über Gastheorie. Bd. 2, Leipzig, 1898.
17. The Collected Works of J. Willard Gibbs. New Haven, 1948; Yale University press, 1948.
18. Cohen E. G. D. In: The Boltzmann Equation Theory and Applications/Eds Cohen E. G. D. and Thirring W., Wien, 1973.
19. Lebowitz J. L., Penrose O. Modern Ergodic Theory.— Physics Today, 1973, v. 26, N 2.
20. Gallavotti G. In: Dynamical Systems, Theory and Applications— B., 1975.
21. Shannon C. E., Weaver W. The Mathematical Theory of Communication. Urbana, 1949.
22. Neumann J. V. Göttinger Nachrichten, 1927, S. 273.
23. Renyi A. Wahrscheinlichkeitsrechnung. B., 1966.
24. Kampen N. G. von. In: Fundamental Problems in Statistical Mechanics.— Amsterdam, 1962.
25. Lanford O. E. III: Time Evolution of Large Classical Systems.— In: Dynamical Systems, Theory and Applications. B., 1975.

ОТВЕТЫ Л. БОЛЬЦМАНА НА АНКЕТУ О МЕТОДАХ РАБОТЫ МАТЕМАТИКОВ, ПРЕДЛОЖЕННУЮ ЖУРНАЛОМ «ENSEINGEMENT MATEMATIQUE» В 1902 и 1904 гг. *

Интерес к анализу творческого мышления ученых, характерный для настоящего времени, в разной степени существовал всегда. Сейчас эта тема представляется столь обширной и сложной, что, не будучи специалистом в области психологии научного

* Вопросы были опубликованы в журнале «Enseignement matematicque» («Математическое образование», 1902, т. 4, с. 208—211; 1904, т. 6, с. 376—378); (их русский перевод — в кн.: Адамар Ж. Исследование психологии процесса изобретения в области математики. М.: Сов. радио, 1970, с. 128—131); Ответы Л. Больцмана, опубликованные на французском языке в том же журнале (1905, т. 7, с. 389; 1906, т. 8, с. 45, 219, 300—301, 465, 471; 1907, т. 9, с. 123, 131, 210, 307; 1908, т. 10, с. 153, 170), даны в переводе О. В. Кузнецовой. Публикация подготовлена О. В. Кузнецовой.

творчества, более чем рискованно выступать со сколько-нибудь серьезными заявлениями. Однако всякий конкретный материал представляется безусловно важным и интересным, в особенности, когда речь идет о суждениях крупного ученого. Думается, поэтому, что как для историков науки, так и для всех занимающихся исследованием процесса мышления ученых было бы полезно и интересно познакомиться с ответами на вопросы анкеты о методах работы математиков, опубликованной в журнале «Enseignement matématique» такого выдающегося физика XIX в., как Людвиг Больцман. Кстати, Л. Больцман был единственным из крупных физиков, откликнувшихся на эту анкету.

Ниже приводятся вопросы анкеты и ответы на них Больцмана.

1. Когда и при каких обстоятельствах, по Вашим воспоминаниям, появился у Вас интерес к математике?
2. К каким отраслям математики Вы чувствуете наибольшую склонность?
3. Что Вас больше интересует: математика как таковая или ее применение в естествознании?
4. Помните ли Вы точно методику вашей работы во время учебы, когда Вы стремились не столько к собственным исследованиям, сколько к усвоению чужих результатов? Можете ли Вы сообщить что-нибудь интересное по этому поводу?
5. Как Вы намеревались продолжать свое образование после прохождения обычного математического курса (соответствующего программе для получения степени лиценциата или звания *aggrégé*¹).
- 7*. Стремилась ли Вы до опубликования серьезных вещей расширять свои знания по многим направлениям математики или, наоборот, углубленно изучали узкий вопрос, не касаясь того, что не было необходимым для его решения, и лишь постепенно расширяли круг вопросов? Или Вы предпочитали другие методы? Можете ли Вы их указать? Какой из них Вы предпочитаете?
7. Какую роль, по вашему, играют случай или вдохновение в математических открытиях? Так ли велика эта роль, как кажется?
8. Замечали ли Вы когда-нибудь, что открытия или решения вопросов, которыми Вы раньше бесплодно занимались, получались у Вас внезапно, когда вы уже думали над вопросами совершенно иного характера? Случалось ли Вам вычислять или решать задачи во сне? Явились ли Вам при утреннем пробуждении совершенно готовые решения или открытия либо совершенно неожиданные, либо те, над которыми Вы тщетно думали накануне или в предыдущие дни?
1. В возрасте 6—8 лет я разработал формулу, позволившую моей матери, игравшей в лотереи, рассчитывать количество двоек и троек определенного числа номеров. В другом случае я решил задачу перестановок, относящуюся к карточной игре.
- 2 и 3. Хотя практически я занимаюсь в основном теоретической физикой, я чувствую в сильной степени тяготение к чистой математике и считаю часы, когда я занимался теорией чисел, одними из самых прекрасных в моей жизни.
4. Я всегда сомневался в том, что читал или слышал, пока не добивался результата собственным путем.
5. Я всегда рассматриваю сначала частные случаи для того, чтобы понять истинное значение теоремы, и только потом ищу общее доказательство.
- 7, 8 и 9. Мне кажется, что я получил мои конкретные результаты не случайно, а путем упорного размышления в определенном направлении. Напротив, все мои лучшие идеи раскрывались мне как бы сами по себе и без усилия; они приходили ко мне, когда все было подготовлено размышлением, приходили после некоторого времени отдыха, часто дней и даже недель. Они никогда не приходили ко мне во сне, но я едва осознавал их приход и часто позднее не мог указать точную дату; часто это случалось при чтении других работ по сходной тематике, но тем не менее существенно отличных.

¹ Примерно соответствует кандидатскому минимуму по специальности.

* Вопрос 6, а также ряд других (13—15, 20, 22, 23, 25, 26 и далее) Л. Больцман оставил без ответа.

9. Считаете ли Вы, что ваши основные открытия являлись результатом целенаправленной работы или они возникали у вас, так сказать, спонтанно?
10. Занимаясь работой, которую Вы намерены опубликовать, Вы получаете некоторые промежуточные результаты. Формулируете ли Вы сразу каждую часть работы? Или, напротив, записывая результаты в виде простых пометок, Вы редактируете затем всю работу целиком?
11. Какое значение придаете Вы изучению специальной математической литературы? Какой совет дали бы Вы по этому поводу молодому математику, имеющему обычное классическое образование?
12. Прежде чем приступить к какому-либо вопросу, стараетесь ли Вы сначала изучить работы, посвященные этой же теме?
16. Считаете ли Вы, что ваш стиль работы после окончания обучения остался по существу тем же самым?
17. В процессе работы над Вашими основными исследованиями занимались ли Вы непрерывно изучаемым Вами вопросом или же прерывали эту работу, возвращаясь к данной теме позднее? Если Вы испробовали оба метода, то какой из них Вам кажется лучшим?
18. Какое, на Ваш взгляд, минимальное время следует уделять математике в течение дня, недели, года, чтобы, имея и другие каждодневные занятия, математик смог бы плодотворно развивать некоторые ее ветви? Считаете ли Вы, что при возможности выбора наилучшим способом являются ежедневные, хотя бы кратковременные, занятия, минимум по часу, например?
- 19а. Какие занятия или развлечения Вы предпочитаете помимо изучения математики в часы вашего досуга, каковы ваши основные вкусы?
- 19б. Считаете ли Вы, что занятия живописью, литературой, музыкой или поэзией отвлекают от математического творчества или, по-вашему, наоборот, они ему способствуют, давая отдых мозгу?
- 19в. Интересуетесь ли Вы вопросами метафизического, этического или религиозного характера или, напротив, они вас отталкивают?
21. Какие советы в заключение Вы дадите молодому человеку, получающему математическое образование; молодому математику, окончившему обычное обучение и желающему заниматься научной работой?
24. Считаете ли Вы, что занятия математикой в течение дня должны прерываться другими занятиями или физическими упражнениями, соответствующими возрасту и силам каждого?
10. Сначала лишь немного примечаний, или да и то не всегда. Сразу, как только работа закончена, я быстро начинаю редактировать.
11. Я могу дать лишь один совет молодым математикам: «Будьте гениальны».
12. Я всегда пренебрегал более, чем это следует, работами других и обращался к ним лишь в последний момент, непосредственно перед публикацией своих исследований.
16. Мой метод работы всегда оставался одним и тем же.
17. Мне случалось прерывать работу, если я был не в состоянии продолжать ее, а затем я с успехом возобновлял ее. Однако свои самые лучшие работы я делал одним махом.
18. Работая лишь один час в день, я не продвигался вперед. Когда я в форме, я работаю шесть часов в день и больше, но затем, когда я не в настроении, я ничего не делаю в течение месяцев.
19. В качестве отдыха я предпочитаю хорошую музыку и восстанавливаю по памяти оперы и оркестровые произведения, проигрывая партитуру на пианино. Я люблю также читать стихи и иногда пишу их сам, но только для себя. Я люблю философствовать на лоне природы, меня также интересуют вопросы морали, общества и религии.
21. Я могу лишь повторить совет, который дал в связи с вопросом 11: «Будьте гениальны, остальное неважно».
24. Для большинства школьников, даже самых способных, необходимо рекомендовать чередование экспериментальной работы с занятиями чистой математикой. Для гения правил не существует.