



Table ronde 2

Comment enseigner les sciences aujourd'hui ?

- Comment enseigner les sciences aujourd'hui ? / **Résumé Florence Robine**
- How to teach Mathematics now ?
Présentation Peter Baptist
Résumé Peter Baptist
- How to teach Science today / **Résumé Peter Csermely**

L'APPRENTISSAGE DES SCIENCES DANS L'EUROPE DE LA CONNAISSANCE

CONFÉRENCE DE GRENOBLE, 8-9 OCTOBRE 2008

TABLE RONDE 2 : Comment enseigner les sciences aujourd'hui ?

Florence Robine

Inspectrice générale de l'Éducation nationale

Tout d'abord, qu'est-ce qui nous pousse à nous poser cette question, pratiquement sous la même forme, dans la plupart des pays développés du monde ?

Deux éléments : la fracture de plus en plus nette qui s'installe entre les citoyens et le monde des experts, se traduisant par une montée des peurs et des obscurantismes ; le détournement des jeunes des études en MST (mathématiques, sciences et technologie), lequel s'accompagne d'une situation non satisfaisante en termes d'équité (sous représentation des filles, des milieux défavorisés).

Ce qui est dès lors interrogé par ces faits préoccupants, c'est le cœur même de l'activité scientifique, de son sens, et de la façon dont elle se donne à voir, dans la société bien sûr mais aussi à l'école. Une partie de la réponse à ces difficiles questions, repose directement sur les épaules de l'enseignement ; c'est bien pourquoi nous sommes là.

Comment enseigner les sciences ? Je répondrai d'abord à cette interrogation, en insistant sur deux facettes essentielles de ce que devrait être la science vivante, y compris à l'école :

- enseigner et présenter la science comme une composante essentielle de l'aventure humaine ;
- enseigner et penser la science comme une composante essentielle de la formation intellectuelle, que je qualifierai de moderne et humaniste.

Enseigner et présenter la science comme une composante essentielle de l'aventure humaine

Il faut d'abord rappeler que de nombreuses études internationales ont rappelé l'importance pour les jeunes, en ce qui concerne leurs choix essentiels, des notions de valeurs, d'attitudes et de sens. Lorsque nous, parents, éducateurs, leur demandons « qu'est ce que tu veux faire plus tard ? », ils nous répondent en nous expliquant ce qu'ils veulent être. La différence est grande ! Les jeunes des pays développés, et les jeunes filles encore plus fortement, veulent clairement être dans l'humain ; leur rapport à la vie, au devenir de la planète est fondamental.

La science est d'abord une formidable aventure humaine, personnelle et collective. Schrödinger présentait la science comme « effort humain pour comprendre la condition humaine » ; voilà ce que nous devons donner à voir. Il est donc essentiel d'inscrire l'enseignement des sciences dans l'histoire de l'humanité, du développement des civilisations et de la pensée. Histoire des sciences, épistémologie... La science ça ne s'enseigne pas seulement, ça se raconte, et ça se vit.

Dans la même ligne de pensée, ce lien profond avec l'humain, l'enseignement des sciences doit s'atteler aux préoccupations actuelles des jeunes, et ne pas se soustraire aux grands débats qui agitent notre siècle. Nous sommes actuellement 6 milliards d'êtres humains, dont près de deux milliards n'ont accès à rien. Dans le monde que les jeunes actuellement en classe auront en charge, il y aura 9 milliards de personnes, avec des problèmes aigus d'accès à l'eau potable pour tous, donc de

nourriture, d'accès à l'énergie, aux transports... Si nous n'arrivons pas à convaincre que les sciences enseignées à l'école ont quelque chose à dire sur ces questions terriblement humaines, et qu'une partie des réponses seront à chercher dans le champ scientifique, nous aurons vraiment failli ... Et enfin, la science ne doit pas être sanctuarisée, même celle enseignée à l'école ; les questions d'éthique, de responsabilité des scientifiques, de ce que la science peut et de ce qu'elle ne doit pas faire, doivent être abordées à l'école.

Enseigner et penser la science comme une composante essentielle de la formation intellectuelle, moderne et humaniste

La science, nous le savons tous, est tout sauf une collection de principes, de lois, de théorèmes à apprendre et à appliquer. Henri Poincaré disait « *une accumulation de faits n'est pas plus une science qu'un tas de pierres n'est une maison* ». Nous le savons tous, mais l'avons-nous donné suffisamment à voir à l'école ? Je ne le crois pas.

Ce qui fait tenir tout cela ensemble, le rend cohérent et signifiant, c'est la démarche scientifique universelle, qui transcende les différences d'époque et de culture. La science est associée à des valeurs, qui ne peuvent être réduites à un ensemble de techniques.

Faire de la science, c'est partager une certaine façon de poser les problèmes, de les cerner, d'éventuellement se déclarer incompetent pour les traiter. C'est accepter l'idée que l'on ne peut pas connaître entièrement ce que l'on étudie, que l'objet de la recherche n'est pas la certitude, la Vérité. C'est le refus de l'argument d'autorité, l'affirmation de la prééminence de la rationalité, la primauté donnée au débat scientifique, la confrontation au doute.

L'enseignement scientifique est donc associé à des valeurs, que le professeur a mission de faire partager aux élèves, et à des compétences, évidemment appuyées sur des savoirs, qui doivent être développées chez les élèves :

- capacité à innover ; autonomie ; esprit d'initiative ;
- travail d'équipe et non la compétition individuelle (d'où l'importance d'un ré-examen des stratégies d'évaluation des élèves) ;
- confrontation au réel, à l'incertain, à la complexité (d'où la nécessité du décloisonnement des disciplines) ;

Tous ces éléments forment une base essentielle à ce que j'ai appelé la formation intellectuelle humaniste dont, je le crois, a besoin le citoyen actuel comme le futur scientifique. Tout cela demande à l'évidence un apprentissage progressif, dès le plus jeune âge, pour tous les jeunes. Ceci doit donc s'appuyer sur une réflexion pédagogique et didactique précise. D'où l'importance de la mutualisation au niveau européen des différentes expériences qui ont lieu çà et là : je pense à ce que nous avons mis en place en France dans l'enseignement primaire et secondaire, dans la lignée de la Main à la Pâte, avec la généralisation des démarches dites d'investigation (IBSE), et la volonté d'intégrer les différentes disciplines dans une approche novatrice ; je pense bien sûr à ce qui se fait dans d'autres pays : Portugal, Pays Bas, Allemagne, etc.... et sur lequel nous échangeons fortement au sein du cluster de pays qui travaillent dans le cadre de la stratégie de Lisbonne sur ces questions.

RECOMMANDATIONS

- Réviser en profondeur les curricula dans le sens d'un décloisonnement des disciplines, d'une entrée centrée sur les problématiques humaines, contemporaines, mais inscrites dans une histoire, sur des contenus qui font sens pour tous et en particulier pour les jeunes filles.
- Promouvoir un enseignement où l'agir se combine au penser ; ne pas sous-estimer les valeurs que portent la science et les faire vivre dans l'enseignement scientifique.
- Travailler ensemble la problématique de l'évaluation des élèves, de manière à ce que les pratiques correspondantes contribuent à la promotion de nouvelles compétences en sciences, de nouvelles pédagogies.

A



How to teach mathematics now

Peter Baptist
University of Bayreuth, Germany
Chair for Mathematics and Mathematics Education



Exercises

Find the value of each expression. (8-1)

1. $\sqrt{16}$
2. $\sqrt{0.16}$
3. $\sqrt{81}$
4. $\sqrt{121}$
5. $\sqrt{15^2}$
6. 9^2
7. $\sqrt{16} + \sqrt{49}$
8. 10 squared
9. 6 squared
10. Square of 6
11. Square of 7
12. Square root of 64

Find the indicated information.

13. Name five numbers that are perfect squares. (8-1)

Use the table of squares and square roots on page 475 to find the value of each expression. (8-2)

14. $\sqrt{38}$
15. $\sqrt{73}$
16. $\sqrt{54}$
17. $\sqrt{324}$
18. $\sqrt{39.69}$
19. $\sqrt{4356}$
20. 34^2
21. 7.7^2
22. Square of 34
23. 34 squared
24. Square root of 34
25. Square root of 69

Use the table of squares and square roots on page 475 to complete each statement. (8-2)

26. $\sqrt{175} = \sqrt{25} \cdot \sqrt{7} = 5\sqrt{7} \approx 5(\text{ ? }) \approx \text{ ?}$
27. $\sqrt{117} = \sqrt{9} \cdot \sqrt{13} = 3\sqrt{13} \approx 3(\text{ ? }) \approx \text{ ?}$

Find the indicated information.

28. Use the fact that $41^2 = 1681$ to complete each statement. (8-2)
 - a. $\sqrt{1681} = \text{ ?}$
 - b. $\sqrt{16.81} = \text{ ?}$
 - c. $4.1^2 = \text{ ?}$
 - d. $0.41^2 = \text{ ?}$

Locate each square root between two consecutive whole numbers. (8-2)

29. $\sqrt{19}$ is between ? and ? .
30. $\sqrt{52}$ is between ? and ? .
31. $\sqrt{71}$ is between ? and ? .
32. $\sqrt{95}$ is between ? and ? .

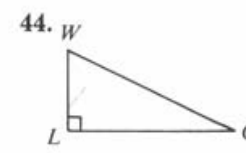
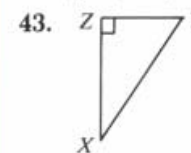
State whether each expression is in simplest radical form. (8-2)

33. $\sqrt{15}$
34. $3\sqrt{2}$
35. $\sqrt{27}$
36. $\sqrt{49}$
37. $\sqrt{60}$
38. $4\sqrt{8}$

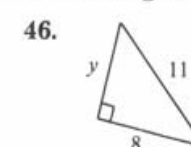
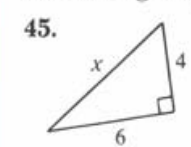
Express in simplest radical form. (8-2)

39. $\sqrt{40}$
40. $\sqrt{48}$
41. $\sqrt{63}$
42. $3\sqrt{12}$

Identify the hypotenuse and legs of each triangle. (8-3)



Write an equation that can be used to find the missing length in each triangle. (8-3)



Express in simplest radical form. (8-4)

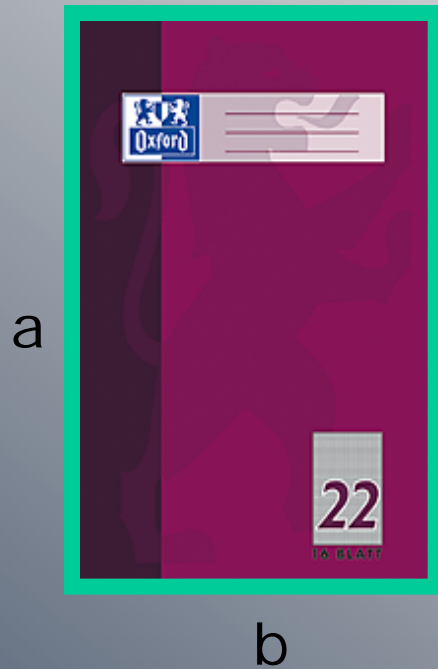
47. $\sqrt{6} \cdot \sqrt{6}$
48. $\sqrt{5} \cdot \sqrt{10}$
49. $\sqrt{9} \cdot \sqrt{25}$
50. $3\sqrt{2} \cdot 5\sqrt{3}$
51. $(\sqrt{7})^2$
52. $(4\sqrt{3})^2$
53. $(3\sqrt{6})^2$
54. $3(\sqrt{6})^2$

A

1. By halving the sheet we get from ISO A n to ISO A $n+1$.
2. All sizes are similar to each other.
That means: The ratio of the longer side to the shorter side is always the same.



A



$$\frac{a}{b} = \frac{b}{\frac{a}{2}}$$

$$a^2 = 2b^2$$

$$\frac{a^2}{b^2} = 2$$

$$\frac{a}{b} = \sqrt{2}$$

A

- We need more realistic problems instead of mechanical computing.
- We need more individual and independent learning instead of stubborn formula training and formula manipulation.

A

Everything has
already been said.
But because
nobody listens,
you have to say it
again and again.

André Gide (1869 – 1951)



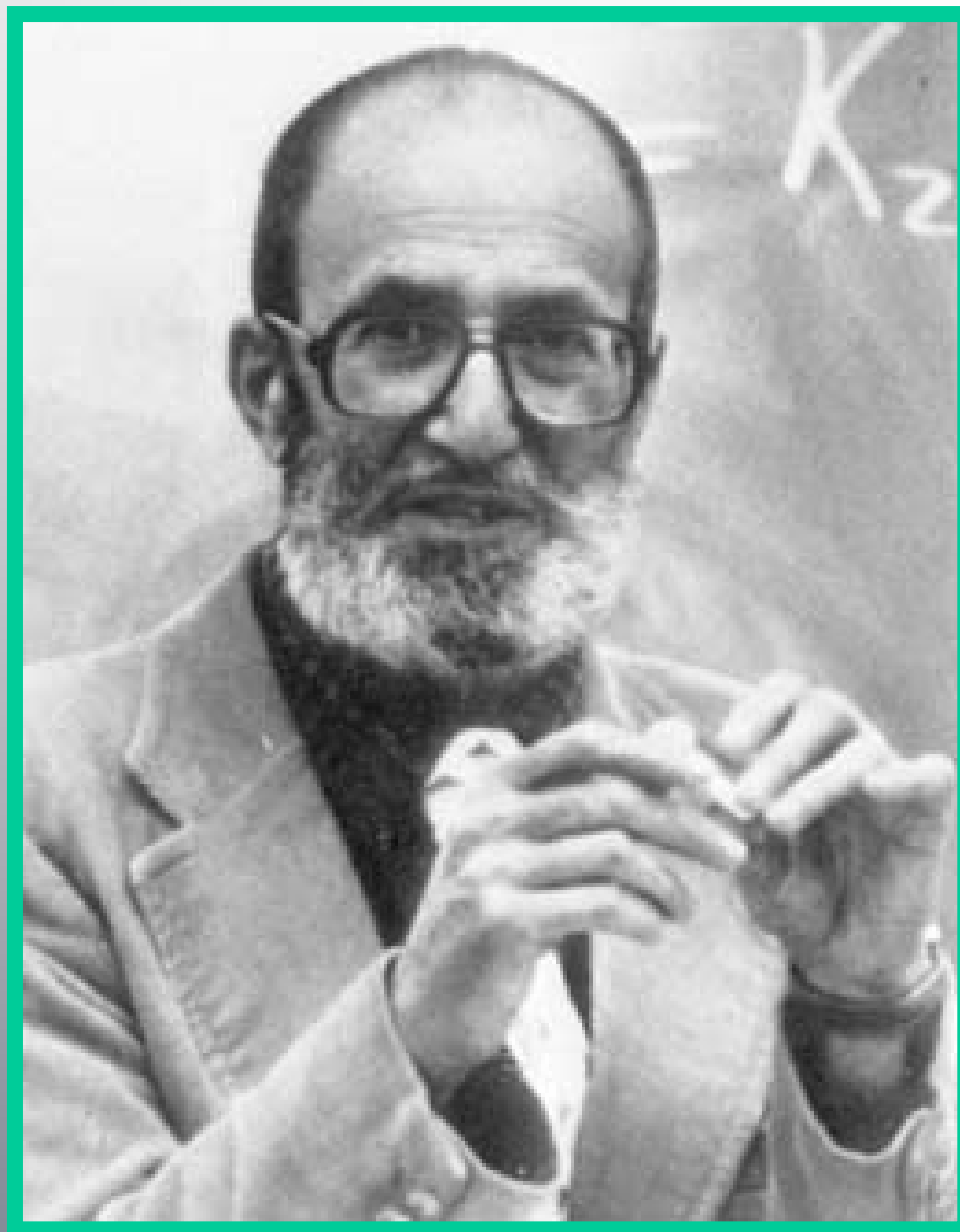
A

- Less focus on passing factual knowledge to students, more focus on independent problem solving.
- Less focus on mere computing and manipulating formulas, more focus on understanding.
- Not only focus on acquiring particular math skills and results, but also focus on the necessary learning processes and strategies.

A

Don't preach facts,
stimulate acts.

Paul Halmos (1916 – 2006)

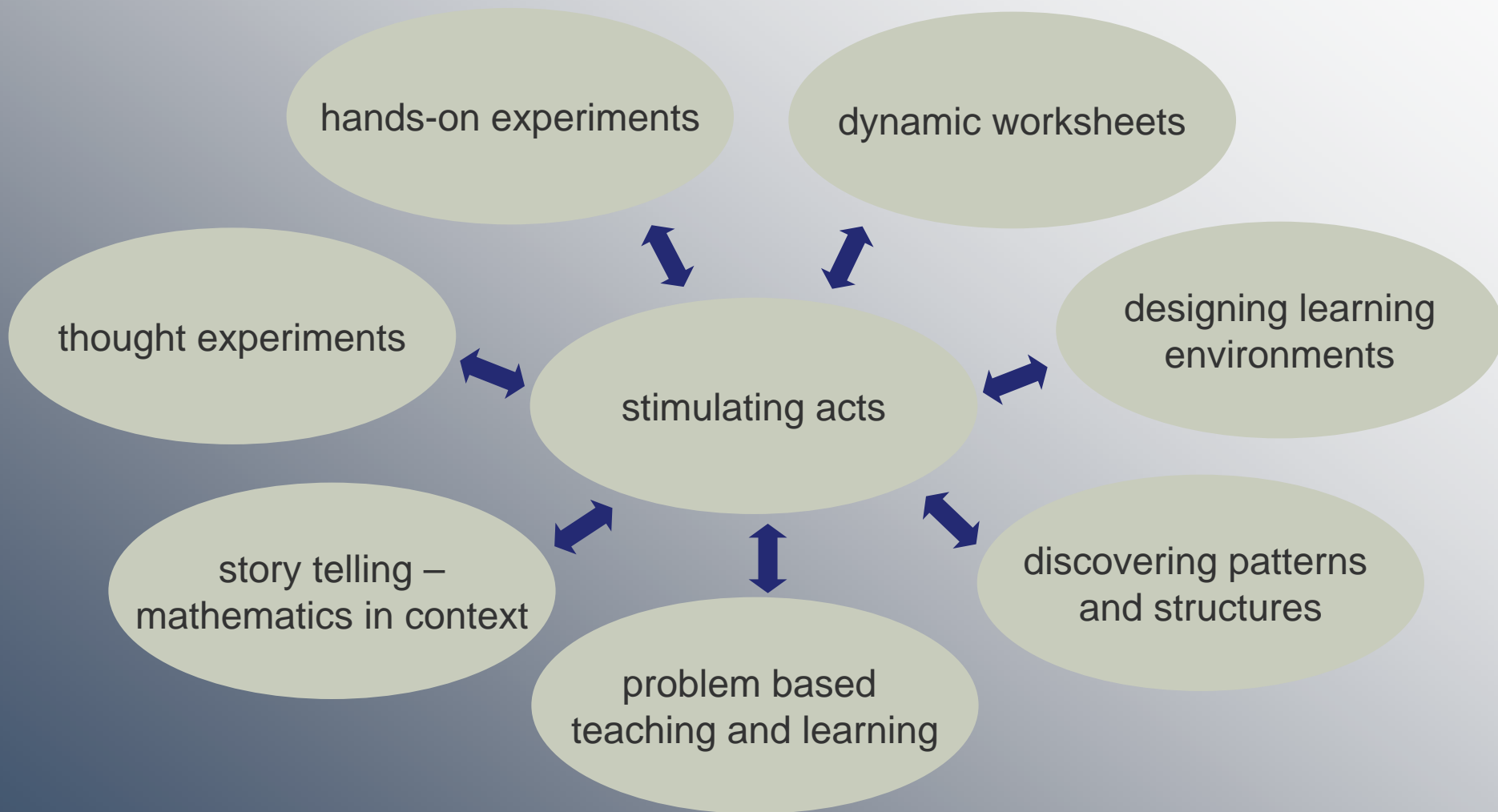


A

Stimulating acts means to ask students

- to explore,
- to observe,
- to discover,
- to assume,
- to explain,
- to prove.

A



A

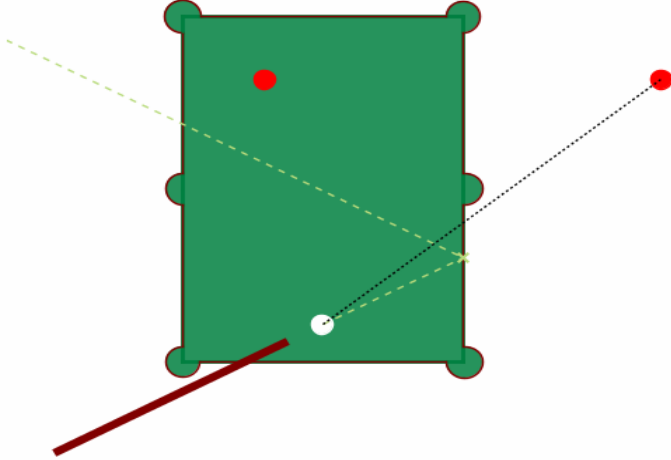
Experiments on the computer screen

Dynamische Arbeitsblätter Mathematik - Windows Internet Explorer

Übersicht Hilfe

Blatt 2: Bestimmen des Reflexionspunktes - Experimentieren

GEOMET



Die rote Kugel soll eingelocht werden. Zuvor soll die weiße Spielkugel einmal die rechte Bande berühren.

- Verändere den Reflexionspunkt an der Bande und beobachte dabei die Bahn der weißen Kugel.

An welcher Stelle muss die Bande angespielt werden, damit die rote Kugel getroffen wird?

- Blende das [Bild der roten Kugel](#) bei Spiegelung an der Bande ein.
- Skizziere die Situation in dein Lerntagebuch. Notiere eine Vermutung und versuche, sie zu begründen. Erinnerung dich an Blatt 1.

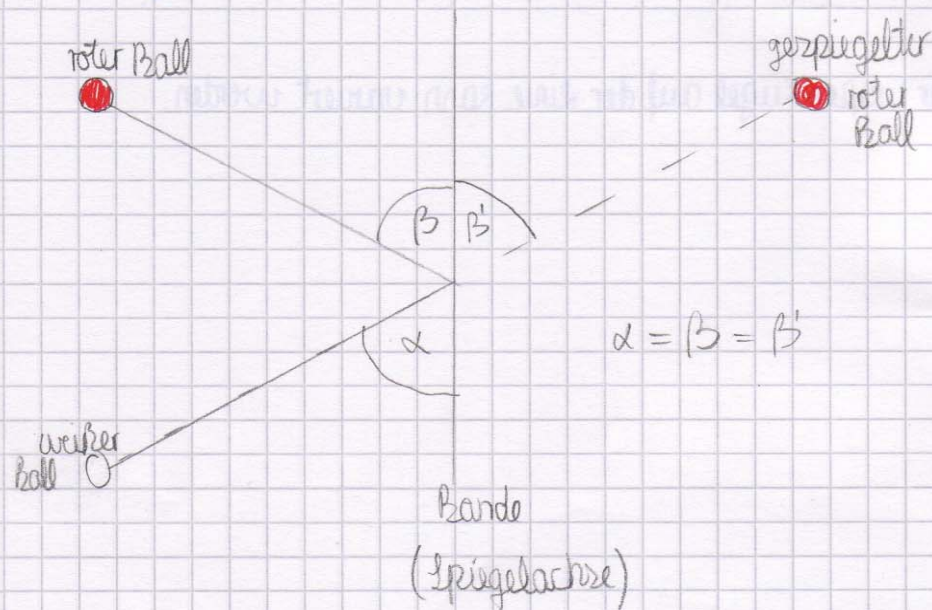
Animation

A

records in a study journal

Blatt 2: Reflexionspunkt: Experimentieren

Wenn man die Bande, an der die weiße Kugel reflektiert wird, als Spiegelachse betrachtet und den roten Ball spiegelt, ist der Punkt, an dem sich Spiegelachse und die Verbindung des weißen und des gespiegelten roten Balls schneiden, der Reflexionspunkt. Auf diesen Punkt muss die weiße Kugel gespielt werden.



A

The students use their study journals for

- sketching meaningful figures,
- describing their observations,
- phrasing conjectures,
- writing down proofs,
- expressing individual impressions and comments.

A



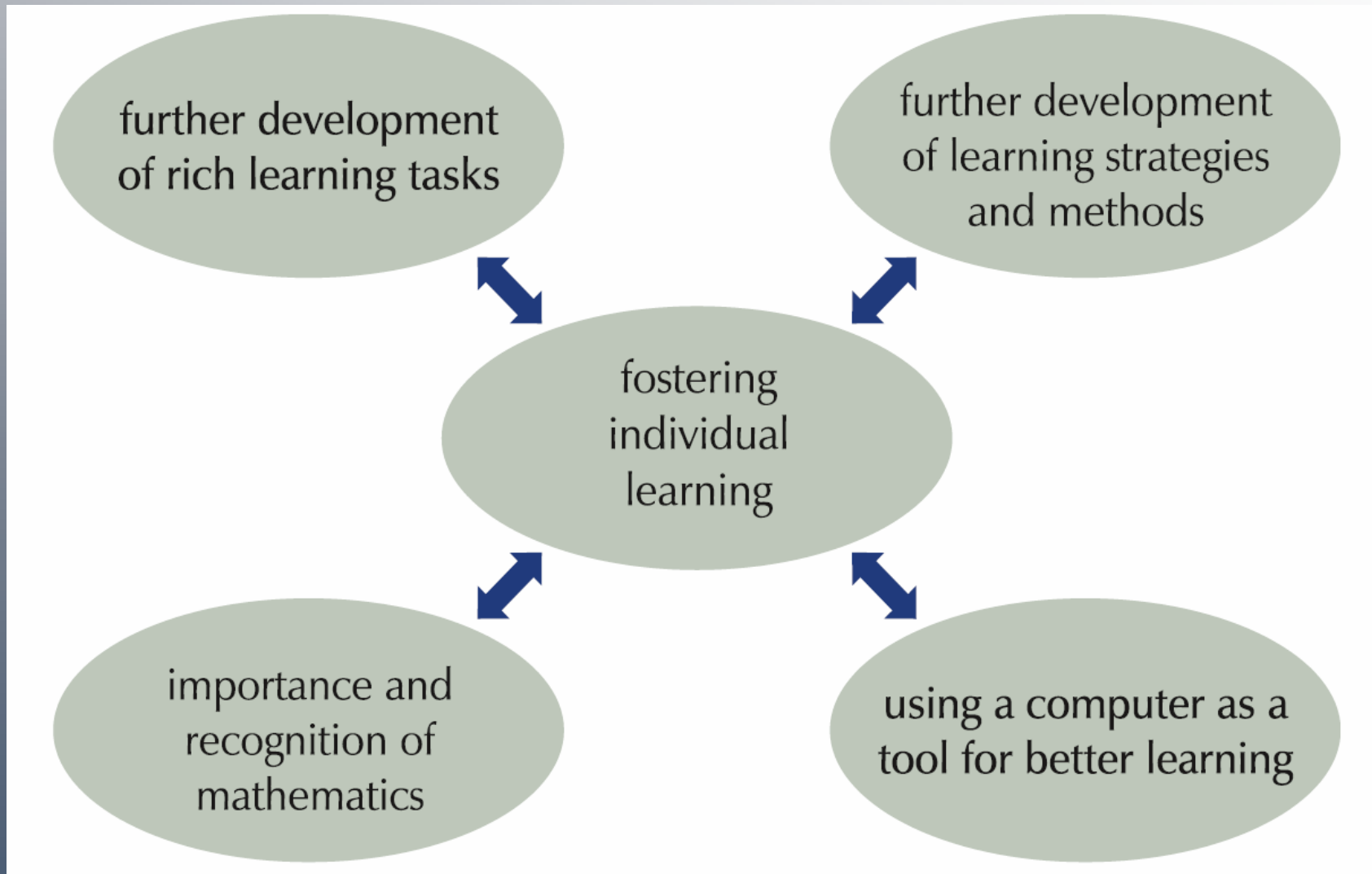
A

“The student is mature, if he or she has learnt so much that he or she is able to learn independently.”



Wilhelm von Humboldt (1767 – 1835)

A



A

School is more than a place for lecturing,
school is a place for learning:

Don't preach facts,
Stimulate acts.

Mathematics turns out to be an
experimental science.

(An unfamiliar point of view for most of our teachers at first sight.)

HOW TO TEACH MATHEMATICS NOW

First we have to realize, there is not a single way of successful mathematics teaching. But we know for sure: If learning is to be successful students must get the chance to go individual ways in their learning process. There are certain basic guiding principles that ought to be characteristic for our teaching:

- Less focus on passing factual knowledge to students, more focus on independent problem solving.
- Less focus on mere computing and manipulating formulas, more focus on understanding.
- Not only focus on acquiring particular math skills and results, but also focus on the necessary learning processes and strategies.

The implementation of these guiding principles leads to an **experimental access** to mathematics. If there actually is a formula or a rule then it is at the end of the learning process, not at the beginning.

We introduce mathematics in the context of carefully chosen problems. In the process of trying to solve such problems the students develop mathematics. We follow my American colleague Paul Halmos who demands: "Don't preach facts, stimulate acts." That means: The teacher is not an entertainer, the student is not only a consumer. We do not present ready to consume mathematics. Teachers must help students to understand the concepts of mathematics, not just the mechanics of how to solve a certain problem.

Peter Baptist, University of Bayreuth,
Chair for Mathematics and Mathematics Education
D-95440 Bayreuth

Peter Csermely: How to teach science today?

Peter Csermely (50, csermely@puskin.sote.hu) is a professor and network scientist of the Semmelweis University (Budapest, Hungary, www.linkgroup.hu). In 1995 he launched a highly successful initiative, which provides research opportunities for more than 10,000 high school students (www.nyex.info). In 2006 he established a National Talent Support Council in Hungary and started a nationwide talent support program. He wrote and edited 11 books (including the Weak Links at Springer in 2006) and published two hundred research papers with a total citation over 3,000. Dr. Csermely was a member of the Rocard-group and received several national and international honors and awards including the Descartes Award of the European Union for Science Communication.

In the recent economic turmoil, it has been further enhanced that Europe needs more scientists and engineers, if it wants to survive in the long run. First, I would like to make the very strong point that this is not enough. We do not only need more, but we desperately need better scientists, better engineers and last but by far not the least: better teachers. We need talents in all these areas.

Before answering the question: “Why do we need more talents in Europe?” let me make it clear what does modern psychology means under “talent”. Giftedness and talent is not the treasure of the very few any longer. When we speak about talent, we are not only speaking about modern Pasteurs, Curies, or Debussys. Talent has four major ingredients: (1) good cognitive abilities such as problem-sensitivity or memory; (2) any of the hundreds of specific abilities above than average and “specific” here not only means mathematics or music, but also talent in entrepreneurship, communication, or even spiritual talent. The third ingredient is creativity and the last is motivation. Talent is like an iceberg. The vast majority of talent is hidden and only waits a good occasion to reveal itself. Any one of us may hide a treasury of hidden talents, and good teachers do know the secret words: “Open sesame!” to liberate this magnificent energy. As much as one third of our students may be talented in any class, and we never know which of our students will reveal her or his talent in the next month. The word “untalented” should be erased from our vocabulary forever.

Why do we need more talents in Europe? In the middle of the climate change, energy crisis, economy crisis, and soon inevitable food and water crisis we live in a world, where unexpected changes became an everyday experience. The unpredictable influences of the environment are amplified by the herding behaviour of the modern society. ‘Good costumers’ go after the crowd, and their copied behaviour lead to decision avalanches, which make the outcome even more unpredictable. However, we do not have to worry. Unexpected changes were prevalent in our evolutionary past many-many times. The answer to the question: “Who did survive?” gives us the key what to do in the current turmoil. Survival of complex systems needs their creative behaviour in an unpredictable world. Thus it is not surprising that the competition for the creative and talented mind has tremendously increased in the last decade worldwide. Creative and talented people are our life insurance.

The need of creativity and talent is especially true for scientists, engineers and most of all: teachers. Europe has hundred-thousands of gifted students, who loose their chance to live a creative live by the end of their teenager years. This is an unacceptably large loss – a loss of our better future. Europe will loose the emerging ‘talent war’, and will be extremely vulnerable in the ongoing world-wide game of the ‘survival of the fittest’, if our science education process will not result enough educated, creative minds. Currently the status of science education is much behind our needs and expectations in almost each member states of the EU – except a very few. This unsolved and growing problem requires a prompt action, since the outcome – naturally – becomes visible only after many years.

The report of science education by the High Level Expert Group led by Michel Rocard became a litmus-paper and a focal point of the worries and renewing efforts on European science education. Only a few months have been passed after the introduction of the Rocard-report in June 2007. The time-window of educational changes is not in the months-scale. A 'good king' may change the education of his kingdom within a year ordering his teachers to copy the best practice. However, this king would not really be a good king. Why? Our 'good king' does not (and should not) have a secret police to go to all classes and report those who do not obey. This would not be how democracy works. Democracy is a time-consuming process. And we need this. Not only because we do not want to live in a world, where a secret police is placed in each classroom. The main reason simpler. Order and simple copying is successful only in fulfilling primitive tasks. Raising creativity in science education is – by far – not a simple task. This requires experimentation, increased motivation, and time. As an example of this in my own country, Hungary teachers, parents, scientists, the president of the state, the Parliament and the government reached the same conclusion at the same time, this May: science education has to be changed. There are ongoing discussions on a number of rather efficient plans to accomplish this goal. Their first conclusions are to start science education as early as possible, even at the kindergarten level, to provide hands-on experiences, to organize mixed, student-teacher teams for project work and to attract high-quality students for science teacher education. I do not think the Rocard-report was the reason of this 'Hungarian science education avalanche'. However, my own discussions on the Rocard-report showed that it certainly helped us in Hungary to see our problems much better.

One of the plans which will help to better science education in Hungary is a nationwide talent support program in the range of 50 million EUR I am honoured to serve. This program (called Hungarian Genius Program) will establish Talent-points in the neighbourhood of all villages to provide the best help of any gifted students. Talent points will organize Talent Days to develop a local talent-friendly society and to participate in the EU Year of Creativity and Innovation in 2009. A special part of the project is to get the best students realize that science is enjoyable and they are good in pursuing it. The project will be a continuous process, where outstanding students in primary schools will be "handed over" to secondary school programs and will receive a special attention at universities. As three examples of these students let me introduce Ms. Brigitta Sipócz, who discovered an asteroide in the age of 17 by coordinating two telescopes at the internet in Croatia and Spain. Ms. Eszter Végh had enough international publications in chemistry at the age of 18 to give her a PhD. Mr. Tamás Révész at 18 summarized ten years of research on the history of a military airport in a 500-page book. Tamas also leads the Hungarian Research Student Association which is a self-organizing movement of two thousand high-school students involved in scientific research. This movement has an international network, called Network of Youth Excellence (www.nyex.info) as well as a younger and an elder brother in primary schools and universities with 500 and 10,000 members, respectively. Brigitta, Eszter and Tamás are role models showing personal examples of the successful, happy and honourable lives of excellent researchers. Surprisingly, a Nobel Laureate might not be the best example to fulfil this role, since young students might say that "her story is not mine". However, the bright students of the same age give an adoptable, close example of joy and success.

Brigitta, Eszter and Tamás made their research in various universities, research institutes, museums, and archives. Schools are not alone in the education of the best. We need an EU Coalition of Science Education involving the EU network of science teachers, research institutions, universities, science museums, R&D firms and devoted students themselves.