



Uniwersytet
Wrocławski



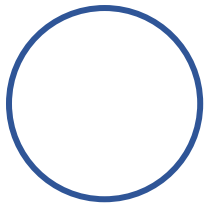
UCZELNIA
BADAWCZA
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI

How LLM Could Be Used for Generating Text to Facilitate Multimedia-Based Physics Assessment?

Tomasz Greczyło

Tomasz Piekot

University of Wrocław



Physics Books, Workbooks and Multibooks



Sprawdź się!

- Oceń prawdziwość poniższych zdań. Wybierz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

1. Pomiar temperatury ciała to czynność, podczas której termometr (dotykowy) powinien osiągnąć taką samą temperaturę jak ciało.	P	F
2. Ciała o temperaturze 36,6 °C oraz 97,9 °F nie są w równowadze termicznej.	P	F
3. Jeżeli temperatura wody wzrosła o 20 °C, to ogrzano ją o 20 K.	P	F
4. W skali Kelvina nie ma ujemnych temperatur.	P	F
- Poszukaj informacji o temperaturach, w których zmienia się stan skupienia innych substancji niż woda. Skorzystaj z wyszukiwanych informacji i zaproponuj swoją własną skalę temperatur. Jakią temperaturę miałoby Twoje ciało w tej skali?
- Podczas zimowego słonecznego dnia termometry wskazywały 5 °C, a w nocy temperatura spadła do -13 °C. Oblicz, o ile zmieniła się temperatura powietrza w ciągu doby. Wynik podaj w skali Celsjusza oraz w skali Kelvina.
- W miejscowości Ojmiakon (wschodnia Syberia) zanotowano największe roczne zmiany temperatury na powierzchni Ziemi. Różnica pomiędzy najwyższą a najniższą temperaturą była tam równa 104 K. Najniższa temperatura zmierzona w tej miejscowości wynosiła -71 °C. Oblicz najwyższą temperaturę zmierzoną w miejscowości Ojmiakon. Wynik podaj w stopniach Celsjusza.
- Na wykresie przedstawiono zmiany temperatury powietrza w Kartuzach pewnego dnia.

Temperatura (°C)	2:00	4:00	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
10 °C											
8 °C											
6 °C											
4 °C											
2 °C											
0 °C											
-2 °C											
-4 °C											

Na podstawie tego wykresu podaj:

 - najniższą oraz najwyższą temperaturę w ciągu doby;
 - przedziały czasu, w których temperatura rosła;
 - przedziały czasu, w których temperatura była stała.

32. Energia wewnętrzna

► Czym jest energia wewnętrzna i jak ją zmienił?
► Co to jest ciepło?

Zadanie interaktywne

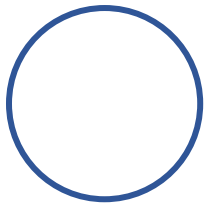
Energia wewnętrzna ciała to suma energii kinetycznej i energii potencjalnej wszystkich cząsteczek, z których zbudowane jest to ciało.

Gdy zmieniają się energie cząsteczek tworzących ciało, zmienia się jego energia wewnętrzna. Można to rozpoznać po zmianie jego temperatury lub stanu skupienia.

Podczas kontaktu ciała cieplejszego z zimniejszym następuje między nimi wymiana energii: ciało o wyższej temperaturze przekazuje część swojej energii wewnętrznej ciału o niższej temperaturze. Proces ten nazywamy przepływem energii w postaci ciepła. Ciepło przepływa od ciała o wyższej temperaturze do ciała o niższej temperaturze (ryc. 32.1), a cały proces trwa aż do chwili, gdy temperatury obu ciał się wyrównają. Ciepło mierzymy w dżulach (J) i oznaczamy symbolem Q.

Ryc. 32.1. Ciepło przepływa od gorącej kawy do zamrożonych lodów.

244 VI. ZAWISKA CIEPLNE **245**



Multibook – source of multimedia

animated graphics playing a role of introduction movie

pictures to zoom consisting of additional information

35. Energia podczas zmian stanu skupienia

► Co dzieje się z substancją, gdy dostarczymy do niej energię?
► Ile energii potrzeba, żeby zmienić stan skupienia ciała?

BERT: A SKĄD WODA WIE, CZY MA ZAMARZAĆ, ALBO LÓD – CZY SIĘ TOPIĆ, SKORO MAJĄ TAKĄ SAMĄ TEMPERATURĘ 0 °C?
 AHA, CZYLI LÓD SIĘ TOPI, GDY GO OGRZEWAMY, A WODA ZAMARZA, GDY JĄ OCHŁADZAMY.
 TO ZALEŻY OD TEGO, CZY DOSTARCZAMY ENERGIĘ, CZY JĄ ODBIERAMY.

Zmiana stanu skupienia substancji polega zatem na zmianie stopnia uporządkowania cząsteczek. Topnienie, wrzenie i sublimacja to procesy, w których zmniejsza się uporządkowanie cząsteczek substancji, a to wymaga dostarczenia energii. Z kolei w procesach krzepnięcia, skraplania i resublimacji uporządkowanie cząsteczek substancji się zwiększa, co wymaga odebrania energii z tej substancji.

Do stopienia 1 kg lodu o temperaturze 0 °C potrzeba 334 000 J energii. Tyle samo energii odda do otoczenia 1 kg wody podczas jej zamarzania w temperaturze 0 °C. Mówimy, że ciepło topnienia lodu wynosi 334 000 J/kg.

Ciepło topnienia L danej substancji wskazuje, ile energii potrzeba do zamiany 1 kg tej substancji z ciała stałego w ciecz w stałej temperaturze topnienia. Jednostką ciepła topnienia jest $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$.

Ciepło Q potrzebne do stopienia dowolnej masy m substancji w temperaturze topnienia można obliczyć ze wzoru:

$$Q = m \cdot L$$

Zobacz, jak to zrobić!

Podczas letnich wędrowek po Białych Skalach (Góry Stołowe) w wąskich i zacienionych miejscach między skalami można zobaczyć resztki zimowego śniegu. Aby wyjaśnić, jak jest to możliwe, obliczmy, ile energii potrzeba do stopienia 50 kg lodu (a także śniegu) o temperaturze 0 °C. Ciepło topnienia lodu jest równe 334 000 $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$.

Dane: $m_1 = 50 \text{ kg}$, $L = 334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$
Szukane: Q
Rozwiązanie:
 Ciepło potrzebne do stopienia lodu obliczamy ze wzoru:

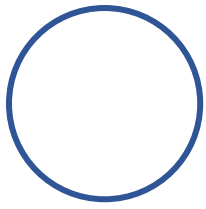
$$Q = L \cdot m_1 = 334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 50 \text{ kg} = 16\,700 \text{ kJ}$$

Odpowiedź: Aby stopić 50 kg lodu, potrzeba 16 700 kJ energii. Tak dużą energię śnieg musi pobrać z powietrza. W wąskich skalnych szczelinach ruch powietrza jest niewielki, a zatem wymiana ciepła z otoczeniem jest ograniczona – to dlatego śnieg pozostaje tam tak długo.

262 VI. ZJAWISKA CIEPLNE **263 35. Energia podczas zmian stanu skupienia**

traditional text, formulas and illustration

additional educational materials including various forms of tasks



Workbook

bundles of text-based tasks



••• 17.3. Skorzystaj z wyników obliczeń otrzymanych w zadaniu 17.2 i oceń prawdziwość poniższych zdań. Wybierz P, jeśli zdanie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.


1.	Największy wpływ na niepewność pomiaru ciepła właściwego monet ma niepewność pomiaru zmiany temperatury gorącej wody po wrzuceniu do niej monet.	P	F
2.	Dokładność pomiaru ciepła właściwego monet można zwiększyć, jeżeli zmniejszy się liczbę monet wrzuconych do wody.	P	F
3.	Niepewność pomiarowa ciepła właściwego wzrośnie, jeśli użyjemy termometru wskazującego temperaturę z dokładnością do 0,01 °C.	P	F
4.	Niepewność pomiarową można zmniejszyć dzięki obniżeniu temperatury początkowej monet, na przykład przez wrzucenie ich do wody z lodem.	P	F

••• 17.4. Samodzielnie wykonaj analogiczne doświadczenie i wyznacz ciepło właściwe materiału, z którego wykonane są monety 5-groszowe. Wiadomo, że masa jednej takiej monety jest równa 2,59 g. Podczas planowania pomiarów zastanów się nad sposobami zwiększenia ich dokładności.

34. Stany skupienia a temperatura

W Informacje do zadań 18.1–18.3

Destylator
Destylator solarny to urządzenie do odsalania wody. Składa się z nadmuchiwanego przezroczystego stożka, umocowanego na podobnej do koła ratunkowego komorze wypornościowej pokrytej od środka czarnym gumowanym płótnem. Odsalacz działa na zasadzie destylacji: woda morską znajdująca się na czarnym płótnie, pod słońcem, ogrzewa się w promieniach słońca, paruje, a potem skrapla się po wewnętrznej stronie stożka. Następnie, już odsolona, ścieka w dół, zbierając się w rowku na obwodzie, skąd spływa do worka. Szalupa była zaopatrzona w dwa nacieki takich odsalaczy.



Fragment książki: Yann Martel, Życie Pi, Albatros A. Kuryłowicz, Warszawa 2013, s. 223–224


• 18.1. Wybierz właściwe dokończenie zdania.
Parowanie najlepiej nazwać
A. oddziaływaniem. B. ruchem. C. stanem. D. zjawiskiem.

14 VI. ZJAWISKA CIEPLNE

• 18.2. Uzupełnij zdanie. Wybierz właściwe stwierdzenie spośród wariantów A–C oraz jego poprawne dokończenie spośród wariantów 1–3.
Skraplanie jest

A. zjawiskiem,	podczas którego następuje zmiana stanu skupienia	1. z ciekłego na stały,
B. stanem,		2. z gazowego na ciekły,
C. oddziaływaniem,		3. ze stałego na gazowy.

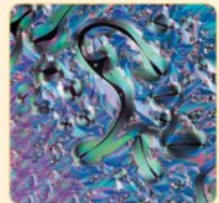
•• 18.3. Zaznacz na szkicu przedstawiającym przekrój destylatora opisanego w tekście elementy: 1. miejsce z wodą słoną, 2. nadmuchiwany przezroczysty stożek, 3. komora wypornościowa, 4. rowek ze słodką wodą, 5. worek na słodką wodę. Na swoim rysunku zaznacz strzałkami dwa zachodzące procesy: A. parowania, B. skraplania.



W Informacje do zadań 19.1–19.4

Ciekły kryształ
[...] Słyszymy, że znajomy albo sąsiad kupił telewizor ciekłokrystaliczny. Wcześniej mówilo się o ekranach, kalkulatorach czy zegarkach z wyświetlaczami ciekłokrystalicznymi. [...]

W szkole uczymy się, że istnieją trzy stany skupienia: stały, ciekły i gazowy. Gdy podwyższamy temperaturę kryształu, wówczas w pewnej określonej temperaturze może nastąpić przejście do stanu ciekłego. Mówimy wtedy, że nastąpiło przejście fazowe zwane topnieniem. Gdy dalej będziemy zwiększać temperaturę, może nastąpić kolejna przemiana fazowa (zwana parowaniem) i nasza substancja przejdzie ze stanu (fazy) ciekłego do stanu gazowego.



Obraz ciekłego kryształu w mikroskopie polaryzacyjnym

Zastanówmy się, co się dzieje z punktu widzenia molekuli¹ w trakcie topnienia. W fazie stałej molekuly znajdują się w ustalonych miejscach, ich środki ciężkości są uporządkowane (tworzą sieć krystaliczną), a cząsteczki nie mogą się obracać (czyli nie mają swobody rotacji). Natomiast w cieczy molekuly mogą:
• przesuwać się względem siebie, ich środki ciężkości nie są uporządkowane,
• obracać się wokół dowolnej osi. [...]

15

various forms of tasks: calculation, true-false, with a gap, single and multiple choice, experimental



literary texts, prose, reportage, poems



Base text (3) – about honey

Dave Goulson, Sting in the Tale: My Adventures with Bumblebees, Vintage Publishing, 2014



The Sunday Times bestseller



A Sting in the Tale Dave Goulson



My Adventures with Bumblebees



VINTAGE

Miód

Ule to stworzone przez człowieka gniazda dla pszczoł. Zazwyczaj w jednym ulu żyje ponad 50 000 pszczoł robotnic, a jedną pasiekę tworzy średnio 20 uli. Jedno pszczele gniazdo zbiera w ciągu roku około 60 kg pyłku i 150 kg nektaru. Pod wpływem enzymów i kwasu mrówkowego sacharoza zawarta w nektarze przekształcana jest w przewodzie pokarmowym pszczoły w glukozę i fruktozę, stanowiące główne składniki miodu. W dużych skupiskach uli pszczoły wytwarzają w jednym sezonie do 22 500 kg miodu na kilometr kwadratowy.

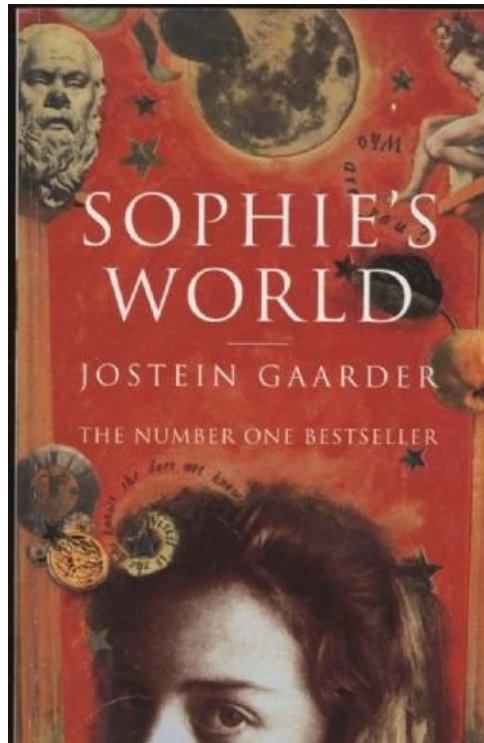
W Nowej Zelandii – słynącej z cennych miodów – produkcja miodu wynosi rocznie 8000 t z zaledwie 227 000 uli. Jest to możliwe dzięki temu, że pszczoły pokarmu poszukują na łąkach, które w ciągu roku kwitną wielokrotnie.



Na podstawie książki: Dave Goulson, *Żądła rządzą. Moje przygody z trzmielami*, Marginesy, Warszawa 2017, s. 126

Base text (8) – about the universe

Jostein Gaarder, *Sophie's World*,
Weidenfeld & Nicolson History, 1996



Wszechświat

Hilda usadowiła się wygodnie na huśtawce, przytulona do ojca. [...]

– Jak daleko jest do Słońca?

– Nieco ponad osiem minut świetlnych. A więc promienie Słońca, które w ciepły czerwcowy dzień ogrzewają nam twarz, przez osiem minut wędrowały przez kosmos, zanim do nas dotarły.

– Mów dalej!

– Odległość z naszego globu do Plutona – najodleglejszej planety w naszym Układzie Słonecznym* – wynosi pięć godzin świetlnych. Kiedy jakiś astronom patrzy na Plutona przez teleskop, w rzeczywistości cofa się o pięć godzin w czasie. [...]

– Trudno to sobie wyobrazić, ale chyba naprawdę rozumiem, o czym mówisz.

– To świetnie, Hildo. Ale to dopiero początek. Nasze Słońce jest jedną z czterystu miliardów gwiazd w Galaktyce, którą nazywamy czasem *Układem Drogi Mlecznej*. Galaktyka ta wygląda jak wielki dysk, a w jednym z jego spiralnych ramion jest nasze Słońce. Kiedy w bezchmurną zimową noc popatrzymy na rozgwieżdżone niebo, ujrzymy szerokie pasmo Drogi Mlecznej – największe skupisko gwiazd i materii międzygwiazdnej leżące w płaszczyźnie równika Galaktyki.



Galaktyka spiralna Andromedy, do niej podobna jest nasza Droga Mleczna

Fragment książki: Jostein Gaarder, *Świat Zofii*, tłum. Iwona Zimnicka, Wydawnictwo Czarna Owca, Warszawa 2013, s. 544–545

Base text (32) – about colours

Colours

Here is violet – the shadow of trees walking on gravel,
violet uniting the love of red with sapphire's marvel.
– There, birch bark pink and green so cheerfully
bright,
and in her lively dress, blue circles of sky-light.
And within me – white, white, quietly the same –
for I carry the secret of all colors' flame.
– Oh, how I suffer in my whiteness so stark –
I long to be color – but who will split me into a
rainbow's arc?

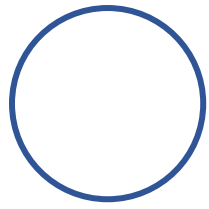


Barwy

Oto jest fiolet – drzewa cień idący żwirem,
fiolet łączący miłość czerwieni z szafirem. –
Tam brzóz różowa kora i zieleń wesola,
a w jej ruchliwej sukni nieb błękitne koła.
A we mnie biało, biało, cicho jednostajnie –
bo noszę w sobie wszystkich barw skupioną tajemię. –
O, jakże się w białości mojej bieli męcę –
chcę barwą być – a któż mnie rozbije na tęczę?

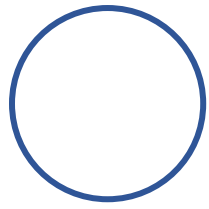
Maria Pawlikowska-Jasnorzewska, *Barwy*





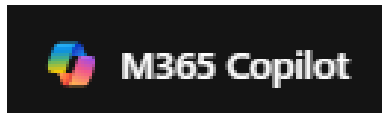
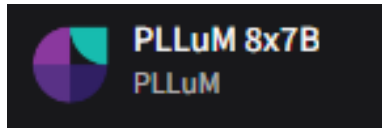
Collection of texts and research questions

- 33 texts from the two workbooks
- each text located in the certain physics classes context by the tasks that follows
- each associated with area of physics and physical concept
- How do Large Language Models recognize physics concepts and evaluate a text's suitability for use in physics education?
- Can these models generate content that effectively facilitates the teaching and learning of physics?

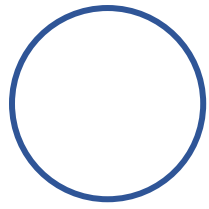


Provocative and naive question first

- Good morning, I'd like to ask you about your opinion on the use of literary texts in teaching physics. What are your thoughts?



- While there are some benefits to using literary texts in teaching physics, it is important to do so carefully and thoughtfully, ensuring the accuracy of the information and the attractiveness of the educational materials.
- Potential Challenges
 - Difficulty in maintaining a balance between scientific and literary approaches. Risk of oversimplification or misinterpretation of physical phenomena. Requires significant interdisciplinary competence from the teacher.
- It is important that this approach is well planned and balanced so as not to neglect the classical methods of teaching physics.



Prompting – minimal version (zero shot)

Your task is to analyze excerpts from literary texts in terms of their potential use in teaching physics in grades 7 and 8 of primary school. You will receive the texts for analysis, numbered, in a separate file.

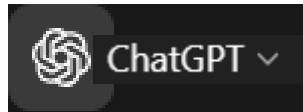
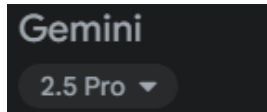
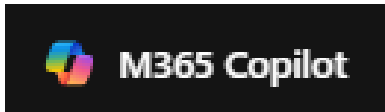
For each excerpt:

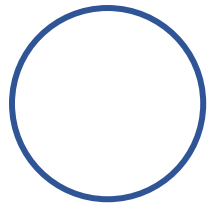
1. Indicate the area of physics in which it can be used, in accordance with the physics curriculum for primary school.

2. Identify one specific physics concept from that area that can be explained to students using the excerpt you analyzed.
3. Provide a brief scientific justification for your decision.
4. Record the result in a table: text number | area of physics | physics concept | justification.

If the excerpt is not suitable for teaching physics in primary school, enter the word "none" in the columns "area of physics," "physics concept," and "justification."

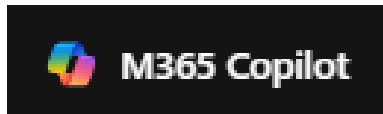
Provide only the table with results – without additional commentary.



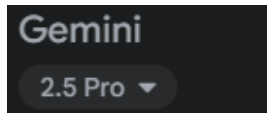


Selected analysis results

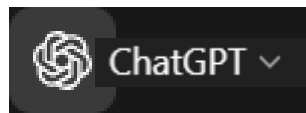
- None of the LLM classified all texts as suitable for educational use



25/33

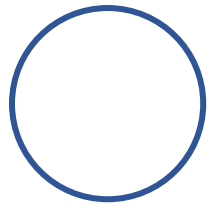


27/33



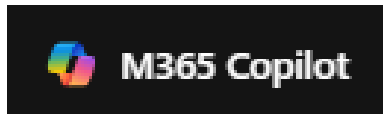
22/33

- Three texts - (2), (3), and (6) - were not identified by any of the LLMs as suitable for educational use.
- Seventeen texts - (5), (7), (8), (10)-(13), (15), (19)–(23), (25), (30)-(32) - were consistently judged by all LLMs as suitable for educational use.
- Three texts were categorized as belonging to the original workbook's area of physics: (7) hydrodynamics, (19) and (22) mechanics – waves.
- None of the texts were identically categorized in both the area of physics and physics concepts.

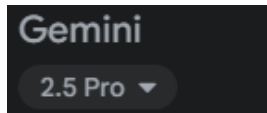


Selected analysis results

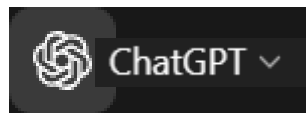
- Some LLM favoraized certain physiccs areas



18/25 mechanics



4/27 termodynamics,
waves, optics



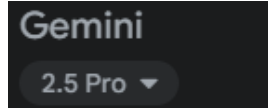
10/22 mechanics

- Many justification were meaningless or repeated in unchanged form for numbers of texts:
The fragment refers to the phenomena of motion and interaction that can be explained through the concept of force.
- Text (32), which purely refers to optics, was incorrectly classified as related to mechanics due to the presence of motion associated vocabluary.

Selected analysis results (12)

Area of physics: Thermodynamics / Work, power, Energy; **Physics concepts:** Energy and its units

Justification: The fragment uses the concept of a calorie as a unit of energy contained in food and needed for life, which allows the concept of energy to be placed in a practical context.



Choose the correct completion of the sentence.

The daily energy requirement of a human determines:

- A.** the mass of food that must be provided to the body in one day to maintain its proper functioning.
- B.** the amount of energy that must be provided to the body in one day to maintain its proper functioning.
- C.** the time it takes for the body to consume a unit of energy supplied through food.

Na Marsie



Kadr z filmu *Marsjanin*



Zdjęcie powierzchni Marsa

Moją największą szansą na uzyskanie kalorii są ziemniaki. Rosną plennie i mają całkiem dobrą kaloryczność (770 kilokalorii na kilogram). Jestem prawie pewien, że te, które mam, puszcza pędy. Sęk w tym, że nie mogę ich wyhodować wystarczająco dużo. Na sześćdziesięciu dwóch metrach kwadratowych mógłbym pewnie wyhodować ze sto pięćdziesiąt kilogramów w ciągu czterystu dni (czas, który mam, zanim mi się skończy jedzenie). To daje razem 115 500 kilokalorii. Odnawialny zapas 288 kilokalorii na dzień. Uwzględniając mój wzrost i masę, skłonność do lekkiego głodowania, potrzebuję 1500 kilokalorii na dzień. Nie da rady.

Tak więc nie mogę wiecznie żyć z ziemi. Ale mogę wydłużyć moje życie. Ziemniaki dadzą mi dodatkowe siedemdziesiąt sześć dni.

Fragment książki: Andy Weir, *Marsjanin*, tłum. Marcin Ring, Wydawnictwo Akurat, Warszawa 2016, s. 24

© 2011, 2014 by Andy Weir. Used by permission of Crown Books, an imprint of the Crown Publishing Group, a division of Penguin Random House LLC. All rights reserved.

Conclusions

GENERAL OBSERVATIONS

The text evaluation by large language models (LLMs) proved to be challenging, and the results obtained were generally neither clear nor reliable.

The tasks are considered as even more challenging than traditional physics exercises.

The use of literature texts in physics teaching can develop linguistic and critical thinking skills.

This formula for the task base incorporates the cultural and historical context.

Further plans

NEXT TO DO

Repeat queries with other LLMs.

Conduct prompt research in the normal version, the so-called few-shot with structure, and compare the results.

Investigate how LLMs approach solving exercises that follow the original texts.

Train the selected LLM to generate literature-style texts for educational purposes in specific areas of physics and on defined phenomena. Then, generate a variety of related exercises.

Thank you!