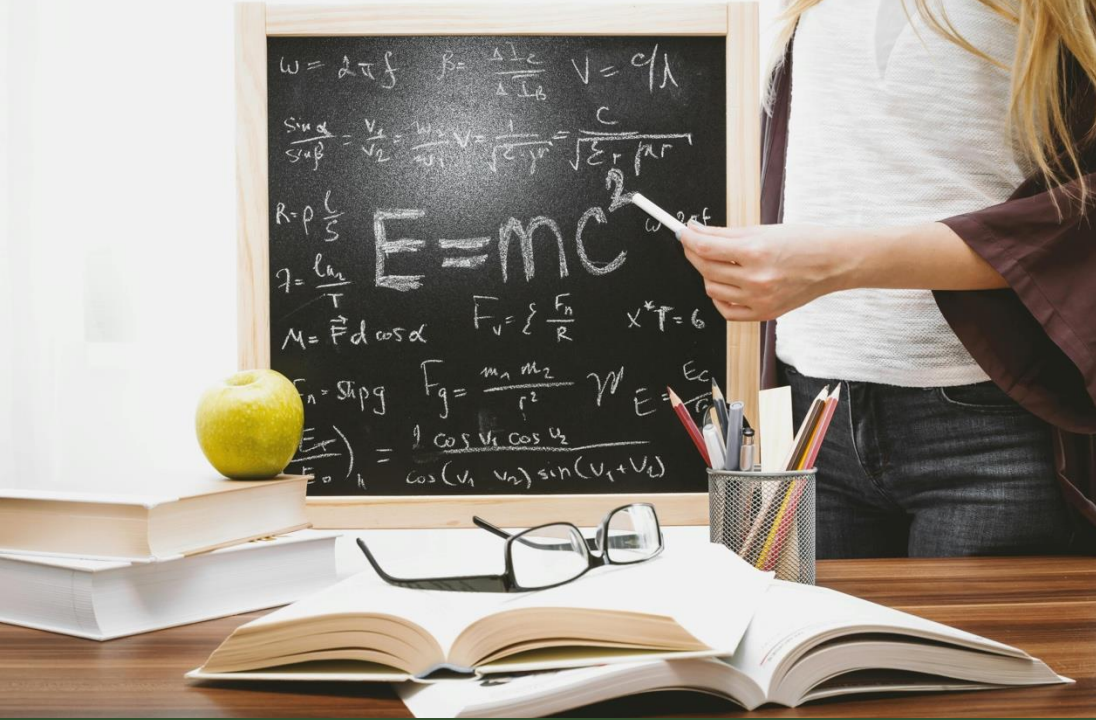
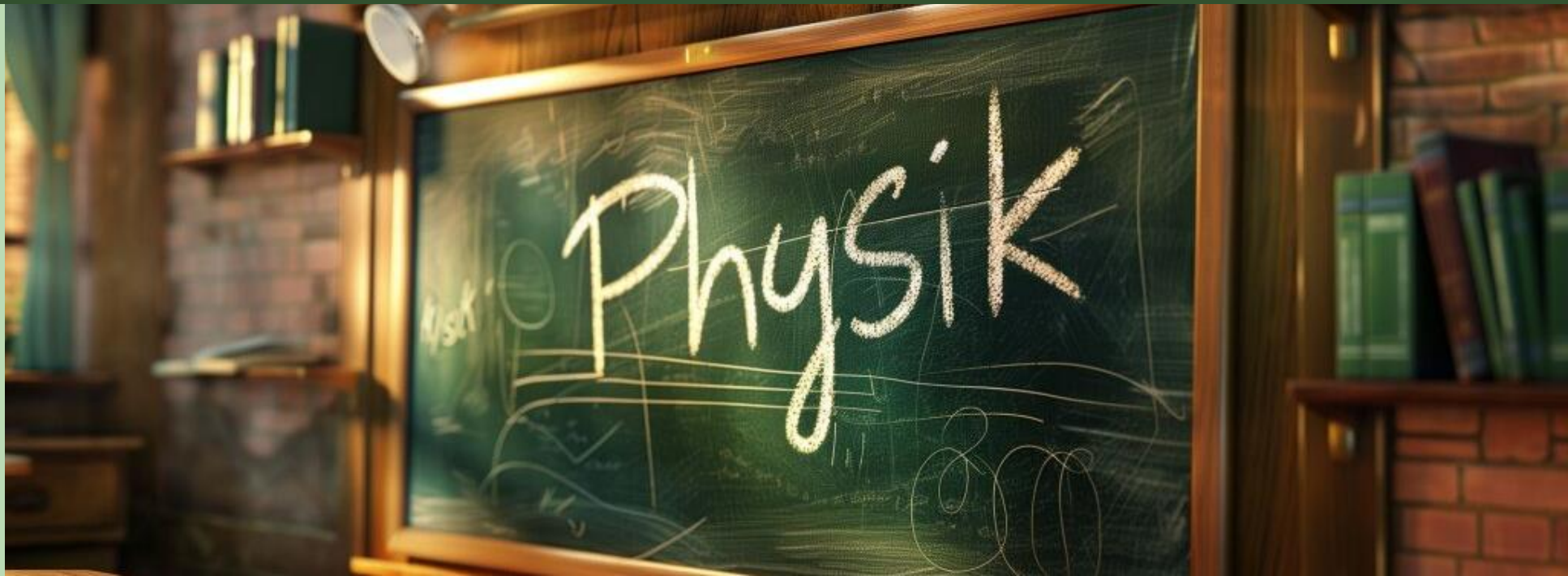




Balancing Act

Integrating Mathematics into
Science Teaching for Secondary 1



Massive Open Online Course

Qualitätsvoller Physikunterricht in der Sek. I

Konzeptorientierter Physikunterricht und Verringerung der Mathematisierung





DE

Zukünftiger Kurs

Qualitätsvoller Physikunterricht in der Sek. I

Eberhard Karls Universität
Tübingen, Goethe-Universität
Frankfurt am ...

☆☆☆☆

€ Gratis

Startdatum:
01.09.2024

26

Enddatum: -

ZUM KURS

Two extremes...



Mathematics = harmful
for conceptual understanding

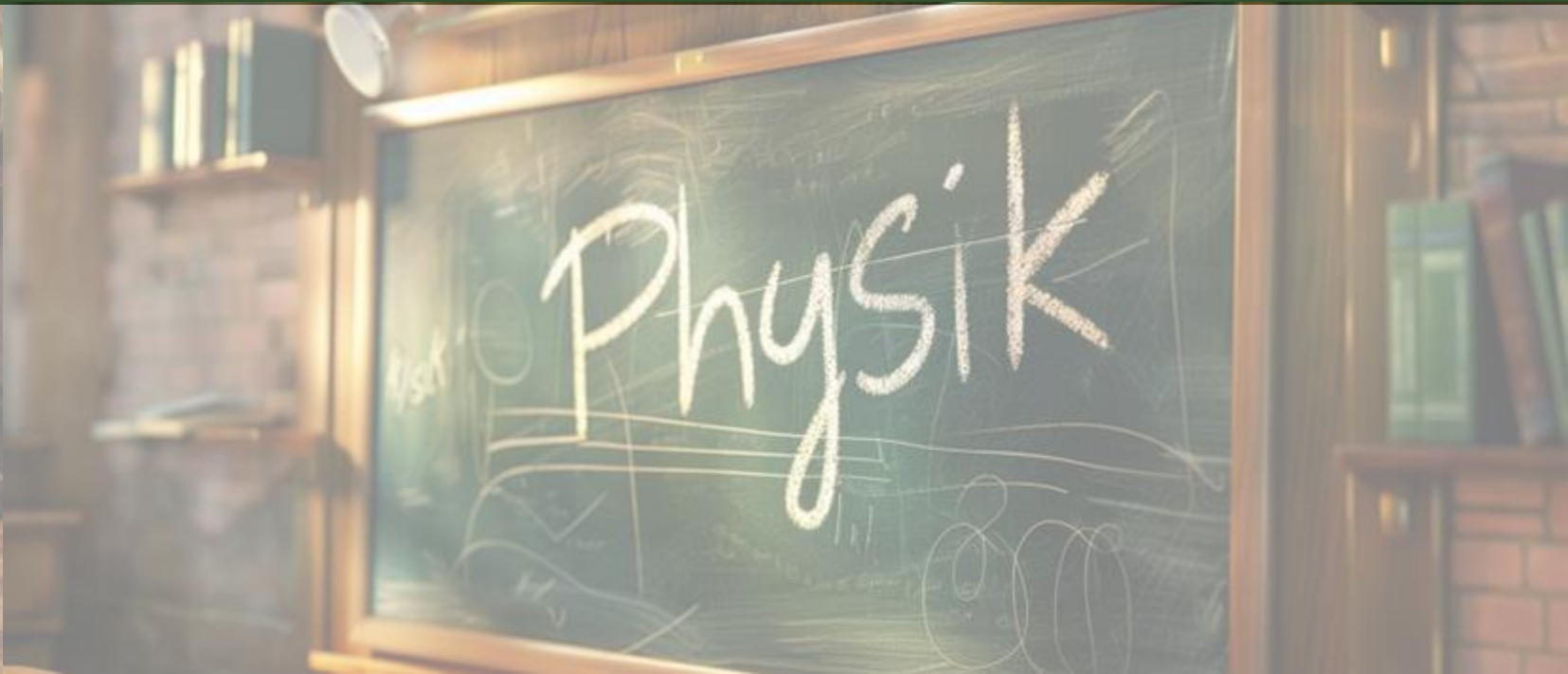
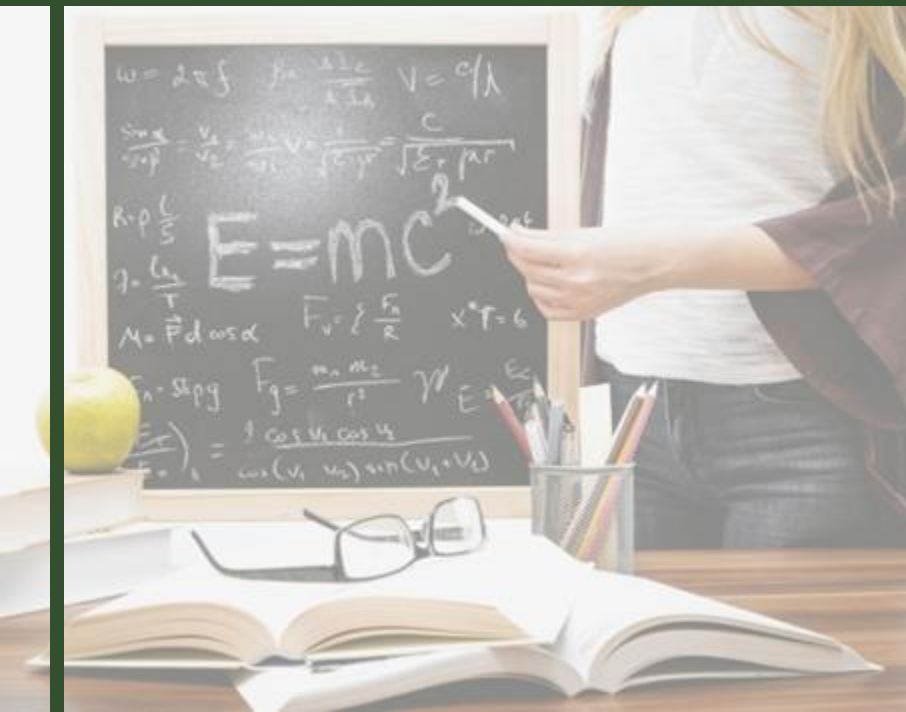


How are we going to manage this balancing act?
How much maths and to what extent is it appropriate?
Can the use of formulas even foster conceptual understanding?



Mathematics = essential
for conceptual understanding

Mathemazition



Aspects of mathemazition

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$



A force of $F = 500$ N is exerted on a body that has a mass of $m = 50$ kg. Calculate a !

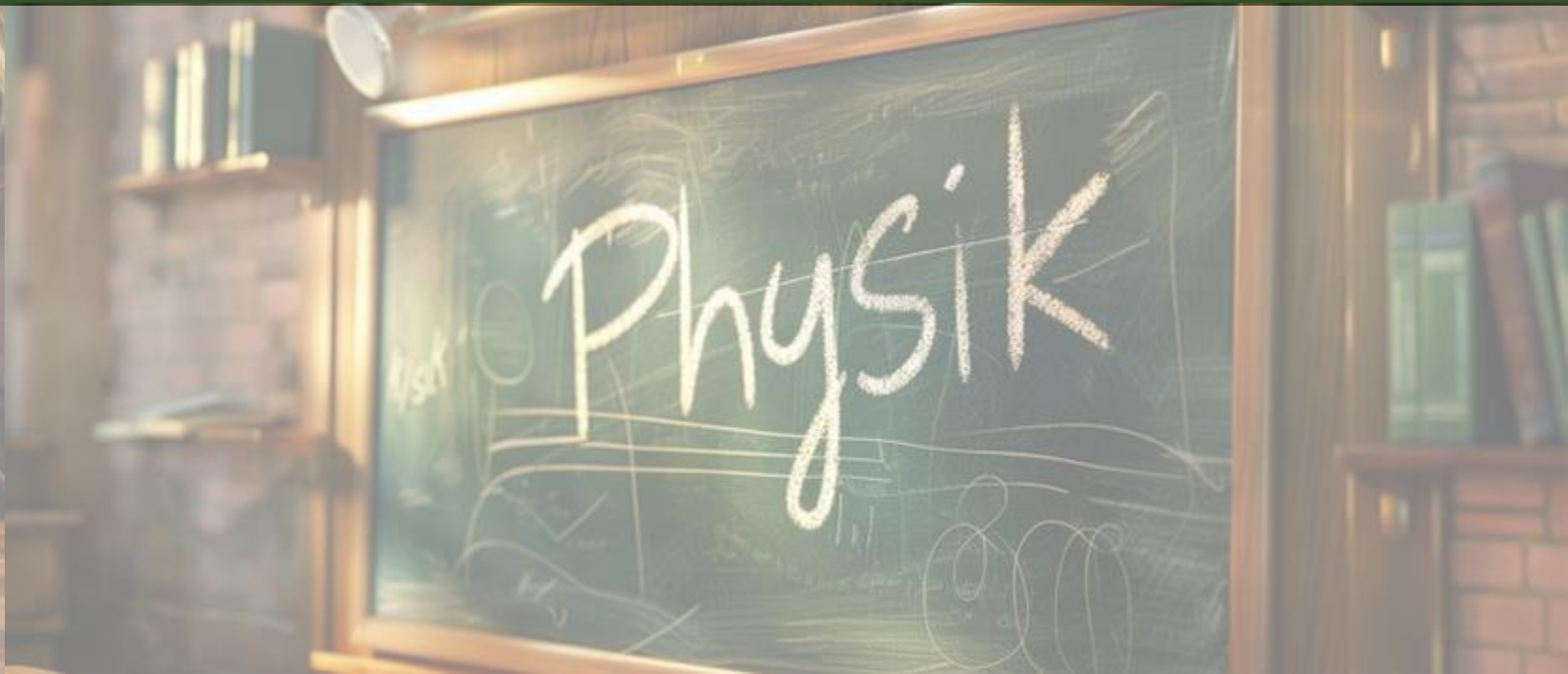
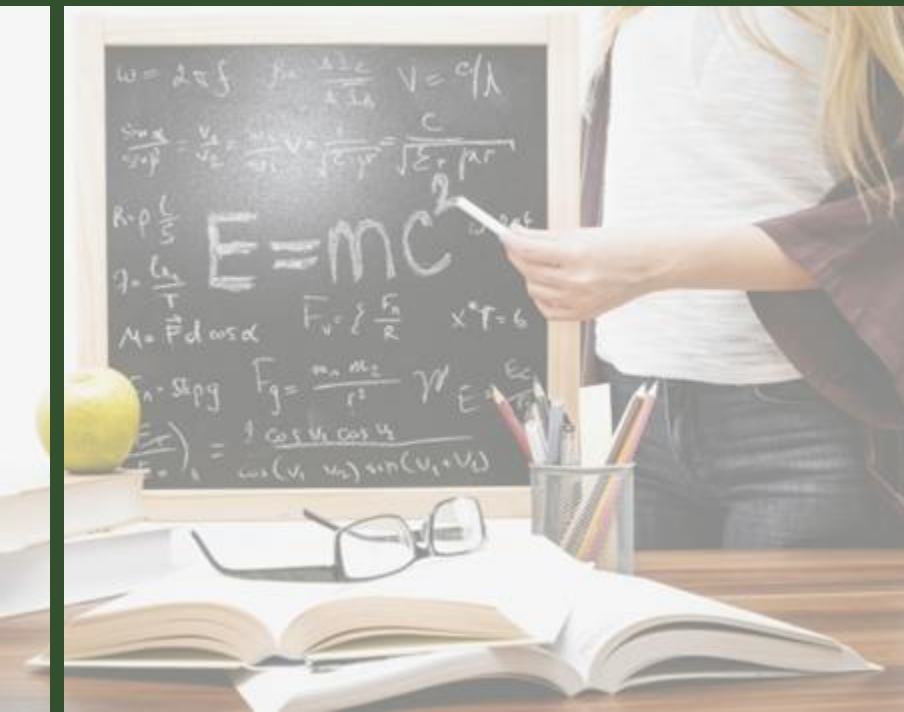
Calculating a number $\neq$ conceptual understanding

Mathematics
as a language

Mathematics
as a model

Mathematics
as a tool

Working with formulas in science lessons



Working with formulas in science lessons

Derivation from experiments

- Can be done by students
- Use of if-sentences or comparatives:

“If we kick the ball with a greater force, the ball gets a bigger acceleration.”

“The more mass one ball has, the less acceleration it gets when we hit it with the same force.”



Discussing formulas qualitatively

- Put formulas into words

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

“If a force is exerted on an object with mass, it’s accelerated.”

- Discuss the relationships between the variables (if-sentences or comparatives)

“The greater the mass, the smaller the acceleration.”

Qualitative observations >> quantitative calculations

$$U = R \cdot I$$

? What happens when the resistance is increased while the voltage is kept constant?

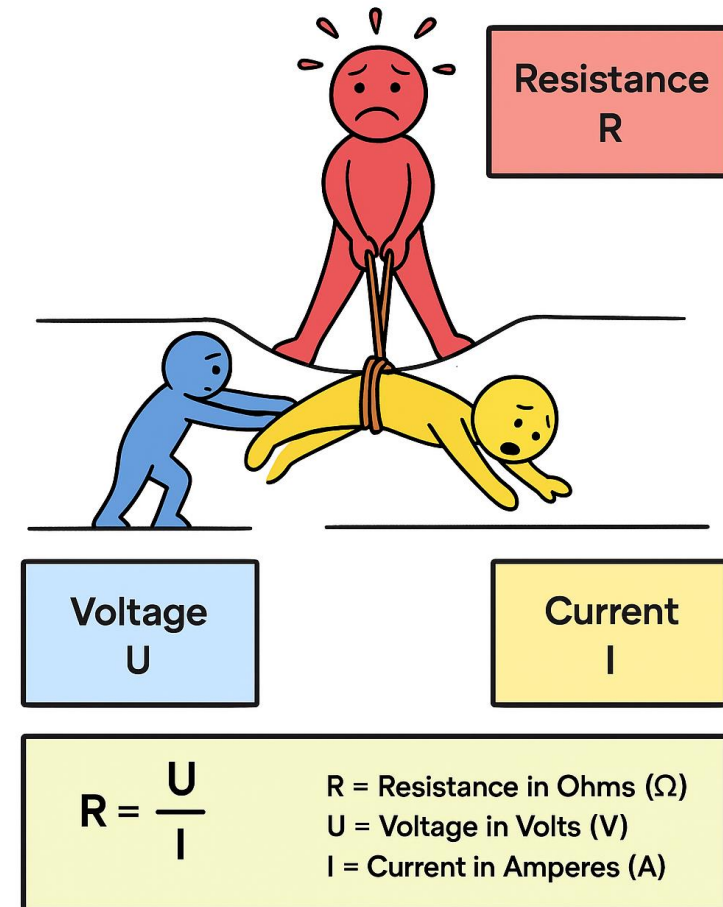
Visual cues like arrows:

$$U = \uparrow R \cdot \downarrow I$$

Doubled / tripled / halved variables:

$$U = 2R \cdot \frac{I}{2}$$

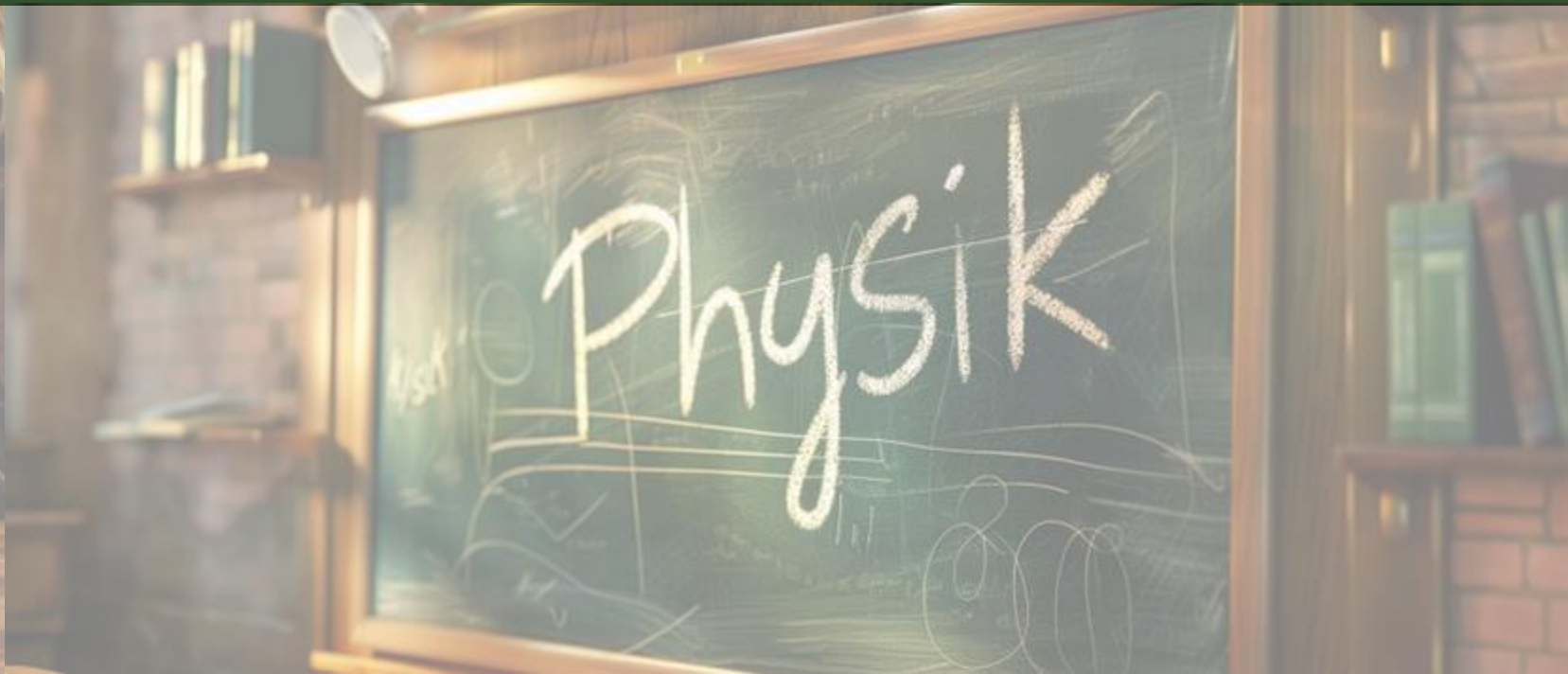
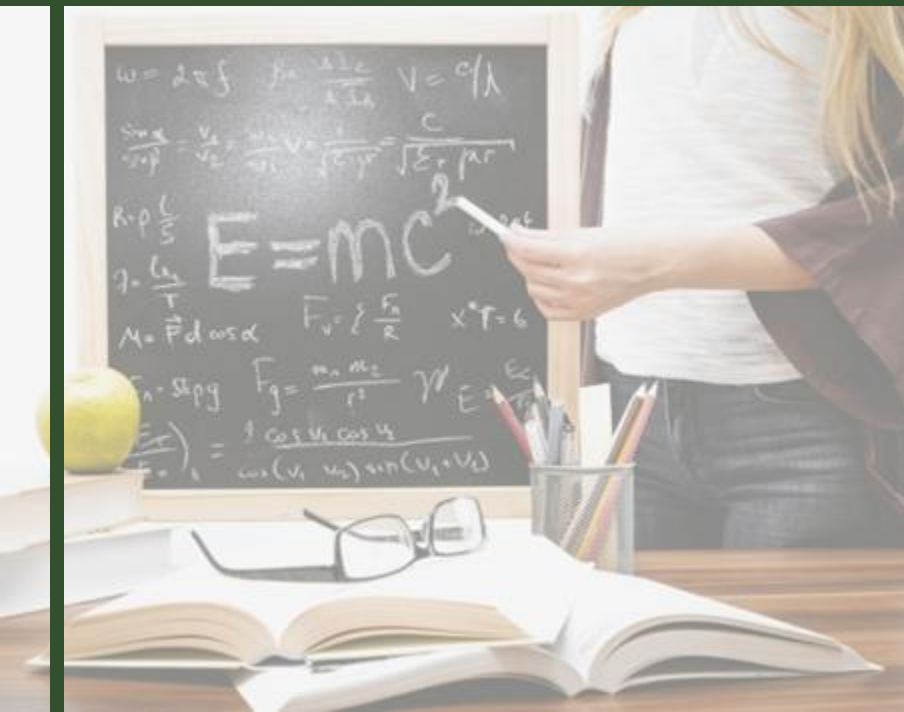
Ohm's Law



Interpreting numerical results

- Conceptual understanding first
- Interpret the results in the given context
- “Physics is just a framework to do maths”

Two methods to connect maths and science



Formula profile / Wanted poster

Formula profile

Write down the formula here:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

The formula belongs to this general topic: Mechanics

The formula is called: Newton's second law of motion

Symbol	Physical quantity	Unit
$\vec{F}$	Force	Newtons (N)
m	Mass	Kilograms (kg)
$\vec{a}$	Acceleration	meters per seconds squared ($\frac{m}{s^2}$)

This is how the quantities in the formula are related:

→ If m is constant, then:

The bigger the force, the bigger the acceleration

$$\uparrow \vec{F} = m \cdot \uparrow \vec{a}$$

Formula profile / Wanted poster

→ If $\vec{F}$ is constant, then:

The bigger the mass, the smaller the acceleration
 $\vec{F} = \uparrow m \cdot \downarrow \vec{a}$

→ If a is constant, then:

The bigger the mass, the bigger the force needed
to achieve the same acceleration $\uparrow \vec{F} = \uparrow m \cdot \vec{a}$

This is how the directions of the arrows are related to each other:

The force and the acceleration point in the same direction

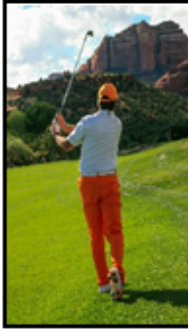
This is how we introduced the formula in class:

Experiments with balls

These are the applications where the formula is needed:

Description of motions of any kind (e.g. sports,
traffic, ...)

Connecting exercise



Beim Golf schlägt ein Spieler den Golfball mit dem ersten Schlag über 105 m weit. Der Ball liegt jetzt nur noch 3 m von dem Loch entfernt. Er passt seinen zweiten Schlag für die kürzere Entfernung jetzt so an, dass er den Ball nun einlocht.



Die Skispringer Stefan Kraft und Andreas Wellinger springen direkt nacheinander in Garmisch-Partenkirchen. Stefan Kraft ist nur einem kurzen Windstoß ausgesetzt. Andreas Wellinger wird weiter abgetragen, weil während seines Sprungs dauerhafter Seitenwind herrscht.



Susanna schafft beim Kugelstoßen eine Distanz von 4 m. Wirft sie statt der Kugel aus Gusseisen einen Tennisball, wirft sie viel weiter.



Lisa und Victoria wollen sich einer neuen Challenge beim Fußball stellen. Sie tauschen den Fußball deshalb durch einen Medizinball aus.

$$\vec{F} \cdot \uparrow \Delta t = m \cdot \uparrow \Delta \vec{v}$$

$$\vec{F} \cdot \Delta t = \downarrow m \cdot \uparrow \Delta \vec{v}$$

$$\downarrow \vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \downarrow \Delta \vec{v}$$

$$\vec{F} \cdot \Delta t = \uparrow m \cdot \downarrow \Delta \vec{v}$$

Connecting exercise



Beim Golf schlägt ein Spieler den Golfball mit dem ersten Schlag über 105 m weit. Der Ball liegt jetzt nur noch 3 m von dem Loch entfernt. Er passt seinen zweiten Schlag für die kürzere Entfernung jetzt so an, dass er den Ball nun einlocht.



Die Skispringer Stefan Kraft und Andreas Wellinger springen direkt nacheinander in Garmisch-Partenkirchen. Stefan Kraft ist nur einem kurzen Windstoß ausgesetzt. Andreas Wellinger wird weiter abgetragen, weil während seines Sprungs dauerhafter Seitenwind herrscht.



Susanna schafft beim Kugelstoßen eine Distanz von 4 m. Wirft sie statt der Kugel aus Gusseisen einen Tennisball, wirft sie viel weiter.



Lisa und Victoria wollen sich einer neuen Challenge beim Fußball stellen. Sie tauschen den Fußball deshalb durch einen Medizinball aus.

$$\vec{F} \cdot \uparrow \Delta t = m \cdot \uparrow \Delta \vec{v}$$

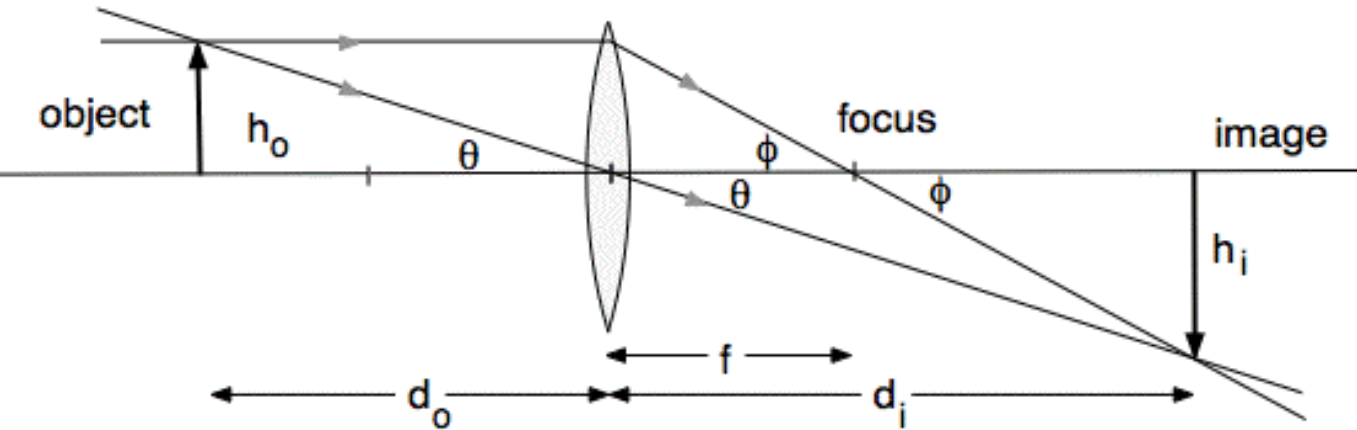
$$\vec{F} \cdot \Delta t = \downarrow m \cdot \uparrow \Delta \vec{v}$$

$$\downarrow \vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \downarrow \Delta \vec{v}$$

$$\vec{F} \cdot \Delta t = \uparrow m \cdot \downarrow \Delta \vec{v}$$

Coming to an end...

→ Reflect on the necessity of formulas

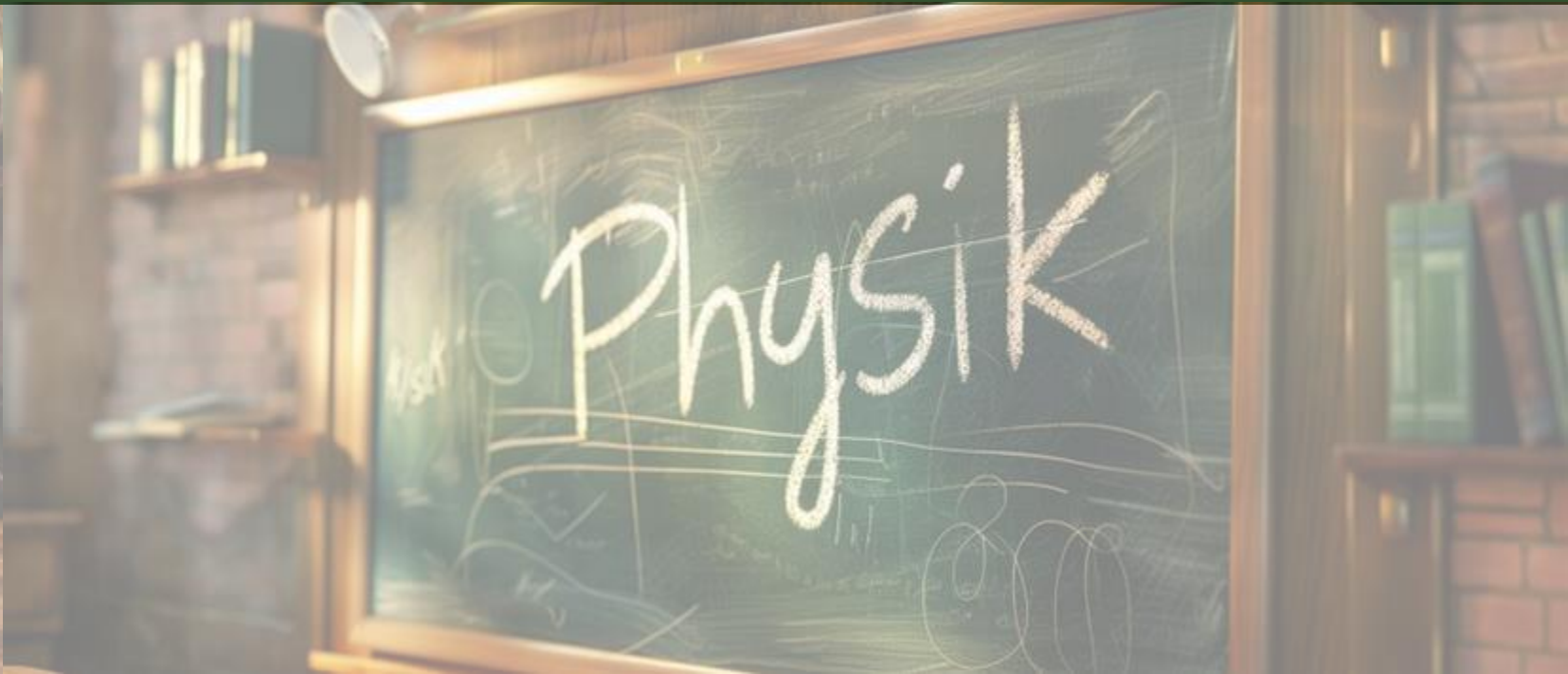
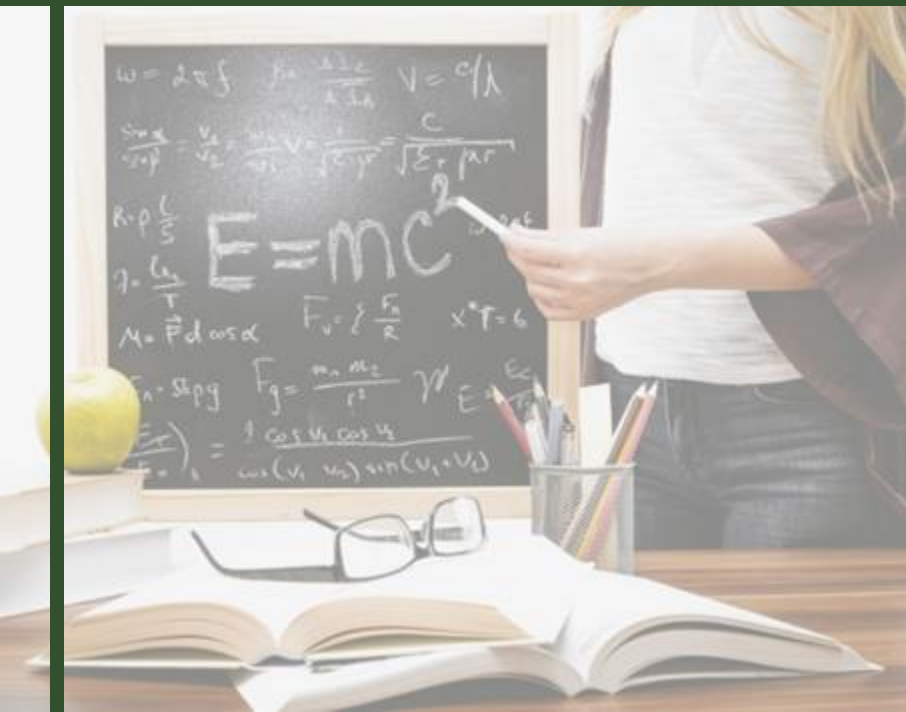


$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

f {
+: converging lens
-: diverging lens

d_o, d_i {
+: real object/image
-: virtual object/image

Thank you for your attention!



Sources

- (1) BMBWF. (2023). Lehrplan für die allgemeinbildend höhere Schule bzw. BMBWF. (2023). Lehrplan für die Mittelschule. <https://www.paedagogikpaket.at/massnahmen/lehrplaene-neu/materialien-zu-den-unterrichtsgegenst%C3%A4nden.html>
- (2) Pospiech, G. (2019). Framework of Mathematization in Physics from a Teaching Perspective. In G. Pospiech, M. Michelini, & B.-S. Eylon (Eds.), *Mathematics in Physics Education* (1st ed., pp. 1-33). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-04627-9>
- (3) Uhden, O. (2012). *Mathematisches Denken im Physikunterricht. Theorieentwicklung und Problemanalyse* [Dissertation, Technische Universität Dresden]. Berlin.
- (4) Schecker, H., & Klieme, E. (2001). Mehr Denken, weniger Rechnen: Konsequenzen aus der internationalen Vergleichsstudie TIMSS für den Physikunterricht. *Physikalische Blätter*, 57(7-8), 113-117. <https://doi.org/10.1002/phbl.20010570730>
- (5) Arons, A. B. (1982). Phenomenology and logical reasoning in introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 50(1), 13-20. <https://doi.org/10.1119/1.13012>
- (6) Hewitt, P. G. (1983). Millikan Lecture 1982: The missing essential - a conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics*, 51(4), 305-311. <https://doi.org/10.1119/1.13258>
- (7) Janßen, W., & Pospiech, G. (2015). Versprachlichung von Formeln. Die Bedeutung von Formeln und ihre Vermittlung. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/608>
- (8) Kuske-Janßen, W. H. (2020). *Sprachlicher Umgang mit Formeln von LehrerInnen im Physikunterricht am Beispiel des elektrischen Widerstandes in Klassenstufe 8*. Logos.

Sources

- (9) Leisen, J. (2005). Muss ich jetzt auch noch Sprache unterrichten? Sprache und Physikunterricht. *Unterricht Physik*, 16(87), 4-9.
- (10) Geyer, M.-A., & Kuske-Janßen, W. (2019). Mathematical Representations in Physics Lessons. In G. Pospiech, M. Michelini, & B.-S. Eylon (Eds.), *Mathematics in Physics Education* (pp. 75-102). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04627-9_4
- (11) Konicek-Moran, R., & Keeley, P. (2015). *Teaching for Conceptual Understanding in Science*. NSTA Press.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&AN=1538557>
- (12) Michaels, S., Shouse, A. W., & Schweingruber, H. A. (2008). *Ready, Set, Science!: Putting Research to Work in K-8 Science Classrooms*. The National Academies Press. <https://doi.org/doi:10.17226/11882>
- (13) Ein Überblick über die für dieses Unterrichtskonzept verfügbaren Materialien ist online verfügbar unter <https://www.thomas-wilhelm.net/2dd.htm>
- (14) Janßen, W., & Pospiech, G. (2016). Formeln physikalisch interpretieren und verstehen. Methoden und Anregungen für den Unterricht. *Unterricht Physik*, 27(153/154), 51-55.
- (15) Hofer, E., & Lembens, A. (2021). Forschendes Lernen. Eine Einführung. *Plus Lucis*, 2021(1), 4-7.
- (16) Haagen-Schützenhöfer, C., & Obczovsky, M. (2023). Die Sender-Empfänger Optikkonzeption. Sekundarstufe 1. Sender-Empfänger Optikkonzeption – Druckversion – edu-sharing (uni-graz.at)
- (17) Ein Überblick über die für dieses Unterrichtskonzept verfügbaren Materialien ist online verfügbar unter <https://www.einfache-ehlehre.de/epo-eko.php>
- (18) BMBWF. (2023). Kommentar zum Fachlehrplan Physik (Mittelschule/AHS-Unterstufe). <https://www.paedagogikpaket.at/massnahmen/lehrplaene-neu/materialien-zu-den-unterrichtsgegenst%C3%A4nden.html>