

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO PIAUÍ



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**PRODUTO EDUCACIONAL - ESTUDO DO PLANO INCLINADO:  
DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO  
INVESTIGATIVO NA PERSPECTIVA TEÓRICA DE DEWEY E APRENDIZAGEM  
BASEADA EM PROBLEMAS**

Teresina  
2019

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	3
2 SEQUENCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO (SEI).....	4
3 MONTAGEM DO PLANO INCLINADO .....	7
4 CONFIGURANDO O ARDUINO .....	11
5 UTILIZANDO O PLANO INCLINADO COM O ARDUINO.....	17
6 OS MOMENTOS DE APRENDIZAGEM .....	19
7 REFERÊNCIAS .....	48
APÊNDICE 1.....	49
APÊNDICE 2.....	50

## INTRODUÇÃO

O ensino de Física é visto por grande parte dos alunos como de difícil entendimento, principalmente por envolver muitas operações matemáticas. Estudantes reclamam constantemente das estratégias utilizadas por professores que ainda se valem de métodos tradicionalistas para entendimento de fenômenos Físicos, tornando as situações abordadas subjetivas, indo contra metodologias que mostram que é necessário dar um significado no instante da aquisição do conhecimento. Além disso, existe uma quantidade elevada de alunos bastante desmotivados, levando o professor a buscar métodos que possam seduzir o aluno para a efetiva formação intelectual do indivíduo.

Pela prática docente, o estudo da Física é considerado, por grande parte dos alunos, um tema difícil de assimilar a teoria com a prática. Isso pode ser explicado devido ao fato de atividades experimentais dessa área não serem constantemente aplicadas e difíceis de reproduzir principalmente da rede pública um dos fatores é a deficiência de laboratórios de Física, dificultando assim o aprendizado dos alunos. Uma possível explicação é o alto custo na montagem de um laboratório didático.

O presente trabalho foi desenvolvido como um mecanismo didático em forma de sequencia de ensino investigativo (SEI) com embasamento na teoria do pragmatismo de Jonh Dewey e no método da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP). Para isso, foi construído um aparato experimental baseado no plano inclinado de Galileu, utilizando o Arduino como ferramenta de verificação de dados coletando o tempo através de sensores IR. Os dados serão coletados, pelos próprios alunos e acondicionados em tabelas para posterior análise.

A seguir, será mostrado passo a passo da montagem do experimento, utilização e configuração do Arduino, aplicação do roteiro experimental e as aulas a serem ministradas pelo professor.

## 2 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO (SEI)

Para Carvalho a SEI pode ser definida como:

Sequências de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada uma das atividades é planejada, sob o ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciarem os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e tendo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores. (2016, p.09)

Podemos compreender esta SEI analisando o significado de cada etapa.

Analisando a Etapa 1, antes de iniciar os Momentos de Aprendizagem o professor usará as situações problema (SP) ou questões abertas, no total de duas, presentes no produto educacional como questionário inicial para observar os conhecimentos prévios dos alunos. Para Azevedo (2009) “chamamos de questões abertas aquelas em que procuramos propor para os alunos fatos relacionados ao seu dia-a-dia, cuja explicação estivesse ligada ao conceito discutido e construído nas aulas anteriores”. Segundo a autora esta etapa é de muita importância devido ao melhoramento da argumentação dos alunos e destaca também a importância do uso da linguagem científica, inicialmente em construção, mas nessa etapa ainda prevalece o senso comum ou conhecimento popular e a organização das atividades serão feitas em pequenos grupos de alunos.

Durante a Etapa 2, já de posse dos questionários das duas SP inicia-se o Momento de Aprendizagem com o assunto a ser abordado com base na análise dos questionários, dando ênfase onde há maior dificuldade reforçando a linguagem científica aumentando assim o conhecimento científico. Essa etapa consome várias aulas dependendo do planejamento do professor e o ritmo de absorção dos alunos.

Na etapa 3, Sugestão de Experimentação, o professor organizará o experimento dado como sugestão no final dos Momentos de Aprendizagem. Esse experimento, executado pelos alunos, permite sair do campo da teoria e entrar no campo da experimentação que neste contexto o mais importante é permitir aos alunos o tempo necessário para o levantamento de hipóteses e indica as devidas soluções para as SP apresentada. Segundo Carvalho (2014, p.45) as demonstrações investigativas “partem da apresentação de um problema relacionado ao fenômeno a ser estudado e propõem ao aluno uma reflexão acerca desse fenômeno, proporcionando um caráter investigativo a esta atividade”.

Na Etapa 4, Laboratório Aberto, complemento da Etapa 3 permitirá ao aluno um papel mais científico, pois, ao ser apresentado a SP, o aluno terá que pensar da mesma

forma que um cientista para solucionar o problema. A solução de uma questão, que no caso será respondida por uma experiência é a característica básica de um Laboratório Aberto. (AZEVEDO 2009, p.27).

Segundo Carvalho (2014) o Laboratório Aberto é uma investigação experimental onde se pretende que os alunos, organizados em grupos resolvam problemas.

Nesta etapa de Laboratório Aberto, sem roteiro definido, os alunos irão medir experimentalmente as grandezas tempo e através dela calcular os valores para cada momento de aprendizagem, que assim achar necessário. A previsão é que os alunos consigam fazer esta atividade por si só, mas com a intermediação do professor que aqui faz o papel de tutor.

Na etapa 5. Verificação do Conhecimento Adquirido, ocorrerá ao final da SEI com o objetivo de verificar se ainda há alguma dúvida por parte dos alunos. Verificado o professor poderá devolver as SP1 e 2 de cada momento de aprendizagem para novamente ser resolvida. Esta etapa terá dois momentos: 1- No primeiro os alunos terão um tempo para organizar uma discussão entre os grupos para poder socializar com toda a classe; 2- No segundo momento, o professor realizará um debate sobre todas as etapas realizadas e em seguida apresentará uma aula interativa explorando toda a situação-problema analisada nas etapas anteriores e solicitará aos alunos a resolução, individual. O professor poderá elaborar e executar uma lista de exercícios como atividade extra. A justificativa para isso se deve ao fato que estamos trabalhando com alunos do Ensino Médio que em breve farão o ENEM e/ou vestibulares. Vale salientar que a sistematização do conhecimento também é realizada ao final de cada etapa, no momento em que os alunos fazem as discussões em grupo.

Outro ponto importante é a avaliação da SEI, pois precisamos perceber se houve, e como aconteceu a construção do conhecimento. Segundo Pizarro (2015) em seu artigo os indicadores de alfabetização científica seriam três: 1- *Habilidade dos alunos*, diretamente ligadas a situações nas quais os alunos põem em jogo aquilo que conhecem, suas ideias prévias e também as adquiridas em sala de aula, *habilidades de leitura* para reconhecer a ciência em vários suportes e poder debater sobre o conceito adquirido, *habilidades de escrita* para que o aluno seja capaz de dar um tratamento científico oriundos de possíveis dados de experiências e atividades propostas pelo professor; 2- *Argumentação do aluno* favorecendo posicionamentos críticos, respeito a diversidade de opiniões, defesa de suas próprias ideias e ampliação delas a partir de debates tendo como referencia os conteúdos estudados em sala de aula; 3- *Implicações sociais* que o aprendizado em ciências do aluno

possa gerar, a ação em sociedade é um elemento indissociável e multiplicar esse aprendizado de maneira crítica valorizando os saberes adquiridos na escola e na sua vida cotidiana participando com coerência e consciência da vida em sociedade.

O quadro abaixo ajuda a sistematizar a aplicação da SEI em cada momento de aprendizagem.

**Quadro 1:** Sistematização da SEI.

ATIVIDADES PROPOSTAS	MOMENTOS	DURAÇÃO
Etapa 1: Resolução das situações problema (SP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leitura das SP's;</li> <li>- Debate da SP1;</li> <li>- Debate da SP2;</li> <li>- Verificação e avaliação das resoluções.</li> </ul>	2 aulas
Etapa 2: Início dos momentos de aprendizagem.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baseado nos resultados das SP1 e SP2;</li> <li>- Aula expositiva nos moldes tradicionais;</li> <li>- Resolução de exercícios.</li> </ul>	De 8 a 10 aulas (dependendo de cada momento e planejamento do professor)
Etapa 3: Sugestão de experimentação.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresentação da atividade experimental;</li> <li>- Debate em grupos para analisar e justificar os resultados encontrados;</li> <li>- Verificação dos resultados da experimentação e dos debates.</li> </ul>	4 aulas
Etapa 4: Laboratório aberto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Complemento da Etapa 3;</li> <li>- Solucionar o problema com base na experimentação;</li> <li>- Elaboração das estratégias para a resolução do problema;</li> </ul>	4 aulas
Etapa 5: Verificação do conhecimento adquirido	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Debates em grupo com mediação do professor – tutor para a resolução do problema;</li> <li>- Resolução das SP1 e SP2 de cada momento de aprendizagem;</li> <li>- Apresentação das soluções;</li> <li>- Aplicação de listas de exercícios;</li> <li>- Avaliação da atividade em sala.</li> </ul>	4 aulas

**Fonte:** O próprio autor.

A partir do resumo sobre a SEI podemos apresentar a sequência de ensino investigativo sobre Cinemática, Dinâmica e Energia.

### 3 MONTAGEM DO PLANO INCLINADO

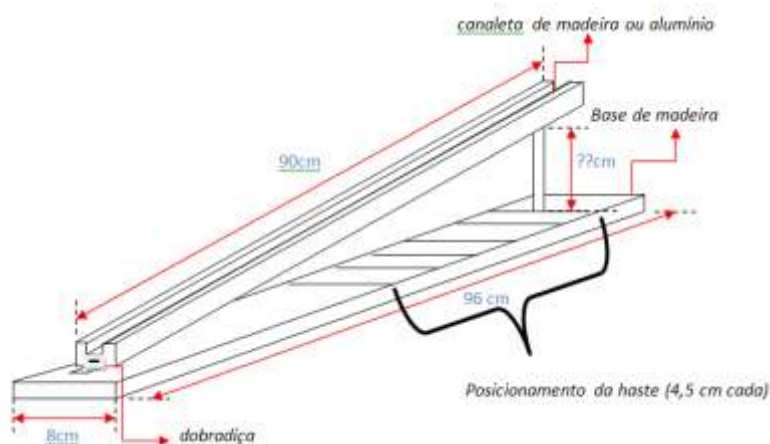
A seguir são apresentados materiais necessários para a construção do plano inclinado e do dispositivo de medição de tempo (cronometro) com arduino.

- Madeira
- Carrinho de brinquedo ou esfera lisa
- Astes de alumínio
- Arduino Uno
- Fios *jumpers* de cores diferentes;
- 1 Display LCD 16 x 2
- 2 Módulo sensor reflexivo IR LM393
- Potenciômetro regulável 10 $\Omega$
- 1 Protoboard

Para um melhor aproveitamento e para que não haja problemas, sugiro que o plano inclinado seja construído por um marceneiro seguindo o esquema da figura 1 cabendo ao professor apenas a fixação dos aparatos e suportes. Um detalhe muito importante é que a canaleta pode ser feita conforme a figura ou circular, dependendo do objeto que deslizará pela canaleta.

Feito de madeira, ele possui 90 cm de comprimento e é apoiado numa base de sustentação.

**Figura 1:** Ilustração do plano inclinado.

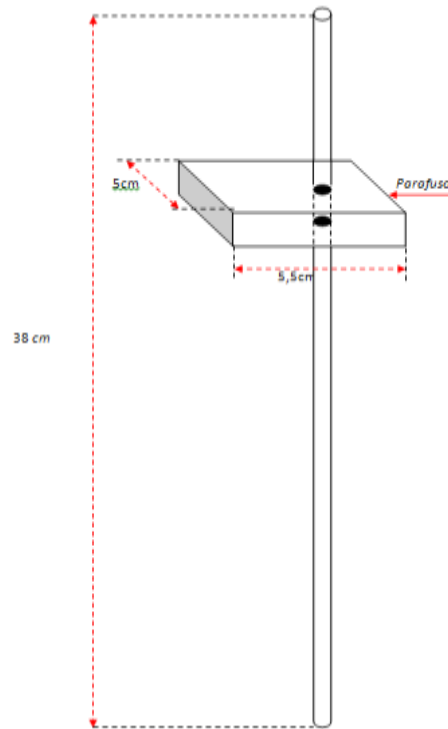


**Fonte:** O próprio autor.

Devido ao sistema de encaixe entre o plano inclinado e a base de sustentação, a altura que este fica posicionado na vertical é totalmente regulável com o auxílio de uma aste de alumínio (no caso usei uma haste retira de uma antena de TV) de 38 cm acoplado

com uma base de madeira de 5cm x 5,5cm ajustável, como mostra a figura 2, sendo que a sua altura inicia-se com dezoito centímetros de comprimento e pode ser aumentada em mais de 20 centímetros.

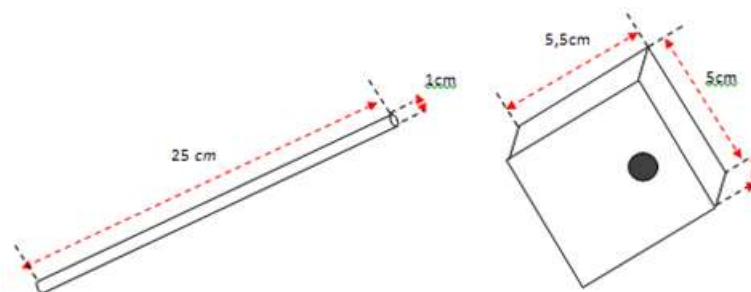
**Figura 2:** Haste de regulagem da altura e ângulo de inclinação.



**Fonte:** O próprio autor.

Em seguida eis os moldes de acoplamento para os sensores que obedecem as mesmas medições da base de madeira num total de três bases, sendo que uma delas deve ser totalmente vazada para que haja o deslizamento na haste de alumínio de 25 cm, como mostra a figura 3.

**Figura 3:** moldes de acoplamento para os sensores.

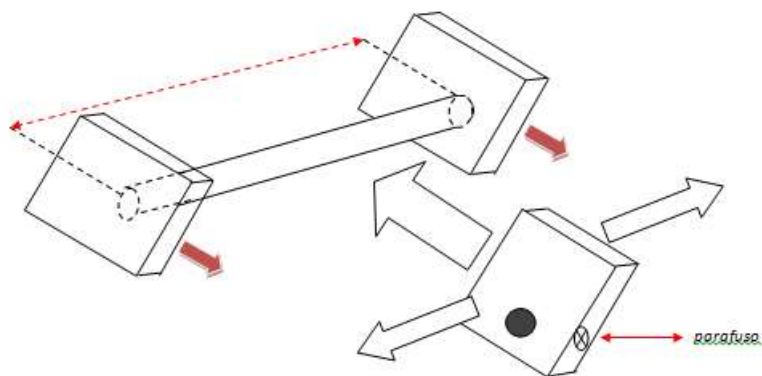


**Fonte:** O próprio autor.

O esquema de encaixe e deslizamento para variação da posição dos sensores esta representado na figura 4 abaixo.



Figura 4: Acoplamento e deslizamento para os sensores.



Fonte: O próprio autor.

Em seguida cole-as na canaleta do plano inclinado usando cola de madeira, cola instantânea ou fixe-as com parafusos, recomendo usar fita dupla face.

A seguir temos a figura 5, que apresenta registros fotográficos do plano inclinado em diversos ângulos.

A canaleta foi cavada nas dimensões suficientes para o rolamento de uma bola de gude ou um móvel estilo *Hot wheels* (é uma marca de carros de brinquedo americana da categoria *die-cast*, que engloba modelos em miniatura feitos de metal injetado). Escolhemos a bola de por ter uma superfície bastante lisa e polida e o móvel por ter apenas duas rodas onde a superfície de contato é mínima e se adapta perfeitamente a canaleta, sendo que ambos os tamanhos são possíveis de serem utilizados neste plano inclinado após testes realizados no mesmo. A figura 5 também mostra o móvel utilizado no experimento.

Figura 5: Plano inclinado montado.

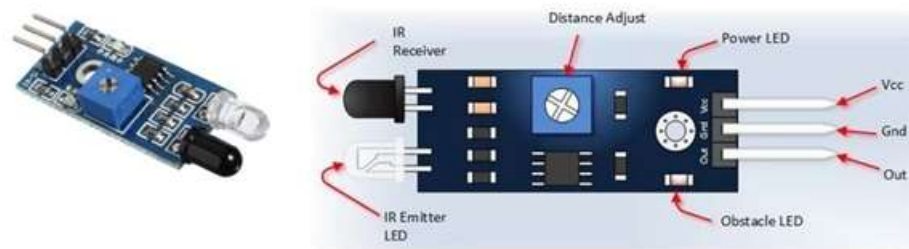


Fonte: O próprio autor.

O próximo passo seria então realizar o experimento no plano inclinado. O objetivo do experimento é medir os deslocamentos efetuados pelo carrinho e seu respectivo tempo de descida, tentando descobrir se o movimento no plano inclinado corresponde a um movimento uniformemente variado ou não e observar se uma aula teórica aliada a prática é capaz de produzir uma aprendizagem bastante significativa.

É necessário selecionar instrumentos para medição de distância e de tempo. Quanto ao instrumento de medição de tempo, que foi um dos problemas encontrados por Galileu e selecionamos 2 sensores reflexivos IR (*infra – red*), mostrados na figura 6 posicionados ao longo do plano inclinado interligados a plataforma de prototipagem Arduino® UNO .

**Figura 6:** Sensores IR.



**Fonte:** O próprio autor.

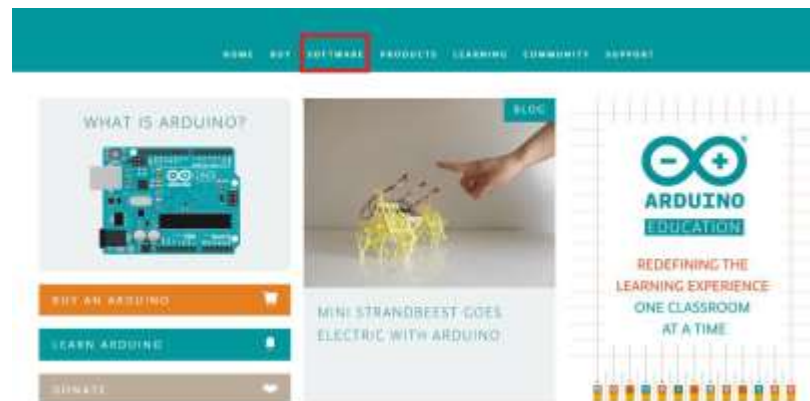
Utilizamos os sensores IR em dois *sketchs*, um como interruptores para ligar e desligar um cronometro programado na interface IDE do Arduino UNO, e outro para marcar o tempo de passagem por apenas um dele. Os *sketchs* dos códigos encontram-se no Apêndice 1 e 2 desse produto educacional.

#### 4 CONFIGURANDO O ARDUINO®

Para configurar o Arduino® é necessário baixar o programa IDE que faz a comunicação entre o PC e o Arduino® através da porta USB.

Para executar o download do ambiente de programação (IDE) do Arduino®, entre no site <https://www.arduino.cc/>, clique em “software” como apresentado na figura 7.

**Figura 7:** site arduino.cc



**Fonte:** O próprio autor.

Em seguida, faça o download de acordo com o sistema operacional do computador. Observe na figura 8.

**Figura 8:** Download do aplicativo arduino.

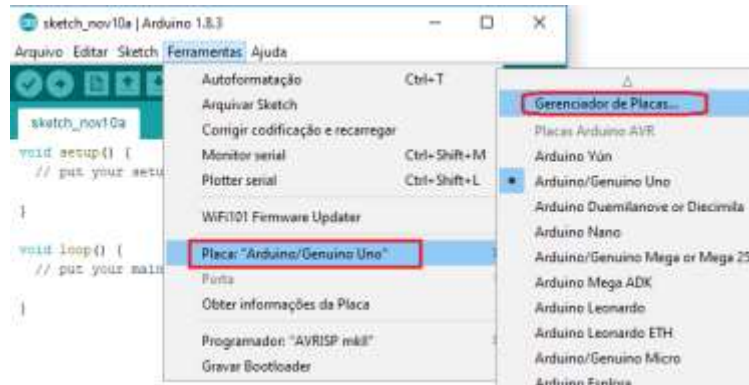


**Fonte:** O próprio autor.

Feito o download, instale o arquivo no seu computador. Você agora possui um ambiente de programação com linguagem baseada em C/C++, porém, o arduino não está reconhecido no IDE do Arduino. Siga os passos a seguir obedecendo a ordem de execução para a correta configuração:

1. Abra a IDE do Arduino®, siga em seguida os passos apresentado na figura 9.

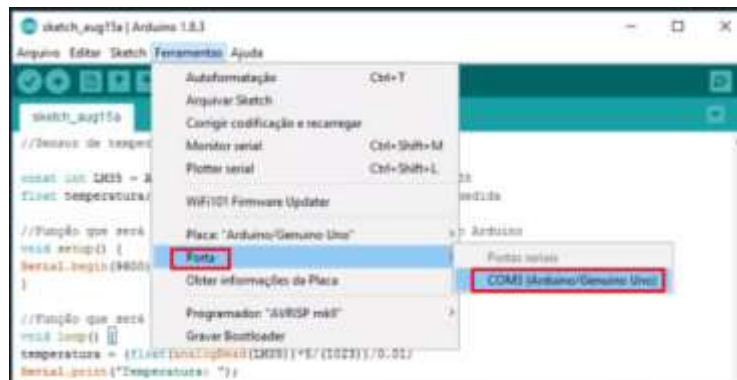
**Figura 9:** IDE do arduino.



**Fonte:** o próprio autor

2. Em seguida configure a porta como na figura 10.

**Figura 10:** Porta do arduino.



**Fonte:** O próprio autor.

Feito essas duas etapas o Arduino<sup>®</sup> já está pronto para ser usado, restando agora apenas carregar os *skatches*, no apêndice desse manual.

**Figura 11:** *Sketch* do programa “Radar Reflexivo”.

```

//Mestrado Profissional em Ensino de Física.
//Produto educacional para construção e desenvolvimento de experiência para medição de velocidade
//Referencia http://arduinoescola.blogspot.com.br/
#include <LiquidCrystal.h>
//pinos que serão ligados o LCD ao arduino
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

// saída do sensor reflexivo ( HIGH: sem objeto; LOW: detectado objeto)
bool PIR;
unsigned long tempo;
bool aContar = false;
void setup() {
  lcd.begin(16, 2); //LCD de 16 colunas, 2 linhas
  pinMode(13, INPUT); //Vout PIR
  pinMode(9, INPUT);
  analogWrite(6, 50); //definições de contraste do LCD
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Preparando...");
}
void loop() {
  if (digitalRead(13) == 0 && !aContar) {
    aContar = true;
    tempo = millis(); // tempo inicial da contagem em ms
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Medindo...");
  }
  if (digitalRead(9) == 0 && aContar) {
    aContar = false;
    unsigned long total = millis() - tempo; //tempo de duração do impulso LOW (ms)
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Tempo = ");
    lcd.print(total / 1000.0, 3); // tempo em segundos usando 3 casas decimais
    lcd.setCursor(13, 0);
    lcd.print("s");
    delay(10000);
    lcd.clear();
    lcd.print("Preparado...");
  }
}
}

```

Fonte: O próprio autor.

**Figura 12:** Skatch do programa “Cronômetro”.

```
#include <LiquidCrystal.h>
//pinos que serão ligados o LCD ao arduino
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
// saída do sensor reflexivo( HIGH: sem objeto; LOW: detectado objeto)
bool PIR;
unsigned long tempo;
bool aContar = false;

void setup()
{
  lcd.begin(16, 2); // put your setup code here, to run once:
  pinMode(6, OUTPUT);
  pinMode(9, INPUT);
  analogWrite(6,50); //definição de contraste do LCD
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("preparado...");
}

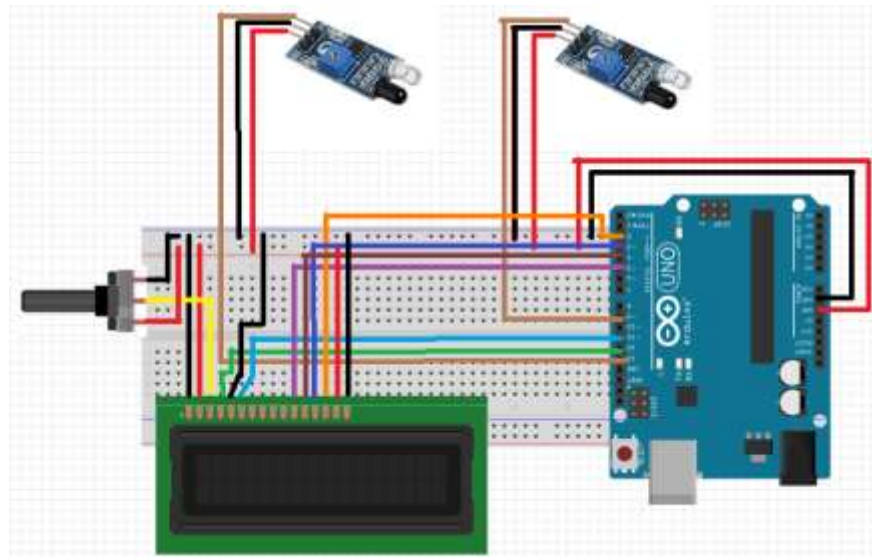
void loop() {
  if (digitalRead(9) == 0 && !aContar) {
    aContar = true;
    tempo = millis(); // tempo = millis(); tempo inicial da contagem ms
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("medindo..");
  }
  if (digitalRead(9) == 1 && aContar){
    aContar = false;
    unsigned long total = millis() - tempo;
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("tempo = ");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(total / 1000.0, 3);
    lcd.setCursor(8, 1);
    lcd.print("s");
  }
}
```

**Fonte:** O próprio autor.

Para a montagem da parte eletrônica do experimento segue abaixo descrito na figura 13 e 14 o esquema eletrônico das ligações.

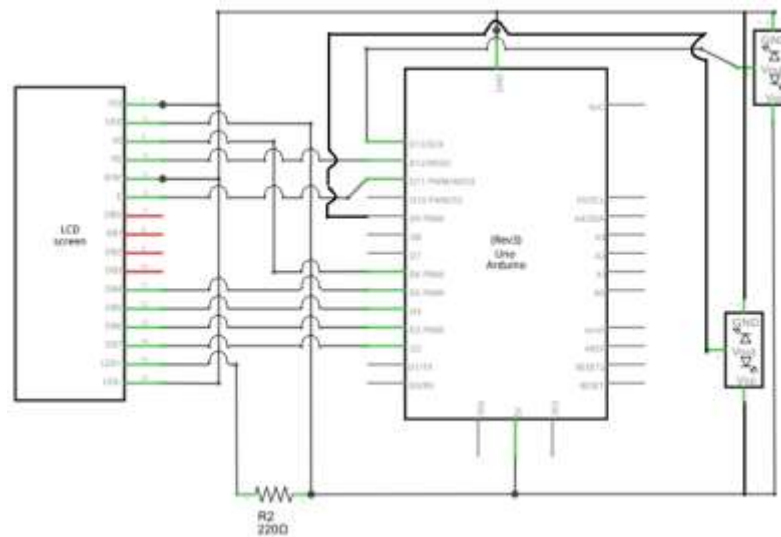
Vale salientar que o esquema de ligação abaixo serve para os dois *scracths*, não há necessidade de mudar os esquemas de ligação e sim só o funcionamento de um deles, no caso o segundo sensor que está ligado ao pino 9 do arduino, esse funcionará como um radar flexivo, marcado a passagem de tempo apenas por ele.

**Figura 13:** Esquema de montagem.



Fonte: O próprio autor.

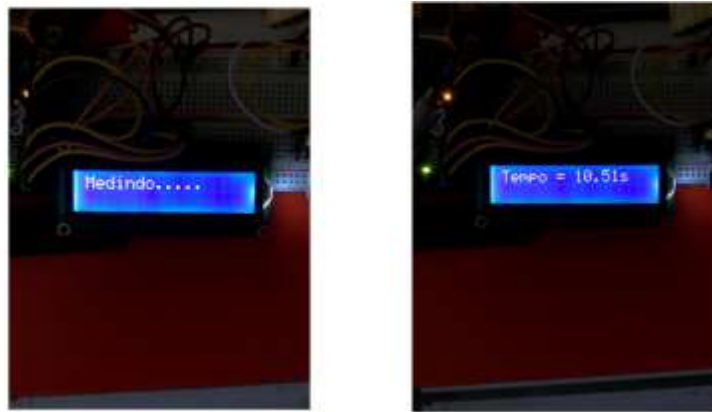
**Figura 14:** Diagrama esquemático.



Fonte: O próprio autor.

Um cronômetro progressivo será exibido no display de lcd 16x2 incluído no pacote do Arduino , e mede o intervalo de tempo referentes à passagem de um obstáculo pelos sensores que funcionam por reflexão. Como vemos na figura15 o intervalo de tempo transcorrido entre esses acontecimentos de foi de 10,51s, apenas como teste.

**Figura 15:** Exemplo de cronometragem.



**Fonte:** O proprio autor.

**Figura 16:** Experimento montado.



**Fonte:** autor, 2018

Por fim, na figura 16 temos o plano inclinado já finalizado e montado a parte eletrônica do sistema.



## 5 UTILIZANDO O PLANO INCLINADO COM O ARDUINO

Em toda nossa historia utilizamos planos inclinados sem nem perceber, estradas, rampas de acessibilidade, rampas para transportes de cargas até mesmo um simples parafuso é exemplo de plano inclinado.

Quando temos planos inclinados para levantar um objeto de massa considerável, com inclinações diferentes, em qual desses é mais fácil o movimento de subida? No de inclinação maior ou menor? Obviamente, na trajetória menos inclinada, pois em inclinação maior, teremos que realizar uma força que seja maior que a componente x do peso do corpo por que a medida que o ângulo aumenta a componente x do peso também aumenta. Já no segundo caso, numa inclinação menor devemos fazer uma força que seja maior que uma das componentes de seu peso, neste caso, em menor valor, pois a componente horizontal é menor devido ao ângulo de inclinação ser menor.

Por isso, no nosso cotidiano, usamos muito o plano inclinado para facilitar certas tarefas.

Após montagem do plano inclinado com Arduino<sup>®</sup> descrito no tópico anterior e muito fácil de usar. Basta carregar os Skatch de programação que desejar na interface do IDE e fazer alguns testes. Lembrando que cada um tem uma função diferente para casa sensor.

Abandone o carrinho da posição que desejar, mas conforme as leis da física o ideal é que ele seja abandonado na posição do primeiro sensor, assim fica configurado que a velocidade inicial é zero. Se preferir variar a distancia entre os sensores o suporte do meio tem esse objetivo afim de, com clareza, mostrar as relações entre a distância e o tempo.

A cada ângulo de inclinação para uma medida mais precisa utilizamos app dispostos no play store do sistema android e app store do sistema IOS. Existem varias versões de transferidores virtuais utilizei o app para sistema IOS e o escolhido foi o da figura abaixo, disponivel no endereço <https://itunes.apple.com/br/app/i-level-protractor-level/id458980311?mt=8>.

**Figura 17:** logotipo do aplicativo.



**Fonte:** Autor, 2018

Para os dispositivos android existe o app ON PROTRACTOR disponível no google play no endereço eletrônico <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.potatotree.onprotractor>.

Feito todos os procedimentos adequadamente agora é só trabalhar em sala de aula seguindo a sequência didática descrita no seção 6 desse produto educacional.

## 6 OS MOMENTOS DE APRENDIZAGEM

## Momento de Aprendizagem 1 – 08 aulas

### O ESTUDO DA CINEMÁTICA

A Cinemática é a parte da Física que estuda o movimento, sem preocupar-se com as causas e efeitos deste mesmo movimento. Para esse estudo recorreremos constantemente ao conceito primitivo de tempo. Dentro do corpo teórico da Cinemática o tempo aparece como uma grandeza física independente, enquanto as outras, como velocidade, são dependentes deste.

#### SITUAÇÃO PROBLEMA 1

Leia a seguinte notícia retirada do portal G1 relacionada a morte do cantor sertanejo Cristiano Araújo. Ao final responda a pergunta.

### Físico analisa velocidade média de carro de sertanejo antes do acidente

Segundo profissional, percurso foi feito a uma média de 162 km/h. Entretanto, número não representa velocidade no momento da saída de pista.

Do G1 GO

O físico Reges Guimarães analisou a velocidade média feita pelo carro de Cristiano Araújo, que morreu em um acidente na BR-153, momentos antes da saída de pista. O cálculo foi feito com base no horário das imagens de uma câmera de segurança de um posto de combustíveis que fica a 57 km do local do acidente. No vídeo, o motorista e o empresário do cantor Cristiano Araújo entram na lanchonete do estabelecimento e deixam o local 21 minutos antes do acidente. "Ele fez uma velocidade média de 162 km/h".

As imagens foram obtidas com exclusividade pela TV Anhanguera. O horário da câmera que fez o registro marca 2h49 de quarta-feira e, segundo a direção do posto de combustível, estava correto. Segundo informou ao G1 o inspetor da (PRF), Fabrício Rosa, a saída de pista que provocou a morte do casal ocorreu às 3h10.

Entretanto, esse valor não serve para determinar qual a velocidade do carro no momento do acidente. "Eu posso ter uma velocidade alta em um determinado momento e ter reduzido muito em outro ponto, até mesmo para muito abaixo do limite permitido. Essa conta é para determinar uma média entre o carro passar de um ponto a outro", explicou Guimarães.

"Esse horário foi registrado com base no relato do motorista e testemunhas aos policiais que atenderam à ocorrência", explicou o inspetor. Rosa explica que o posto de combustíveis está situado no Km 670, enquanto o acidente ocorreu no Km 612,6 da rodovia."

As imagens mostram quando o motorista Ronaldo Miranda e o empresário Victor Leonardo, que sobreviveram ao acidente e já tiveram alta do hospital, entram no estabelecimento, compram um lanche e vão embora (veja vídeo). Após pegarem pastéis e

cural, eles pagam a conta e vão embora. Cristiano Araújo e Allana não aparecem na filmagem, pois haviam ficado no carro...

Fonte: <http://g1.globo.com/goias/musica/noticia/2015/06/fisico-analisa-velocidade-media-de-carro-de-sertanejo-antes-doacidente.html>

Com suas palavras descreva como esse perito Físico conseguiu estimar essa velocidade média?

---

---

---

---

## SITUAÇÃO PROBLEMA 2

Ao atravessarmos uma rua, sem semáforo ou sem faixa de pedestres, sempre fazemos uma calculo de física quase que instantaneamente e não percebemos, a única pergunta que respondemos é “será que dar tempo passar?”. Por ventura você quer atravessar uma rua assim e em uma determinada distancia você ver uma carro a uma velocidade considerável, que questionamentos você usa para poder atravessar essa rua sem problemas e que nada lhe aconteça?

**Figura 18:** ilustração SP2



Fonte: <https://www.vix.com/pt/bdm/de-carona/direitos-do-pedestre-que-nem-todo-mundo-lembra-e-as-infracoes-relacionadas-a-eles>

---

---

---

## Conceitos básicos de Cinemática

Alguns conceitos, primitivos e derivados, são necessários na descrição do movimento. Abaixo uma lista com os principais.

1. **Móveis e Ponto material:** *os corpos em movimento serão chamados de móveis e também de pontos materiais, pois para nosso interesse, suas dimensões serão desprezíveis.*
2. **Posição:** *local ocupado por um móvel num determinado instante (tempo extremamente curto).*
3. **Trajatória, percurso ou caminho:** *o conjunto das posições ocupadas por um móvel.*
4. **Origem:** *é o marco zero das posições, diferente de posição inicial do móvel, que indica de onde este iniciou o movimento ou onde ele estava no tempo inicial (tempo zero).*
5. **Estudo de movimento:** *o estado de movimento de um corpo é caracterizado por grandezas como posição, velocidade e aceleração. Movimento e repouso são estados de movimento de um corpo.*
6. **Movimento, repouso e referencial:** *estes três conceitos estão interligados.*

**Movimento** – um corpo está em movimento quando sua posição muda em relação a um corpo de referência (referencial ou sistema de referência).

**Repouso** – um corpo está em repouso quando sua posição não muda em relação ao referencial adotado.

**Referencial** – um corpo que é adotado como referência para determinar se um outro corpo está em movimento ou não; para descrever o movimento de um corpo é necessário um outro como referência. Não faz sentido tentar afirmar se um corpo está em repouso ou em movimento sem adotar um referencial.

## Velocidade Escalar Média e Velocidade

Definição matemática de velocidade média:

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Onde  $\Delta S$  representa o espaço percorrido e  $\Delta t$  o tempo transcorrido.

Definição matemática de velocidade instantânea:

$$V_i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

A diferença está no tempo, pois na segunda expressão este tende a zero.

### Aceleração Escalar Média e Aceleração Escalar Instantânea

Definição matemática de aceleração média:

$$a_m = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Onde  $\Delta V$  representa a variação de velocidade (aumento ou diminuição) e  $\Delta t$  o tempo transcorrido.

Definição matemática de aceleração instantânea:

$$a_i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

A aceleração mede a rapidez com que a velocidade de um corpo está variando.

### Movimento Progressivo e Retrógrado, Movimento Acelerado e Retardado

**Movimento progressivo** - é aquele em que o móvel movimenta-se no sentido positivo da trajetória (ele está “indo”).

**Movimento retrógrado** - é aquele cujo móvel está realizando seu movimento na direção negativa da trajetória (ele está “vindo”).

**Movimento acelerado** - pode ser entendido por aquele no qual o módulo da velocidade está aumentando, ou seja, a aceleração age no mesmo sentido da velocidade.

**Movimento retardado** - podemos entender que o módulo da velocidade está diminuindo com o tempo, ou seja, a aceleração age no sentido oposto à velocidade.

### Movimento Uniforme (MU)

O movimento uniforme (MU) é o tipo mais simples de movimento. Nesse movimento a velocidade do corpo que se desloca é constante e, portanto, o móvel faz deslocamentos iguais em tempos iguais. Uma gota de água descendo em um tubo de vidro cheio de óleo ou um paraquedista descendo com seu paraquedas aberto são exemplos desse tipo de movimento.

Quando a trajetória é reta o movimento é chamado de movimento retilíneo uniforme (MRU).

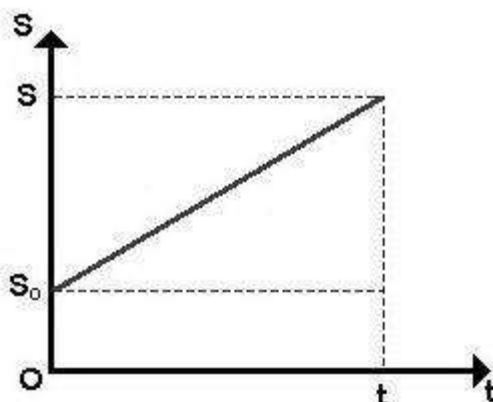
Como a velocidade de um MU é constante, isto é, tem sempre o mesmo valor, podemos calculá-la sempre que for preciso tomando um determinado intervalo de tempo e o deslocamento correspondente

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

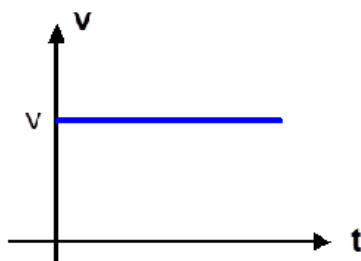
Representando a posição inicial de um corpo em movimento uniforme por  $S_0$ , a posição em um instante futuro  $t$  por  $S$  e, a velocidade do movimento por  $v$ , podemos escrever uma equação – denominada função horária do MU – que descreve esse tipo de movimento:

$$S = S_0 + v \cdot t$$

Os gráficos da função horária dos espaços de um MU tem sempre o formato de uma reta inclinada:



A velocidade, por sua vez, como é constante, gera um gráfico retilíneo e paralelo ao eixo dos tempos:



**Movimento Uniformemente Variado (MUV)**



O movimento uniformemente variado não possui velocidade constante e, ao invés disso, possui uma taxa de variação constante da velocidade, isto é, possui uma aceleração a constante. Como a aceleração varia de maneira constante, podemos, nesse caso, calcular a aceleração por meio da aceleração média, comparando a variação da velocidade com o intervalo de tempo onde esta variação ocorre:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Representando a velocidade inicial de um corpo em movimento uniforme por  $V_0$ , a velocidade em um instante futuro  $t$  por  $V$  e, a aceleração do movimento por  $a$ , podemos escrever uma equação – denominada função horária da Velocidade:

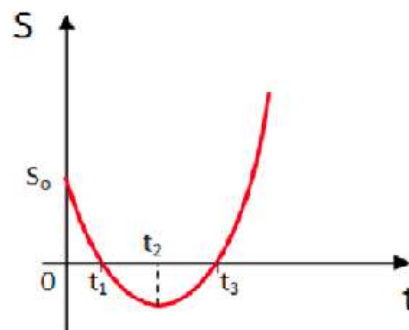
$$V = V_0 + a \cdot t$$

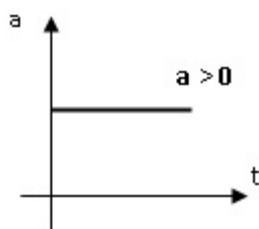
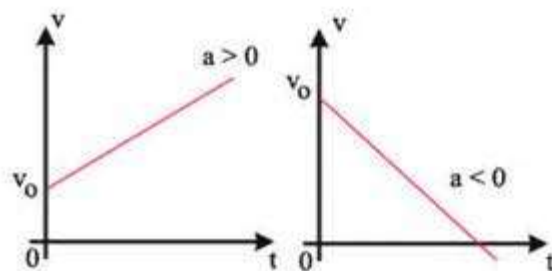
Também podemos demonstrar facilmente que a posição  $S$  do corpo em qualquer instante  $t$  de tempo obedece a função horária abaixo

$$S = S_0 + V_0 \cdot t + \frac{a}{2} t^2$$

Os movimentos uniformemente variados mais comuns no nosso cotidiano tem origem na queda de corpos ou na sua descida sobre rampas, pois nesses casos a força que os origina é a força da gravidade, que é uma força constante e, por isso, causa uma aceleração de movimento constante.

As figuras abaixo mostram alguns gráficos para esse movimento. Gráficos do tipo  $S \times t$ ,  $V \times t$  e  $a \times t$ .





No MUV há muitos casos nos quais interessa relacionar a velocidade escalar  $v$  em função do espaço  $s$ , o que é feito com o emprego da chamada equação de Torricelli.

$$V^2 = V_0^2 + 2a\Delta S$$

### SUGESTÃO DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL

#### PARA INICIO DE CONVERSA

No trânsito das cidades e rodovias nos deparamos com sinalizações que orientam acerca da velocidade máxima permitida para tráfego em determinadas ruas e estradas. O desrespeito a essas leis podem gerar multas e punições legais permitidas pelo código de trânsito brasileiro. Mas como é possível saber a velocidade de um automóvel, se situado fora do veículo não podemos observar o seu velocímetro? A velocidade média de um veículo é calculada levando em conta o espaço percorrido e o tempo levado para percorrer tal espaço. Ao dividirmos espaço por tempo obtemos a velocidade média do veículo. Existe em sistema (radares fixos ou móveis) que calcula a velocidade média do veículo em determinados trechos, ele funciona da seguinte forma: duas marcações - A e B - são feitas num trecho muito curto, o sistema marca o tempo que o veículo leva para ir de A até B. Dividindo a distância de A até B pelo tempo que o móvel levou para percorrer tal espaço, obtemos a velocidade média do veículo no percurso. Os radares possuem câmeras que registram os atos infracionais através de fotos digitais, flagrando o infrator no

momento da transgressão. Para verificação de toda teoria use o simulador disponível no endereço [https://www.walter-fendt.de/html5/phpt/acceleration\\_pt.htm](https://www.walter-fendt.de/html5/phpt/acceleration_pt.htm)

## **OBJETIVO**

Estudar experimentalmente o conceito de velocidade média ( $V_m$ ) e velocidade instantânea ( $V_{inst}$ ) e determinar a velocidade média num trecho determinado do plano inclinado, calculando o valor de  $V_m$  e  $V_{inst}$ .

Utilizar as noções básicas de física e matemática como: as quatro operações básicas unidades de medida, frações, números decimais, Algarismos significativos, movimento e repouso.

## **MATERIAL**

- Plano inclinado
- Arduino
- Código Arduino (Radar Reflexivo)
- carrinho de ferro
- Anteparo branco ( de 4 a 5cm)
- Plano inclinado
- Sensores IR

## **PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**

Primeiramente fixe bem o anteparo sobre o carrinho de brinquedo e abra o plano inclinado até o ângulo que desejar, sugestão que seja uma abertura muito pequena para que o móvel deslize praticamente em movimento uniforme (por volta de  $5^\circ$  de inclinação) por causa do atrito.

O valor dos ângulos pode ser variado à medida que convir ao aluno, facilitando a interação entre eles e o experimento.

Usando o código “Radar Reflexivo” do arduino, abra a interface IDE e carregue o código usando a porta USB conectada a ele, faça alguns testes para ver se o funcionamento está *OK* fixe o móvel na base reguladora e abandone o mesmo.

Meça os valores de tempo para cada passagem do carrinho, ideal que seja feita no mínimo 5 medidas para se obter o tempo médio.

Veja a observação dos alunos quanto ao tempo de passagem e explore esses valores, podendo calcular a velocidade média e instantânea no momento da passagem e enfatizar os conceitos dessas velocidades, já que os tempos colhidos tendem a um valor muito pequeno.

Faça uma relação com as situações problemas propostas nas atividades.

## Momento de Aprendizagem 2 – 10 aulas

# DINÂMICA – O PLANO INCLINADO

TEXTO: SITUAÇÕES PROBLEMAS 1 E 2

### O PLANO INCLINADO: UM PROBLEMA DESDE GALILEU

*Antônio A. S. Brito*

Departamento de Física UFPB

João Pessoa PB

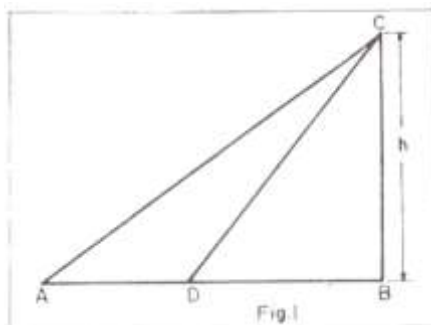
O problema do plano inclinado, mais do que um exercício ou questão de vestibular, foi uma importante contribuição à evolução dos conceitos da Física. No estudo da queda livre, desenvolvido por Galileu, o plano inclinado assume papel de relevo. No livro "Diálogo a Respeito de duas Novas Ciências", o italiano apresenta um diálogo, no qual o problema do plano inclinado é proposto e discutido, entre Salviati, defensor de suas idéias; Sagredo, um aluno curioso e inteligente e Simplicio, que desenvolve as idéias aristotélicas.

O próprio conceito de movimento uniformemente acelerado era na época objeto de controvérsia. Diferentemente dos livros-textos que conhecemos, em que os vários movimentos são descritos por algumas fórmulas em poucas linhas, no Diálogo, a definição do movimento uniformemente acelerado só é alcançada após uma longa discussão a respeito dos movimentos em geral. Uma vez caracterizada a queda livre como um movimento com aceleração constante, Galileu propõe e resolve o seguinte problema:

#### PROBLEMA:

As velocidades adquiridas pelo mesmo corpo ao mover-se em planos de diferentes inclinações são iguais quando a "altura" ( $h$ ) desses planos forem iguais (ver Fig. 1).

**Figura 19:** Plano inclinado de Galileu.



Fonte: Galileu, 1998, p. 167

Os planos inclinados CA e CD possuem a mesma altura ( $h = CB$ ).

#### SOLUÇÃO I (de Galileu).

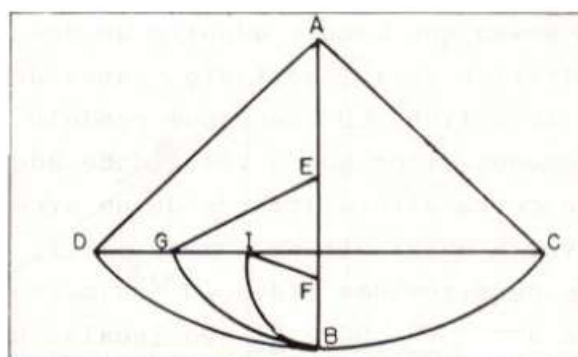
O diálogo entre Salviati e Sagredo é mais ou menos o seguinte:

**Salviati:** Os planos CA e CD possuem a mesma altura,  $h = CB$ . A velocidade adquirida ao cair de uma altura  $h = CB$  será a mesma caso o corpo percorra o caminho CA, CD ou CB (queda livre).

**Sagredo:** Sua idéia parece-me correta. Se desprezarmos toda resistência externa, o plano for duro e sem rugosidades, o corpo perfeitamente esférico e liso, penso que a bola ao descender ao longo das linhas CA, CD e CB alcançará os pontos terminais A, D e B com igual velocidade.

**Salviati:** Suas palavras são razoáveis, porém espero fornecer, através de um experimento, uma pequena demonstração. Imagine que esta página representa uma parede vertical, com um prego fixado em A, e do prego está suspensa uma massa de alguns gramas (evidentemente o grama não era utilizado no texto original como medida de massa: adotamo-lo aqui para exemplificar melhor) através de um fio AB (de nylon por exemplo), de aproximadamente 2 metros (a medida utilizada de fato era de 6 pés), e sobre essa parede desenhamos a linha horizontal DC que faz um ângulo reto com a vertical AB e está dois dedos acima do ponto mais baixo B, conforme Figura 20.

**Figura 20:** Geometria do Pêndulo de Galileu



Fonte: Galileu, 1998.

Agora, leve a massa até a posição C e deixa-a livre. Ela se movimentará (como um pêndulo) ao longo do arco CBD, passando pelo ponto B e viajando pelo arco BD até atingir o ponto D, e alcançará a linha horizontal CD caso a resistência do ar for, de fato, desprezada de todo. Assim, concluímos que a massa em seu movimento de descida adquire uma "velocidade" (no texto original, em inglês, o termo é *momentum*), ao alcançar B, suficiente para transportá-la à mesma altura (distância do ponto B à linha CD) através do arco BD. Tendo repetido esta experiência diversas vezes, vamos agora colocar um outro prego ao longo da linha AB, digamos, no ponto E, de modo que a massa continuará viajando ao longo do arco CB, e a linha encontrará o prego E (um obstáculo) ao mesmo tempo em que a massa atinge a posição B, o que obrigará a massa a percorrer o arco BG, que tem como centro o ponto E.

Observa-se que a massa alcança o ponto G, na linha CD, e o mesmo aconteceria caso o obstáculo fosse localizado num ponto mais baixo, em F, quando a massa descreveria o arco BI, e esta subiria novamente, até atingir a linha CD (é evidente que esse processo tem um limite, pois se o prego fosse fixado próximo à B, a massa provavelmente não atingiria a altura determinada pela linha CD, mas ficaria girando em torno do novo ponto de fixação.)

O experimento não deixa margem a dúvidas e comprova nossa tese. Desde que os dois arcos CB e DB são iguais, a velocidade adquirida pela massa ao descer ao longo do

arco CB é a mesma ao descer pelo arco DB (ao voltar) e seria, portanto, capaz de elevar o mesmo corpo até a linha CD (como num pêndulo simples).

Em geral, podemos dizer que a velocidade adquirida para descer uma certa altura através de um arco é suficiente para elevar à mesma altura a mesma massa. Ora, as velocidades que permitem uma elevação (da mesma altura  $h$ ) através dos arcos BD, BG e BI são iguais, uma vez que provêm da queda ao longo de CB como mostra o experimento. Portanto, podemos concluir que as velocidades adquiridas ao descer através dos arcos DB, GB e IB são iguais!!!

**Sagredo:** O argumento pareceu-me conclusivo e o experimento bem adaptado, de modo que a hipótese inicial do problema foi de fato demonstrada.

**Salviati:** Eu não desejo, Sagredo, aprofundar-me em demasia nesse problema, uma vez que desejamos aplicar essa propriedade ao estudo de movimentos em superfícies planas e não sobre as curvas, ao longo das quais a aceleração varia de um modo muito diferente do movimento em superfícies planas [...]. Vamos então, no momento, tomar essa propriedade (a queda de corpos em planos de inclinações diferentes, porém de mesma altura, produzem igual velocidade final) como um Postulado: a verdade absoluta somente será estabelecida quando as suas consequências futuras corresponderem e concordarem perfeitamente com os experimentos.

[..]

O experimento proposto por Galileu provavelmente é uma experiência imaginária, bastante plausível a partir da observação do movimento do pêndulo simples (que foi, por sua vez, estudado por ele). Ressalte-se o cuidado com que o físico estabelece as condições ideais da experiência imaginária, nas observações de Sagredo, ao desprezar a resistência do ar e os efeitos de atrito. A demonstração baseia-se fortemente no princípio da Conservação da Energia, embora em nenhum momento tal princípio fosse explicitado. Galileu teve, provavelmente, grande dificuldade em definir com precisão os conceitos físicos relevantes para o estudo da dinâmica, em particular a aceleração uniforme e a velocidade de um corpo em queda livre. O princípio da Conservação da Energia não lhe era estranho, contudo só foi estabelecido, tal como o concebemos hoje, somente 200 anos depois dos trabalhos de Galileu Galilei.

A aceleração centrípeta também não lhe era estranha. Veja por exemplo a distinção que Salviati faz entre movimentos numa curva e movimentos em retas. Provavelmente Galileu não tinha uma concepção precisa da aceleração centrípeta (observe-se quando diz que não deseja aprofundar-se nesse assunto) tal como foi posteriormente definida por Newton.

Devemos levar em consideração que, estamos utilizando uma série de conceitos físicos que raramente são considerados na solução de problemas.

A própria definição de um movimento uniformemente acelerado, já era um problema para Galileu. Na verdade, um dos resultados mais importantes obtido por ele foi demonstrar que as equações movimento variado aplica-se a corpos em queda livre. Por que o espaço percorrido por um corpo em queda livre é proporcional ao quadrado do tempo gasto para percorrê-lo? Isto é o que Galileu consegue demonstrar no seu Diálogo, através de raciocínio e experiências imaginárias como as descritas nesse trecho.

Embora o princípio da Conservação da Energia não lhe fosse estranho, o conceito de energia cinética, só alcançou a importância e clareza que possui nos dias de hoje muito tempo depois de Galileu, pois, até o século XIX, as definições de momento, força viva, energia cinética e impetus eram conflitantes entre si, em particular pelo fator  $\frac{1}{2}$ .

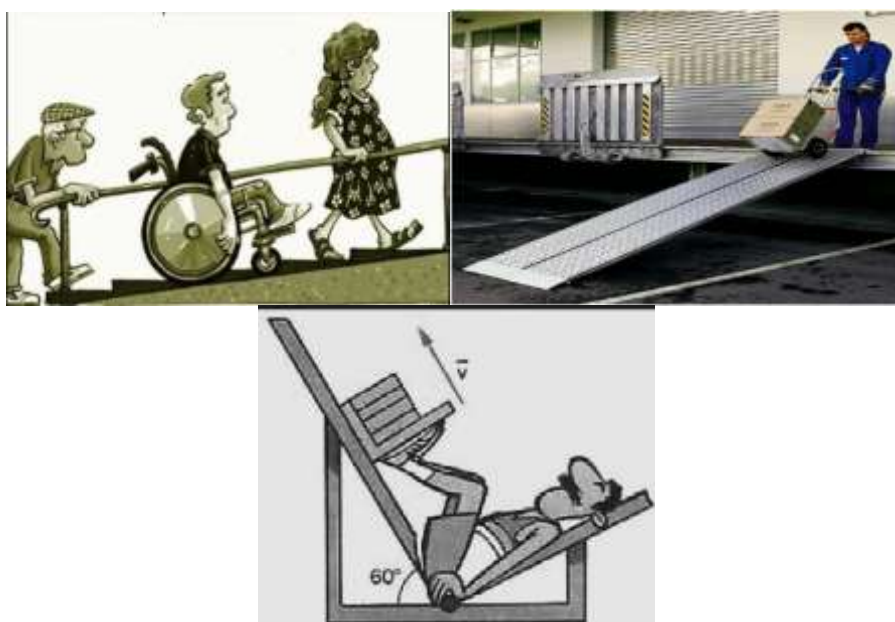
Resolver um problema em Física não deve ser um mero exercício de aplicação de fórmulas, mas antes de tudo uma compreensão da Natureza e dos princípios físicos envolvidos.

A principal contribuição de Galileu ao desenvolvimento da Física talvez tenha sido idealizar experiências imaginárias em que os postulados e princípios delas derivados só serão considerados como verdadeiros quando as suas consequências futuras corresponderem e concordarem perfeitamente com os resultados experimentais

## SITUAÇÃO PROBLEMA 1

O texto anterior foi adaptado de um artigo e descreve com riqueza de detalhes o diálogo entre Salviati, e Segredo sobre o problema do plano inclinado, que hoje é uma das peças principais no mundo do trabalho braçal. Com base nesse texto observe as figuras abaixo:

**Figura 21:** Aplicações do plano inclinado.



Fonte: Google imagens

Uma rampa é um exemplo típico de plano inclinado e usamos constantemente e não percebemos. Os portadores de necessidades especiais são os principais beneficiados com esse recurso, assim como os carregadores que trabalham em indústrias e centros de distribuição de cargas. Na academia de ginástica os aparelhos também usam muito esse princípio. Qual a importância, no campo de visão da física, de uma rampa ou plano inclinado para as pessoas hoje em dia?

---

---



## SITUAÇÃO PROBLEMA 2

Admita que o plano inclinado mostrado na figura, tenha altura igual a 1,0 m e comprimento da base sobre o solo igual 2,0 m. Uma pequena esfera é colocada, a partir do repouso, no topo desse plano inclinado e desliza praticamente sem atrito até à base. Em seguida, essa mesma caixa é colocada, nas mesmas condições, no topo de um plano inclinado mas o comprimento da base sobre solo é variado para 3,0 m. com base nos seus conhecimentos o que você acha que acontece com a velocidade de descida da esfera?

**Figura 22:** Recriação do plano inclinado de Galileu ( Museu Galileu, Florença)



**Fonte:** <https://edukavita.blogspot.com/2015/07/biografia-de-galileu-galilei-fisico-e.html>

1-Ainda com base na situação problema. Se mantivermos a base inalterada e aumentássemos a altura o que aconteceria com a velocidade?

---



---



---

2-Quais são as principais variáveis relacionadas com o Plano Inclinado?

---



---

3-Com o aumento do ângulo formado entre a pista e o chão, o objeto entra em movimento mais facilmente? Justifique.

---



---

4-Com o aumento da massa, o objeto entra em movimento mais facilmente? Justifique.

---



---



---

## AS LEIS DE NEWTON

As Leis de Newton são os princípios fundamentais usados para analisar o movimento dos corpos. Juntas, elas formam a base da fundamentação da mecânica clássica.

As três leis de Newton foram publicadas pela primeira vez em 1687 por Isaac Newton (1643-1727) na obra de três volumes "Princípios Matemáticos da Filosofia Natural" (*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*).

Isaac Newton foi um dos mais importantes cientistas da história, tendo deixado importantes contribuições, principalmente na física e na matemática.

### **Primeira Lei de Newton**

A Primeira Lei de Newton é também chamada de "Lei da Inércia" ou "Princípio da Inércia". Inércia é a tendência dos corpos de permanecerem em repouso ou em movimento retilíneo uniforme (MRU).

Assim, para um corpo sair do seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme é necessário que uma força passe a atuar sobre ele.

Portanto, se a soma vetorial das forças for nula, resultará no equilíbrio das partículas. Por outro lado, se houver forças resultantes, produzirá variação na sua velocidade.

Quanto maior for a massa de um corpo maior será sua inércia, ou seja, maior será sua tendência de permanecer em repouso ou em movimento retilíneo uniforme .

Para exemplificar pensemos num ônibus em que o motorista, que está numa determinada velocidade, se depara com um cão e rapidamente, freia o veículo.

Nesta situação a tendência dos passageiros é continuar o movimento, ou seja são jogados para frente.

### **Segunda Lei de Newton**

A Segunda Lei de Newton é o "Princípio Fundamental da Dinâmica" . Nesse estudo, Newton constatou que a força resultante (soma vetorial de todas as forças

aplicadas) é diretamente proporcional ao produto da aceleração de um corpo pela sua massa:

Onde:

$$F_R = m \cdot a$$

$F_R$ : resultante das forças que agem sobre o corpo

$m$ : massa do corpo

$a$  : aceleração

No Sistema Internacional (SI) as unidades de medida são: F(força) é indicada em Newton(N); m(massa) em quilograma (kg) e a (aceleração adquirida) em metros por segundo ao quadrado (m/s<sup>2</sup>).

Importante ressaltar que a força é um vetor, ou seja, possui módulo, direção e sentido.

Dessa forma, quando várias forças atuam sobre um corpo, elas se somam vetorialmente. O resultado desta soma vetorial é a força resultante.

A seta acima das letras na fórmula representa que as grandezas força e aceleração são vetores. A direção e o sentido da aceleração serão os mesmos da força resultante.

## Terceira Lei de Newton

A Terceira Lei de Newton é chamada de "Lei da Ação e Reação" ou "Princípio da Ação e Reação" no qual toda força de ação é correspondida por uma força de reação.

Dessa maneira, as forças de ação e reação, que atuam em pares, não se equilibram, uma vez que estão aplicadas em corpos diferentes.

Lembrando que essas forças apresentam a mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos.

Para exemplificar, pensemos em dois patinadores parados um de frente para o outro. Se um deles der um empurrão no outro, ambos irão se mover em sentidos opostos.

### PLANO INCLINADO SEM ATRITO

Existem dois tipos de forças que atuam nesse sistema sem atrito: a força normal (força vertical para cima) e a força peso (força vertical para baixo).

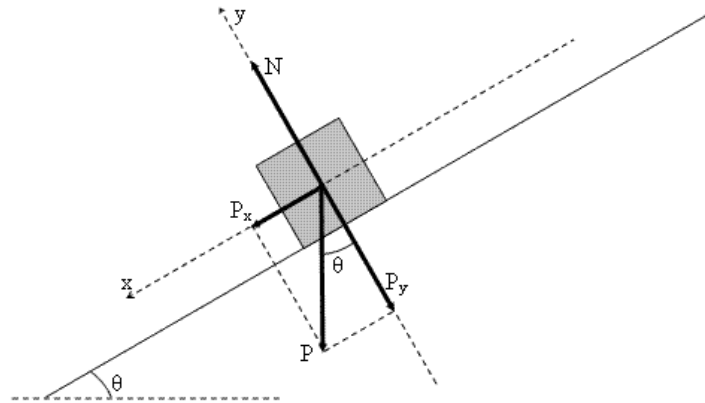
Note que elas possuem direções diferentes. A força normal atua perpendicularmente à superfície de contato.

Para calcular a força normal numa superfície plana, utiliza-se a fórmula:

$$N = m \cdot g$$

Observe a figura:

**Figura 23:** Decomposição de forças.



**Fonte:** <http://marciobiologia.blogspot.com.br/2015/12/dinamica.html>

Observe que o vetor que aponta na direção do movimento é uma componente da força peso, observe também que esta componente diminui com o ângulo, isto é enquanto menor a inclinação, menor será a componente do peso na direção do movimento, portanto uma menor aceleração.

Logo pela 2ª lei de Newton:

$$F_r = m \cdot a$$

Como a força que provocará o movimento se encontra na direção de  $x$  e não existe movimento ao longo do eixo  $y$  a  $F_r = P_x$

$$P_x = P \cdot \sin \theta$$

Portanto:

$$m \cdot g \cdot \sin \theta = m \cdot a$$

Eliminando a massa da equação obtemos:

$$a = g \cdot \sin \theta$$

Podemos também concluir que para elevar um mesmo objeto a uma mesma altura utilizando um plano inclinado, na medida do possível, devemos escolher aquele que possui a menor inclinação.

### PLANO INCLINADO COM ATRITO

Quando há o atrito entre o plano e o objeto tem mais uma força atuante a força atrito que é sempre contrario ao movimento.

Para calcular a força atrito utiliza-se a expressão:

$$\mathbf{Fat} = \mu \cdot \mathbf{N}$$

Onde:

**Fat**: força de atrito

$\mu$ : coeficiente de atrito

**N**: força normal

Obs: O coeficiente de atrito ( $\mu$ ) dependerá do material de contato entre os corpos.

No plano inclinado há uma altura correspondente a elevação da rampa e um ângulo formado em relação à horizontal.

Nesse caso, a aceleração do objeto é constante devido as forças atuantes: peso e a normal.

Para determinar o valor da aceleração num plano inclinado com atrito, precisamos encontrar a força resultando, decompondo a força peso em dois planos (x e y).

Logo, as componentes da força peso:

**P<sub>x</sub>**: perpendicular ao plano

**P<sub>y</sub>**: paralelo ao plano

Para encontrar a aceleração no plano inclinado sem atrito, utiliza-se as relações trigonométricas do triângulo retângulo:

$$\mathbf{Px} = \mathbf{P} \cdot \mathbf{sen} \theta$$

$$\mathbf{Py} = \mathbf{P} \cdot \mathbf{cos} \theta$$

De acordo com a segunda Lei de Newton:

$$\mathbf{F_r} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{a}$$

Logo,

$$\mathbf{Px} - \mathbf{F_{at}} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{a}$$

$$\mathbf{P} \cdot \mathbf{sen} \theta - \mu \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{cos} \theta = \mathbf{m} \cdot \mathbf{a}$$

$$\mathbf{m} \cdot \mathbf{g} \cdot \mathbf{sen} \theta - \mu \cdot \mathbf{m} \cdot \mathbf{g} \cdot \mathbf{cos} \theta = \mathbf{m} \cdot \mathbf{a}$$

Eliminando o valor de m, assim temos a fórmula da aceleração utilizada no plano inclinado com atrito.

$$\mathbf{a} = \mathbf{g}(\mathbf{sin} \theta - \mu \mathbf{cos} \theta)$$

## SUGESTÃO DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL

### PARA INÍCIO DE CONVERSA

O plano inclinado é um exemplo de máquina simples. Como o nome sugere, trata-se de uma superfície plana cujos pontos de início e fim estão a alturas diferentes.

Ao mover um objeto sobre um plano inclinado em vez de movê-lo sobre um plano completamente vertical, o total de força  $F$  a ser aplicada é reduzido, ao custo de um aumento na distância pela qual o objeto tem de ser deslocado.

Existem muitos planos inclinados que são muito usados pelas pessoas. Entre eles:

- Rampa – A rampa é o exemplo clássico do plano inclinado, pois sem ela, teríamos que deslocar objetos verticalmente, como para colocar coisas em um caminhão de mudança, por exemplo, para o qual que seria necessário usar uma força maior do que a usada em uma rampa.
- Cunha (ferramenta) – A cunha é um objeto que possui dois planos postos em um ângulo agudo, e serve para cortar vários materiais, entre eles a madeira. O machado é um tipo de cunha, por exemplo.
- Parafuso - Se observarmos um parafuso, perceberemos que ele possui um plano inclinado, que é a rosca. Ela ajuda a encaixar o parafuso em algo sem se usar muita força.

Após a aula expositiva simule o plano inclinado no simulador PHET cujo endereço para *download* é <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/ramp-forces-and-motion>.

### OBJETIVO

Utilizar o kit experimental com intuito de motivar o aluno a refletir sobre as observações.

Elaborar hipóteses para explicá-las.

Incentivar os alunos a participarem da aula e, conseqüentemente, agirem como sujeitos da aprendizagem.

Determinar os possíveis valores de força que provocam o movimento do objeto.

Entender as leis de Newton

### MATERIAL

- Plano inclinado

- Arduino
- Código arduino “cronometro”
- Sensores IR
- Carrinho de ferro
- Fita métrica
- Lápis ou caneta
- Papel

### **PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**

No computador abra o IDE do arduino e carregue o *scretch* “Cronometro” e espere o OK do arduino.

No plano inclinado determine um ângulo qualquer para iniciar o experimento, usando a fita métrica faça a medição aproximada da altura na posição inicial do carrinho ate a base plana já demarcada no plano, encaixe o carrinho e o abandone observando o movimento, repita esse procedimento pelo menos 5 vezes, se achar necessário, faça quantas medições quiser. Anote os valores de tempo e faça a média desses valores. Use esses valores de tempo para calcular a velocidade aproximada com que o carrinho passa na posição final. Repita esse procedimento pelo menos três vezes destacando no mínimo três ângulos. Após ter calculado todos os valores de velocidade observe a reação e as respostas dos alunos com relação a altura e a velocidade de descida.

Posteriormente de posse dos dados, determine as relações desses valores com os valores aplicados nas equações do plano inclinado segundo as lei de Newton, destacando as forças aplicadas, tente representar as forças responsáveis pelo movimento.

Se achar necessário, construa os gráficos para uma melhor absorção dos conteúdos e relações matemáticas.

## Momento de Aprendizagem 3 – 08 aulas

# CONSERVAÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA

### SITUAÇÃO PROBLEMA 1

Um dos esportes olímpicos praticados em piscina é o Salto Ornamental, em que o atleta precisa desenvolver um salto a partir de uma plataforma fixa que fica a alguns metros acima da piscina. Assim como em todo esporte, o atleta iniciante sempre apresenta dificuldades e, em se tratando de Salto Ornamental, uma dessas dificuldades é o próprio medo de altura. Em algumas pessoas, a altura causa a impressão de que, ao imprimir muita velocidade no salto ou não executar o movimento corretamente poderá sofrer um grave acidente.

No Brasil, atores e atrizes durante o programa televisivo Caldeirão do Huck vinculado na rede Globo, o público pode se familiarizar, em parte, com este esporte olímpico pouco divulgado aqui no Brasil. A cada etapa vencida neste programa, a dificuldade imposta aos concorrentes amadores aumentava, literalmente, aumentava a altura da plataforma que eles deveriam saltar (3m; 5m; 7,5m; 10m) e alguns acidentes eram inevitáveis.

**Figura 24:** Arvid Spangberg, medalhista de bronze na prova da plataforma alta em 1908.



**Fonte:** [https://pt.wikipedia.org/wiki/Salto\\_ornamental](https://pt.wikipedia.org/wiki/Salto_ornamental)

1-Em sua opinião, qual seria o principal acidente que poderia acontecer nos saltos? E de qual altura seria mais prejudicial?

---

---

2-Quando o atleta salta da plataforma, a força da gravidade atua sobre ele, imprimindo uma aceleração constante e igual a  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ , de modo a aumentar sua velocidade



continuamente até atingir a superfície da água.. haveria como saber o valor da velocidade do atleta, ao atingir a água, sabendo o tempo de queda ? Explique.

---

---

---

3-Só por curiosidade, qual seria o valor aproximado se a altura de salto fosse de 5m?

## SITUAÇÃO PROBLEMA 2

Observe a tirinha abaixo:

**Figura 25:** Tirinha conservação da energia.



**Fonte:** [http://www.cbpf.br/~eduhq/html/aprenda\\_mais/jurema/ficha\\_conservaca\\_oenergia.htm](http://www.cbpf.br/~eduhq/html/aprenda_mais/jurema/ficha_conservaca_oenergia.htm)

1-Por que você acha que a água esta machucando o sujeito da tirinha? Será que isso se aplica aquele velho ditado popular: “Quanto mais alto for, maior é a queda!”?

---

---

---

2-A menina da tirinha fala que o princípio é usado nas turbinas das hidrelétricas, sendo assim fornecendo energia elétrica a nossas casas. Quais formas de energia você conhece?

---

---

---

3-A figura ilustra uma usina de geração de energia elétrica. Você sabe qual o nome deste tipo de usina? No Brasil, a forma predominante de geração de energia elétrica é a que ocorre neste tipo de usina. Discuta com seus colegas de grupo, procurando lembrar o que os meios de comunicação têm divulgado sobre a questão energética no país e elabore uma breve explicação sobre “as bases de funcionamento” deste tipo de usina.

**Figura 26:** Hidrelétrica de Itaipu.



**Fonte:** <https://economia.uol.com.br/album/2012/09/26/saiba-como-e-produzido-energia-na-usina-hidreletrica-de-itaipu.htm?mode=list&foto=1>

---

---

---

---

---

## ENERGIA CINÉTICA POTENCIAL E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

Energia mecânica é aquela que acontece devido ao movimento dos corpos ou armazenada nos sistemas físicos.

Dentre as diversas energias conhecidas, as que veremos no estudo de dinâmica são:

- Energia Cinética;
- Energia Potencial Gravitacional

Em um determinado sistema mecânico, em que formas de energia relacionadas a fenômenos eletromagnéticos ou fenômenos térmicos não estão presentes, pode-se dizer que a energia total do sistema é puramente mecânica. Desse modo, o Princípio da Conservação da Energia implica a conservação da energia mecânica. Esta, por sua vez, é a soma das quantidades de energia potencial e energia cinética. Embora a energia mecânica, teoricamente, seja sempre constante, a quantidade de cada uma de suas componentes pode sofrer variação, de tal modo que a energia total permaneça constante ou não.

A energia cinética é a energia produzida pela movimentação dos corpos. Do grego o termo "cinética" significa "movimento" enquanto "energia" corresponde a trabalho. Sendo assim, a energia cinética corresponde ao trabalho dos corpos realizado através do movimento. No SI (Sistema Internacional) a unidade de medida da energia cinética é o Joule (J).

Para calcular a energia cinética dos corpos utiliza-se a equação abaixo:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

A partir disso, conclui-se que quanto maior a massa de um corpo maior será sua velocidade; logo, a energia cinética será determinada pela ação dos corpos em movimento sendo que quanto maior sua velocidade maior será a energia cinética produzida.

Energia Potencial é a energia que pode ser armazenada em um sistema físico e tem a capacidade de ser transformada em energia cinética.

Conforme o corpo perde energia potencial ganha energia cinética ou vice-verso. A energia potencial corresponde ao trabalho da força Peso.

É obtido quando consideramos o deslocamento de um corpo na vertical, tendo como origem o nível de referência (solo, chão de uma sala).

$$E_p = P \cdot h = m \cdot g \cdot h$$

Enquanto o corpo cai vai ficando mais rápido, ou seja, ganha Energia Cinética, e como a altura diminui, perde Energia Potencial Gravitacional.

A energia mecânica é a energia produzida pelo trabalho de um corpo que pode ser transferida entre os corpos.

Em outras palavras, a energia mecânica corresponde à soma da energia cinética ( $E_c$ ), produzida pelo movimento dos corpos, com a energia potencial ( $E_p$ ), produzida por meio da interação dos corpos relacionada com a posição dos mesmos.

Para exemplificar, pensemos num objeto lançado de determinada distância do solo que possui energia cinética, uma vez que está em movimento e adquire velocidade; e energia potencial gravitacional, mediada pela força da gravidade que age sobre o objeto.

A energia mecânica ( $E_m$ ) corresponde a resultante de ambas as energias. Vale lembrar que de acordo com o SI (Sistema Internacional) a unidade de medida da energia mecânica é o Joule (J).

Para calcular a energia mecânica utiliza-se a fórmula abaixo:

$$E_m = E_c + E_p$$

O Princípio da Conservação da Energia diz que "a energia pode ser transformada ou transferida, mas nunca criada ou destruída". Quando a energia mecânica advém de um sistema isolado (naquele em que não há atrito) baseado nas forças conservativas (que conserva a energia mecânica do sistema) sua resultante permanecerá constante.

$$E_{m_{inicial}} = E_{m_{final}}$$

## SUGESTÃO DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL

### PARA INICIO DE CONVERSA

A capacidade que um corpo tem de realizar algum trabalho chama-se de energia mecânica. Ou seja, a capacidade de entrar em movimento, seja por meio da propulsão de uma mola, do efeito da gravidade ou de outra força exercida sobre esse objeto.

Você sabia que a energia potencial pode ser também elétrica, ou seja, produzida pela interação das partículas num determinado campo elétrico. Ela também pode ser nuclear, gerada pelo trabalho obtido das reações nucleares, por exemplo, a bomba atômica.

É de conhecimento geral que existem vários tipos de energia e que essa palavra é utilizada em diversos contextos. Com o objetivo de entender melhor seu significado, no contexto científico.

Num primeiro momento, para uma análise simples do movimento da situação problema, podemos desprezar a força associada a resistência do ar, que se opõe a direção de queda do atleta. Deste modo, é possível considerar a conservação da energia mecânica do movimento, que resulta a obter o valor da velocidade do atleta ao tocar a água. Observe que a velocidade final somente depende da altura da plataforma ( $h$ ) e da aceleração da gravidade, e não depende da massa corporal do atleta. Portanto, quanto mais alta a plataforma maior será a velocidade atingida por ele ao entrar na água. Para alturas de 3, 5 e 10m as velocidades finais são: 27,6km/h; 35,6km/h e 50,4km/h, respectivamente.

Portanto sugere-se uma seqüência de atividades que inclui testes de sondagem para favorecer a explicitação de concepções espontâneas, ou de senso comum, e a realização de uma atividade experimental.

### OBJETIVO

Determinar o valor da velocidade ao final do plano inclinado comparar os resultados utilizando os conceitos de energia cinética e potencial verificando se houve ou não conservação de energia.

Como o sistema de plano inclinado não é um sistema conservativo, forçaremos os alunos a identificar os motivos da não conservação.

### MATERIAL

- Plano inclinado

- Arduino
- Código arduino “cronometro”
- Sensores IR
- Carrinho de ferro
- Fita métrica
- Lápis ou caneta
- Papel

### **PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**

O experimento consiste num carrinho deslizando no plano inclinado, para o qual a inclinação pode ser variada. Para cada ângulo estabelecido a energia mecânica no início e no fim da pista será determinada.

O intuito é calcular a velocidade de descida do carrinho no final da rampa a cada variação angular.

Determina-se a altura no qual se encontra o primeiro sensor.

Ao final determine a energia cinética e potencial e se há ou não a conservação de energia.

## 7 REFERÊNCIAS

CARVALHO, G. D. C. **Aula de Física:** do planejamento à avaliação. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

AZEVEDO, Fernando de. A cultura brasileira. 6. ed., Brasília: UNB; Rio de Janeiro: UFRJ, 1996.

**FEIRA DE CIÊNCIAS.** Disponível em:  
<http://cultura.culturamix.com/curiosidades/experiencias-para-feira-de-ciencias>. Acesso em: 18/07/2018.



## APÊNDICE 1

**Código escrito no IDE do Arduino para configuração: CRONÔMETRO**

```

//Mestrado Profissional em Ensino de Física.
//Produto educacional para construção e desenvolvimento de experiencia para medição de
velocidade
// CRONOMETRO
//Referencia http://arduinoescola.blogspot.com.br/
#include <LiquidCrystal.h>

//pinos que serão ligados o LCD ao arduino
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

// saída do sensor reflexivo ( HIGH: sem objeto; LOW: detectado objeto)
bool PIR;
unsigned long tempo;
bool aContar = false;
void setup() {
  lcd.begin(16, 2);//LCD de 16 colunas, 2 linhas
  pinMode(13, INPUT); //Vout PIR
  pinMode(9, INPUT);
  analogWrite(6, 50); //definições de contraste do LCD
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Preparando...");
}

void loop() {
  if (digitalRead(13) == 0 && !aContar) {
    aContar = true;
    tempo = millis(); // tempo inicial da contagem em ms
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Medindo...");
  }
  if (digitalRead(9) == 0 && aContar) {
    aContar = false;
    unsigned long total = millis() - tempo; //tempo de duração do impulso LOW (ms)
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Tempo = ");
    lcd.print(total / 1000.0, 3); // tempo em segundos usando 3 casas decimais
    lcd.setCursor(13, 0);
    lcd.print("s");
    delay(10000);
    lcd.clear();
    lcd.print("Preparado...");
  }
}
}

```

## APÊNDICE 2

### **Código escrito no IDE do Arduino para configuração: RADAR REFLEXIVO**

```
//Mestrado Profissional em Ensino de Física.
//Produto educacional para construção e desenvolvimento de experiência para medição de
velocidade
//RADAR REFLEXIVO
#include <LiquidCrystal.h>
//pinos que serão ligados o LCD ao arduino
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
// saída do sensor reflexivo( HIGH: sem objeto; LOW: detectado objeto)
bool PIR;
unsigned long tempo;
bool aContar = false;

void setup()
{
  lcd.begin(16, 2); // put your setup code here, to run once:
  pinMode(6, OUTPUT);
  pinMode(9, INPUT);
  analogWrite(6,50); //definição de contraste do LCD
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("preparado...");
}

void loop() {
  if (digitalRead(9) == 0 && !aContar) {
    aContar = true;
    tempo = millis();// tempo = millis(); tempo inicial da contagem ms
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("medindo..");
  }
  if (digitalRead(9) == 1 && aContar){
    aContar = false;
    unsigned long total = millis() - tempo;
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("tempo = ");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(total / 1000.0, 3);
    lcd.setCursor (8, 1);
    lcd.print("s");
  }
}
```