МЕТОДИКА НА ПРЕПОДАВАНЕ НА ПРОСТИ ТРЕПТЯЩИ СИСТЕМИ ПО ФИЗИКА В СРЕДНОТО УЧИЛИЩЕ

Христина Георгиева Петрова
Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“, Пловдив

METHODS FOR TEACHING SIMPLE OSCILLATIMG SYSTEMS IN PHYSICS IN SECONDARY SCHOOL

Hristina Georgieva Petrova
Paisiy Hilendarski University of Plovdiv, Plovdiv

Abstract: Harmonic oscillation is one of the most common mechanical motions. The simplest mechanical systems undergoing harmonic oscillations are the spring pendulum and the mathematical pendulum. They are a subject of study in ninth-grade physics. This article presents ideas for investigating these simple oscillating systems in Physics education. A physics educational experiment and a graphical method are utilized, serving as powerful visual methods. As a result, students develop knowledge regarding both spring and mathematical pendulums, as well as the fundamental quantities that characterize them- period and frequency. The formula for the period of a spring pendulum is derived experimentally. Through demonstration experiments, students are shown that the period of a mathematical pendulum depends on the length of the string and the acceleration due to gravity. The physics teacher can employ computer simulations and animations. These didactic tools increase students' motivation and interest in the subject of physics. The consolidation of knowledge is achieved through solving graphical problems. This process simultaneously forms and develops the students' graphical skills. The proposed approach offers an opportunity to form durable and profound knowledge of simple oscillating systems, as well as to develop students' graphical skills. Consequently, it enhances the effectiveness of the teacher's work and the quality of physics education.

Keywords: mathematical pendulum, methods, spring pendulum, Physics, secondary school

Увод

В природата и в техниката се срещат голям брой повтарящи се процеси, в основата на които стоят различни видове трептения и вълни. Простите трептящи системи пружинно махало и математично махало са обект на изучаване по физика в девети клас. Основната дидактическа цел на урока е да се направи качествено и количествено описание на хармоничното трептене на пружинно махало и на математично махало.

Предложена е методика за преподаване на прости трептящи системи. Акцентира се на прилагането на класически и съвременни методи и средства като физичен учебен експеримент, графичен метод, образователни компютърни симулации и анимации.

Физичният учебен експеримент е основата на преподаването на физика в средното училище. Той изпълнява важна роля при формиране на знания за физични обекти, физични явления и физични закономерности. Активизира познавателната дейност на учениците, развива мисленето, формира умения и навици за самостоятелна работа. Обучението по физика е много ефективно, когато словесното изложение на учителя се съчетава с физичен учебен физични експеримент [1, 2, 3].

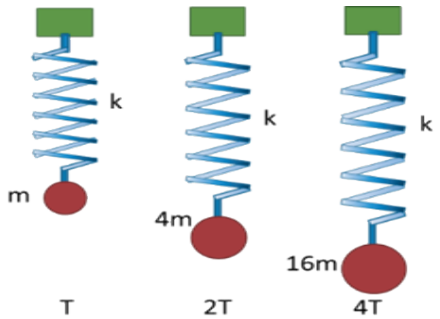
В последно време вниманието на много изследователи е насочено към възможностите на графичния метод в обучението по физика [4, 5, 6, 7, 8]. Графичният метод има много преимущества: обективност, универсалност, нагледност, достъпност, бързо и лесно се разграничават познавателни структури, стимулира се зрителната памет, развива се наблюдателността.

Образователните компютърни симулации позволяват да се фокусира вниманието на учениците върху най-важните характеристики на разглежданите обекти и явления [9, 10]. Те са особено полезни при разкриване на причинно-следствени връзки между физични величини. Дават възможност за надграждане на знанията на учениците, провокират мисловната им дейност и насърчават продуктивни съвместни дейности.

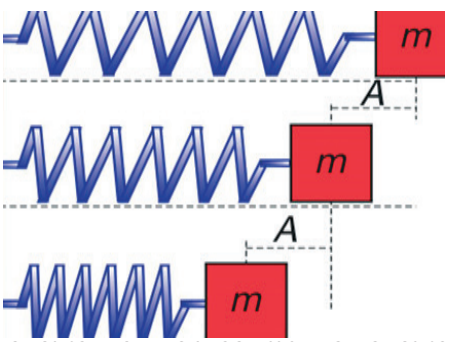
Методика на преподаване на механични прости трептящи системи

Учителят въвежда понятието проста механична система като система, съставена от две тела, които взаимодействат помежду си. След това насочва вниманието на учениците към пружинно махало като вид

проста механична система. Дава определение за пружинно махало – пружина, чийто един край е неподвижен, а в другия й край е окачена теглилка с определена маса. Представя пружинното махало с помощта на графични илюстрации (фиг. 1а, фиг. 1б).



Фигура 1а. Вертикално положение и хоризонтално положение на пружинно махало



Фигура 1б. Вертикално положение и хоризонтално положение на пружинно махало

Учителят извършва следния опит – закачва последователно на една и съща пружина теглилки с различна маса и отчита времето за 15 трептения. Резултатите от опита се представят в табличен вид (таблица 1).

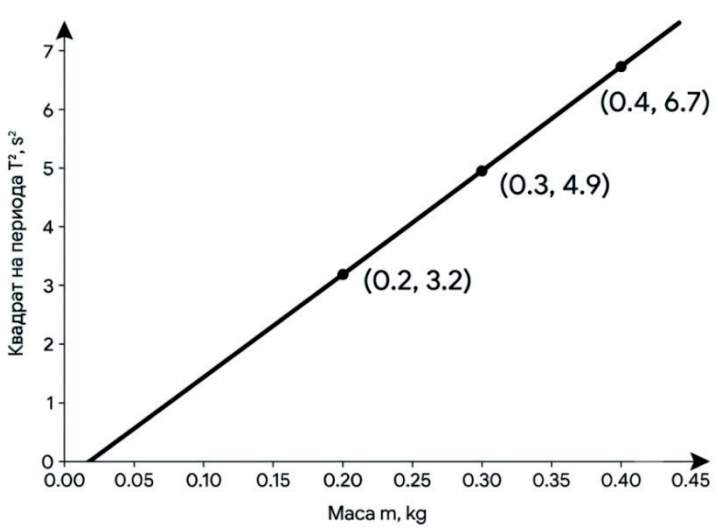
Таблица 1. Резултати от опити с пружинно махало с различна маса на теглилката

m , kg	*n*, брой трептения	*t*, s	*T*, s	T^2, s^2
0,2	15	27	1,8	3,2
0,3	15	33	2,2	4,9
0,4	15	39	2,6	6,7

Анализират се данните от таблицата и се установява, че квадратът на периода на пружинното махало е правопропорционален на масата на теглилката $T^2 \sim m$. От зависимостта $T^2 \sim m$ следва, че $T \sim \sqrt{m}$.

Учителят поставя задача на учениците да построят графиката на зависимостта $T^2 = f(m)$.

Учениците построяват графиката, като спазват алгоритъма за построяване на графика (фиг. 3). След това се прави анализ на графиката. Тъй като зависимостта е линейна, графиката е права линия.



Фигура 3. Графично представяне на зависимостта на квадрата на периода от масата

Правят се и друга серия опити, при които на различни пружини (с различен коефициент на еластичност) се закачва една и съща теглилка. Определя се периода и резултатите се представят таблично (табл. 2). Установява се, че периодът на махалото зависи от коефициента на еластичност на пружината *k*.

Таблица 2. Резултати от опити с пружинно махало с различни пружини

m , kg	*n*, брой трептения	*t*, s	*T*, s	T^2 , s^2	*k,* N/m
0,5	10	15	1,5	2,25	8,8
0,5	10	5	0,5	0,25	79
0,5	10	3	0,3	0,09	219

Учениците анализират табличните данни и правят извода, че колкото по- мека е пружината (по-малка стойност на коефициента на еластичност к), толкова по-бавно се люлее махалото (по-голям е периодът Т). Обобщава се, че квадратът на периода Т на пружинното махало е обратнопропорционален на коефициента на еластичност *k* на пружината:

$T^2 \sim \frac{1}{к}$ (1) или $T \sim \frac{1}{\sqrt{к}}$ (2)

По такъв начин се извежда формулата за периода на пружинно махало:

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ (3), където

Т – период на пружинното махало

m – маса на теглилката

к – коефициент на еластичност на пружината

След извода на формула (3) учителят може да постави задача на учениците да изчислят коефициента на еластичност за всяка пружина. В резултат на изчисления на к се получават стойностите, нанесени в последната колона на таблицата.

Учениците се запознават и с втория вид проста трептяща механична система – математично махало. Дава се определение за математично махало като система от тънка неразтеглива нишка и топче, чийто радиус е много по-малък от дължината на нишката. Математичното махало се представя с помощта на графичната илюстрация на фиг. 4.

Фигура 4. Математично махало

Учителят обръща внимание на учениците, че след като математично махало се отклони на малък ъгъл (по-малък от) и се освободи, то извършва хармонично трептене с определен период и честота. Подчертава, че както при пружинно махало и периодът на математично махало не зависи от амплитудата на трептене.

Следващият акцент в урока е извод на формулата за период на математичното махало.

За целта може да се използва експерименталния метод. Прави се демонстрационен опит с две математични махала с еднакви дължини, но с различни маси. Например, стоманено и дървено топче, закачени на нишки с еднакви дължини. Когато стартират заедно с малки амплитуди, те се люлеят в синхрон с еднакъв период. Прави се извода, че периодът на трептене не зависи от масата на тялото.

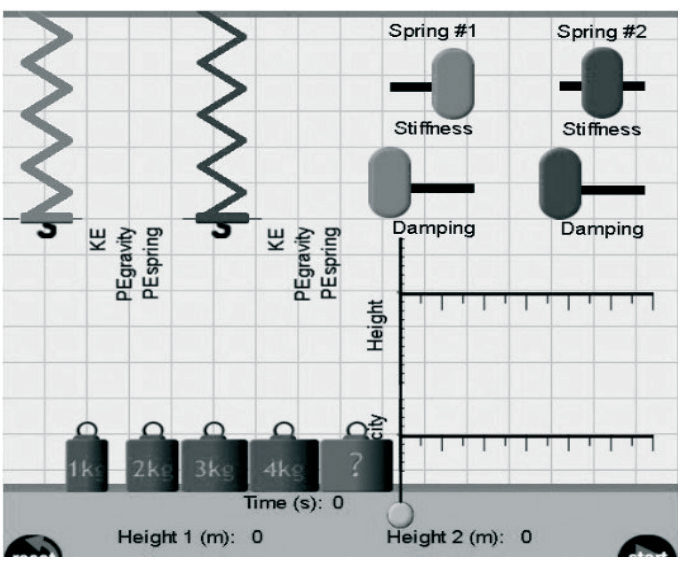
Следващият опит е с математично махало, под което се поставя електромагнит. Когато магнитът се включи, той притегля желязното топче и го кара да се люлее по-бързо. Следователно периодът на треп-

тене намалява. Прави се извода, че периодът зависи обратно пропорционално от земното ускорение.

Прави се опит и с две махала с различни дължини по метода на сравнението. Едното махало е с дължина на нишката ℓ, а другото е с дължина на нишката 4ℓ. Докато махалото с дължина ℓ извършва едно пълно трептене, махалото с дължина 4ℓ извършва половин трептене, т.е. ако намалим дължината на нишката 4 пъти, периодът намалява 2 пъти. Прави се извода, че периодът на махалото зависи пропорционално от $\sqrt{\ell}$.

Тези зависимости се записват с формулата за периода на математично махало: $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$.

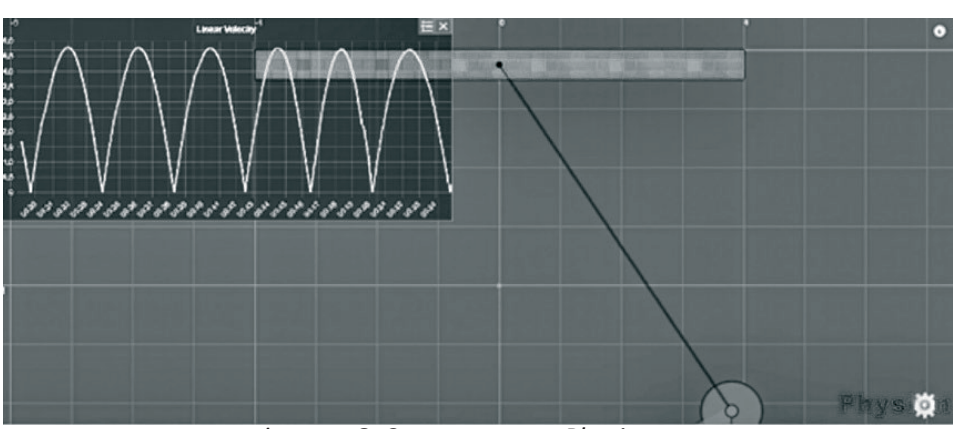
За изследване на зависимостта на периода на пружинно махало от масата на теглилката и от коефициента на еластичност *k* може да се използват и компютърни симулации.



Фигура 5. Симулация на physicsclassroom.com

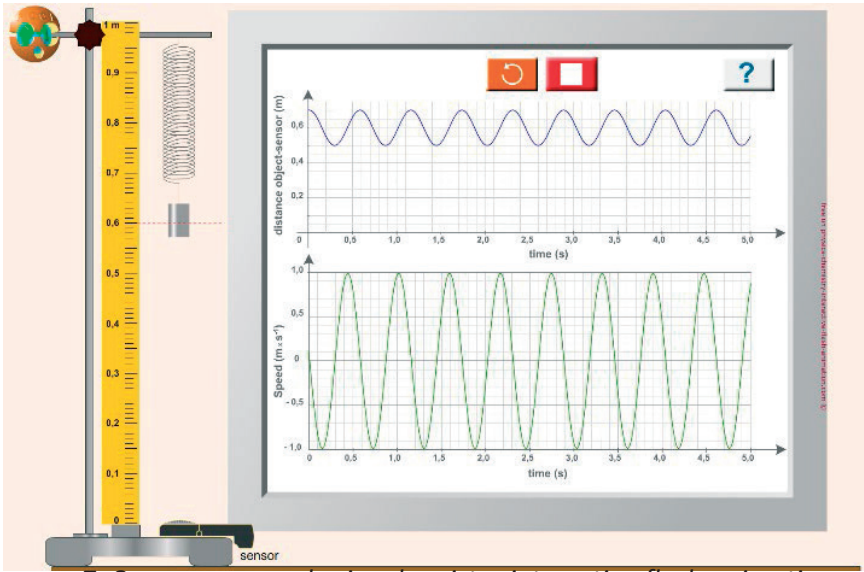
В симулацията на фиг. 5 се използват две пружини. Времето, височината и скоростта на системата се отчитат автоматично. Стойностите се актуализират в реално време. Има два контролера за всяка пружина – за нейната твърдост и за ефекта на затихване, чрез които се изследват зависимостта на периода на махалото от масата на теглилката и от коефициента на еластичност на пружината *k*.

Симулацията на фиг. 6 дава възможност за изследване на математично махало. Учениците могат да анализират периодичното движение на математично махало на основа графиката, която визуализира честотата на махалото. По абсцисната ос се нанася времето, а по ординатната ос линейната скорост на махалото.



Фигура 6. Симулация на Physion.net

Чрез интерактивна анимация (фиг. 7) може да се наблюдава връзката между периода *T* на пружинно махало и масата *m* на теглилката. Активират се трептенията на системата и при промяна на стойността на масата на пружината се визуализират графично отклонението от равновесното положение и скоростта на махалото.



Фигура 7. Симулация на physics-chemistry-interactive-flash-animation.com

В първата графика по абсцисната ос се отчита времето, а по ординатната ос разстоянието на теглилката до сензор, който се намира на нулевото равнище. При втората графика по абсцисната ос се отчита времето, а по ординатната ос скоростта на махалото.

Заключителни бележки

Предложената методика на преподаване на прости трептящи системи в девети клас съчетава преимуществата на класическите нагледни методи в обучението по физика- физичен учебен експеримент и графичен метод и съвременните дидактически средства- образователни компютърни симулации и анимации.

Според нас този подход може да съдейства за повишаване на ефективността и качеството на обучението по физика. В резултат се формират трайни, системни и задълбочени знания за физичните обекти и физичните явления, които се изучават и за физичните величини, които ги характеризират. Развиват се и се усъвършенстват графичните умения и експерименталните умения на учениците, които са ключови компетентности за обучението по физика в средното училище.

References:

1. Galanov, P. Tehnologiya na obuchenieto po fizika, Izd. Didaktakonsult, Sofiya, 1992
2. Ivanov, D. Razvitie i usavarshenstvane na eksperimentalniya metod na obuchenieto po fizika v srednoto uchilishte, UI “Paisiy Hilendarski”, Plovdiv, 2019
3. Feulner, J. Graphing with computers in Physics Lab, The Physics Teacher, vol. 29, issue 2, 1991, 126 - 127, https://doi.org/10.1119/1.2343242
4. Petrova, H. Developing students graphic skills in Physics education at secondary school, IOSR Journal of Research and Method in Education, vol. 6, issue 5, 2016, 123 - 126
5. Deacon C. The importance of graphs in undergraduate physics, The Physics Teacher vol. 37, 1999, 270 https://dx.doi.org/10.1119/1.880285
6. Woolnough, J. How can students learn to apply math knowledge to interpret graphs in physics? *Research in Science Education, vol. 30, issue* 3, 2000, 259–268
7. Moore J.C. et al Graphical Method for Determining Projectile Trajectory, The Physics Teacher, vol. 48, 2010, 612 https://dx.doi.org/10.1119/1.3517033
8. Ivanov, A. and Neacsu, A. Modern Teaching Methods in Physics with the Aid of Original Computer Codes and Graphical Representations. European Journal of Physics Education, vol. 2, 2011, 1 - 4
9. Krisnadi, D. et al. Computer Simulation Development for Simulation-Based Learning in High-School Physics. International Journal of Learning and Teaching vol. 9 (2), 2023, 136 - 142, DOI: 10.18178/ijlt.9.2.136-142
10. Sweet Angelikate Lura Villaruel , Physics Education Technology (PhET) Interactive Simulations in Learning Selected Topics in Physics among College Students , American Journal of Education and Technology, vol.4 (3), 2025,12 - 21, DOI: 10.54536/ajet.v4i3.4512