

PRODUTO EDUCACIONAL

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física
Polo **ufes** Sorocaba



A DANÇA E AS LEIS DE NEWTON

RUBENS PANTANO FILHO

MÁRLON CAETANO RAMOS PESSANHA

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

Sorocaba - SP
Abril de 2024

A DANÇA E AS LEIS DE NEWTON

Figura A.1 – Acrobacia.



Fonte: **Cirque Phénix**, 2013. Disponível em: <https://lasaveurdesjours.wordpress.com/2013/11/28/l'empereur-de-jade-la-legende-rendue-vivante-par-les-etoiles-du-cirque-de-pekin/>. Acesso em: 29 out. 2023.

RUBENS PANTANO FILHO

LISTA DE FIGURAS

Figura A.1 – Acrobacia.....	2
Figura A.2 – Dança irlandesa.....	7
Figura A.3 – Salto no balé.....	11
Figura A.4 – Salto de uma bailarina de balé.....	13
Figura A.5 – Salto de uma bailarina de balé (resposta esperada).....	13
Figura A.6 – Salto de um bailarino de Hip Hop.....	14
Figura A.7 – Salto em altura de Javier Sotomayor.....	15
Figura A.8 – Acrobacia circense.....	17
Figura A.9 – Equilíbrio de dois bailarinos.....	22
Figura A.10 – Forças sobre os bailarinos.....	22
Figura A.11 – Forças sobre os bailarinos (resposta esperada).....	22
Figura A.12 – Poligonal das forças nos bailarinos.....	24
Figura A.13 – Dervishes.....	25
Figura A.14 – Cinco voadores de Papantla.....	27
Figura A.15 – A Dança dos Voadores.....	27
Figura A.16 – Dois bailarinos voadores.....	28
Figura A.17 - Detalhes das vestimentas.....	31
Figura A.18 – Pêndulo cônico.....	33
Figura A.19 – As forças sobre o corpo no pêndulo cônico.....	34
Figura A.20 – Grupo de Capoeira.....	37
Figura A.21 – Cirque de Soleil.....	41
Figura A.22 – Forças de atrito no pé do bailarino, enquanto a outra perna executa o “lápiss”	44
Figura A.23 – Apoio incorreto sobre toda a base do pé para execução do lápiss.....	45

APRESENTAÇÃO

INTRODUÇÃO

O Produto Educacional (PE) “A Dança e as Leis de Newton” consiste de uma proposta de atividades para realização no Ensino Médio (EM) quando do desenvolvimento da Mecânica Newtoniana, utilizando a Arte – a Dança em particular – como elemento para motivação e integração de conhecimentos.

No contexto dessa proposta, trabalha-se com a Ciência – e a Física, um de seus ramos – como um dos componentes da cultura humana, inserido no largo espectro cultural construído pela humanidade, o qual abarca uma gama enorme de outros elementos, tais como as crenças, a lei, os costumes, entre outros.

Para melhor refletir sobre esse tema - Ciência e Cultura -, sugere-se aos interessados a leitura dos trabalhos de João Zanetic, da Universidade de São Paulo (Brasil), Luís Paulo Piassi, também da Universidade de São Paulo (Brasil), Glen Aikenhead, da *University of Saskatchewan* (Canadá) e Maria Eduarda Vaz Moniz dos Santos, da Universidade de Lisboa (Portugal).

Em paralelo, a dança - uma forma de comunicação não-verbal - também se coloca como componente da cultura humana. É uma linguagem social que transmite sensações e sentimentos, ocupando um papel essencial na vida do ser humano, representando diversos aspectos da vida do homem.

A dança é uma das manifestações culturais da humanidade, uma das mais antigas manifestações artísticas, que tem origem nos movimentos naturais do corpo humano, para expressar emoções e sentimentos.

Assim, tendo em vista que a dança é essencialmente movimento, ela se torna um terreno fértil e interessante para trabalhar alguns conceitos fundamentais da Mecânica básica: velocidade, força, energia, torque, entre outras possibilidades.

AS ATIVIDADES

A Mecânica básica é, costumeiramente, desenvolvida no primeiro ano desse ciclo de ensino. Assim, esse PE está sendo proposto para ser aplicado – a título de sugestão - ao longo de um ano letivo, em seis etapas distribuídas nos períodos bimestrais, com a sugestão de que ao menos uma delas seja realizada em cada bimestre do ano.

Justifica-se a distribuição das atividades ao longo do ano letivo e não concentradas, por exemplo, em uma sequência didática, que ocuparia um conjunto de aulas relativamente próximas, pois considera-se que para integrar Física e a Dança faz-se necessário apresentar um conjunto mais amplo de situações nas quais essa integração esteja presente.

Com essas premissas, esse PE é composto de seis atividades a seguir nomeadas:

- a) ATIVIDADE 1: Movimento e Referencial;
- b) ATIVIDADE 2: Movimento no Campo Gravitacional;
- c) ATIVIDADE 3: Forças e Equilíbrio;
- d) ATIVIDADE 4: Dinâmica do Movimento Circular;
- e) ATIVIDADE 5: Energia Mecânica;
- f) ATIVIDADE 6: Equilíbrio de Corpo Rígido.

Cada uma das seis atividades pode ser realizada pelos estudantes com orientação do professor em um conjunto de aulas simples ou duplas, dependendo da atividade e das características da turma, com duração aproximada de 45 min / 50 min ou 1h30min / 1h40min cada uma.

Para aplicação das atividades, as salas de aula ou os ambientes nos quais as mesmas serão desenvolvidas devem estar adequados para a projeção de vídeos (computador e *Data Show*) e com sistema de som. Imagens e sons apropriados são fundamentais para o bom andamento dos trabalhos.

As atividades aqui propostas podem ser realizadas de duas maneiras, de acordo com a avaliação pelo professor da complexidade dos temas nelas envolvidos, bem como das características das turmas nas quais serão aplicadas:

- a) primeiramente os estudantes, divididos em grupos de quatro componentes, assistem e analisam vídeos ou imagens fixas. Em geral, também devem ler algum texto de apoio. Depois respondem a um conjunto de questões propostas, visando ao entendimento e à incorporação dos conceitos envolvidos;
- b) num primeiro momento, são apresentados e discutidos pelo professor alguns conceitos básicos sobre o tema. Logo em seguida, os estudantes, divididos em grupos de quatro componentes, assistem e analisam vídeos ou imagens fixas. Em geral, também devem ler algum texto de apoio. Depois respondem a um conjunto de questões propostas visando ao entendimento e à incorporação dos conceitos envolvidos.

A seguir são descritas as seis atividades propostas.

ATIVIDADE 1

MOVIMENTO E REFERENCIAL

Figura A.2 – Dança irlandesa.



Fonte: John Benson. **Trinity Academy of Irish Dance**, 2010. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trinity_Academy_of_Irish_Dance.jpg. Acesso em: 19 set. 2020.

Esta primeira atividade foi pensada para ser aplicada na abertura do ano letivo, logo após as aulas iniciais de apresentação da disciplina. Pretende-se com ela dar início à discussão da Cinemática, capítulo com o qual, geralmente, introduz-se o estudo da Mecânica no primeiro ano do EM.

Primeiramente, deve-se explicitar aos estudantes que se dará início do estudo dos movimentos – a Mecânica – e que, para tanto, a primeira atividade proposta contempla uma discussão dos conceitos de movimento, repouso e referencial. Além disso, explicar também que a atividade contempla uma interação entre Física e a Dança.

PARTE 1

OBJETIVO: compreender os conceitos de movimento, repouso e referencial.

GRUPOS: esta atividade está programada para ser realizada em grupo de 04 (quatro) colegas.

DINÂMICA: leiam atentamente cada pergunta, discutam no âmbito do grupo, tentando estabelecer uma posição de consenso. Somente depois, respondam às questões propostas.

DURANTE A ATIVIDADE: a) argumentem; b) todas as opiniões são importantes; c) saibam ouvir; d) cedam a palavra; e) reflitam sobre argumentos que são contrários aos seus.

DURAÇÃO PREVISTA PARA A ATIVIDADE: duas aulas de 45 ou 50 min cada parte.

01) Um corpo está em **MOVIMENTO** quando _____

02) Um corpo está em **REPOUSO** quando _____

03) Um corpo pode estar em **MOVIMENTO** e em **REPOUSO** ao mesmo tempo?

a) SIM

b) NÃO

Justifiquem e/ou exemplifiquem _____

04) Um corpo pode estar em **MOVIMENTO** para uma pessoa (um observador) e, no mesmo instante, em **REPOUSO** para outra pessoa (outro observador)?

a) SIM

b) NÃO

Justifiquem e/ou exemplifiquem _____

05) Pode-se dizer que a Terra se move em torno do Sol? Ou podemos dizer que é o Sol que se move em torno da Terra?

Como vocês responderiam a essas questões? _____

06) **ARTE** (uma das definições) - é uma forma de o ser humano expressar suas emoções, sua história e sua cultura através de alguns valores estéticos, tais como beleza, harmonia, equilíbrio. A arte pode ser representada na música, na escultura, na pintura, no cinema, na dança, entre outras possibilidades.

FÍSICA (uma das definições) – ciência que investiga as leis do universo no que diz respeito à matéria e à energia, que são seus constituintes, e suas interações. A Física básica trata dos fenômenos mecânicos, ópticos, térmicos, eletromagnéticos, ondulatórios, etc.

ARTE e **FÍSICA** são duas áreas distintas do conhecimento humano ou, aparentemente, bem “distantes” uma da outra. Vocês acham que pode haver intersecções entre essas duas áreas?

Perguntando de outra forma: pode haver Arte na Física e/ou Física na Arte?

a) SIM

b) NÃO

Justifiquem e/ou exemplifiquem _____

FECHAMENTO DA ATIVIDADE: roda de conversa aberta e livre com os estudantes sobre a atividade desenvolvida.

GRUPO:

Nome: _____

Nome: _____

Nome: _____

Nome: _____

PARTE 2

Depois de respondidas as questões propostas, assistir em sequência os dois vídeos de performances de dança contemporânea do grupo de dança dirigido pelo coreógrafo, dançarino e artista francês Yoann Bourgeois.

Yoann Bourgeois iniciou suas atividades com artes circenses em *Châlons-en-Champagne*, cidade e comuna do nordeste da França, e dirigiu a companhia de dança itinerante *Compagnie Yoann Bourgeois*. O jornal *The New Yorker* o descreveu como um “acrobata do *nouveau-cirque*” e Wesley Morris, no *The New York Times*, chamou-o de “dramatista da física”. Ele foi o primeiro artista treinado em circo a dirigir em um Centro Coreográfico Nacional, o que fez na *Maison de la Culture* da cidade de *Grenoble*, de 2016 a 2022.

O primeiro vídeo, com Yoann Bourgeois e Marie Bourgeois, consiste de uma performance apresentada em 22 de outubro de 2022, por ocasião da pré-inauguração do Hangar Y, o novo centro cultural e de eventos da cidade de *Meudon*, França. Música: *Wild is the wind*, com Nina Simone.

Vídeo 1: *Celui qui tombe* (Aquele que cai)

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=J-sJtUpftFU>.

Acesso em: 06 mar. 2023.

O segundo vídeo, também protagonizado por Yoann Bourgeois, Marie Bourgeois e sua companhia de dança, consiste em performances apresentadas em 26 e 27 de agosto de 2016 no Festival Internacional de Berlim, Alemanha. Música: *My Way*, com Frank Sinatra.

Vídeo 2: *Celui qui tombe* (Aquele que cai),

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=n0zqQxz4DHs>.

Acesso em: 06 mar. 2023.

Depois de assistirem os dois vídeos, responder novamente o mesmo questionário.

Observação:

Há necessidade de, pelo menos, duas cópias para cada grupo, uma para ser respondida antes e outra para ser respondida após os alunos assistirem os vídeos.

Depois de aplicadas as duas etapas da atividade, é importante comparar o que foi respondido antes com o que foi respondido depois de eles terem assistido os vídeos, para assim avaliar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema e também para verificar se houve mudança significativa de entendimento com relação aos conceitos envolvidos.

ATIVIDADE 2

MOVIMENTO NO CAMPO GRAVITACIONAL

Figura A.3 – Salto no balé.



Fonte: Rafael Zart. **Filial da Bolshoi, Santa Catarina**, 2019. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Em_Santa_Catarina,_ministro_prestigia_iniciativas_de_acesso_%C3%A0_Cultura_\(48861359516\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Em_Santa_Catarina,_ministro_prestigia_iniciativas_de_acesso_%C3%A0_Cultura_(48861359516).jpg). Acesso em: 01 nov. 2023.

Esta segunda atividade foi pensada para ser aplicada após já terem sido trabalhados os conceitos de velocidade, aceleração, MRU, MRUV, vetores, força peso, queda livre e lançamento oblíquo de projéteis, de modo que os estudantes, nesse momento, já tenham conhecimento das propriedades do movimento de um corpo no campo gravitacional terrestre, nas proximidades da superfície.

OBJETIVO: compreender propriedades do movimento de um corpo no campo gravitacional.

GRUPOS: esta atividade está programada para ser realizada em grupo de 04 (quatro) colegas.

DINÂMICA: leiam atentamente cada pergunta, discutam no âmbito do grupo, tentando estabelecer uma posição de consenso. Somente depois, respondam às questões propostas.

DURANTE A ATIVIDADE: a) argumentem; b) todas as opiniões são importantes; c) saibam ouvir; d) cedam a palavra; e) reflitam sobre argumentos que são contrários aos seus.

DURAÇÃO PREVISTA PARA A ATIVIDADE: uma aula de 45 ou 50 min.

01) Um corpo pequeno, denso e compacto é lançado obliquamente nas proximidades da Terra. Considerando desprezível a resistência do ar, pode-se dizer que a trajetória por ele descrita tem o formato: _____

Interessante também é refletir sobre o movimento de um corpo extenso lançado obliquamente nas proximidades da Terra. Pode ser, por exemplo, o salto de uma bailarina de balé. Neste caso, há um ponto do corpo, o qual denominamos centro de massa (CM), que é o local onde pode-se imaginar toda a massa do corpo ali concentrada e como se todas as forças externas estivessem nele aplicadas. Para o corpo humano ereto, o CM está localizado muito próximo do umbigo.

O **Balé** é um estilo de dança que se originou nas cortes da Itália renascentista durante o século XV, e que se desenvolveu ainda mais na Inglaterra, Rússia e França como uma forma de dança de concerto.

Etimologia: a palavra balé vem do francês “ballet”, que, por sua vez, tem origem na palavra italiana “balletto”, diminutivo de *ballo* (dança), que vem do latim “ballare”, que significa dançar.

Assim, partindo dessas informações e considerando a foto de múltipla exposição a seguir (Figura A.4), trace a trajetória do CM da bailarina durante o salto.

Figura A.4 – Salto de uma bailarina de balé.



Fonte: Jon Gray. **Salto da bailarina**. 2023. Disponível em: <https://www.jongrayphotographer.co.uk/dance-2/>. Acesso em: 02 jul. 2023.

Na Figura A.5 a seguir está a resposta esperada:

Figura A.5 – Salto de uma bailarina de balé (resposta esperada).



Fonte: Jon Gray. **Salto da bailarina**. 2023. Disponível em: <https://www.jongrayphotographer.co.uk/dance-2/>. Acesso em: 02 jul. 2023.

02) Qual a trajetória descrita pelo CM da bailarina?

03) O **Hip Hop** é um movimento artístico e cultural que mistura música, dança, moda, grafite e diversos outros elementos para criar uma estética urbana e única. Trata-se de um movimento que nasceu no bairro do Bronx, em Nova York, na década de 1970, pelas comunidades jamaicanas, latinas e afro-americanas da cidade. Portanto, é um movimento que nasceu nas periferias urbanas e que, por esse motivo, passou por uma grande marginalização durante o começo da sua história. A etimologia do termo vem da união de duas palavras do inglês: “hip”, que significa algo atual, que está acontecendo no momento, e “hop”, que faz referência ao movimento da dança.

A Figura A.6 a seguir mostra um salto de um dançarino de hip hop. Imagine que, no instante da foto, ele está na sua máxima altura. Desenhe sobre a imagem dois vetores no centro de massa do bailarino: a) a velocidade vetorial no instante considerado; b) a ação gravitacional sobre ele.

Figura A.6 – Salto de um bailarino de Hip Hop.



Fonte: Adobe Stock. *Hip hop dancer jumping high on concrete*. Disponível em: https://as1.ftcdn.net/v2/jpg/00/83/80/46/1000_F_83804604_wq6fmIAxvbl0jS0wYfYXv17rhYhrGEW3.jpg. Acesso em: 02 jul. 2023.

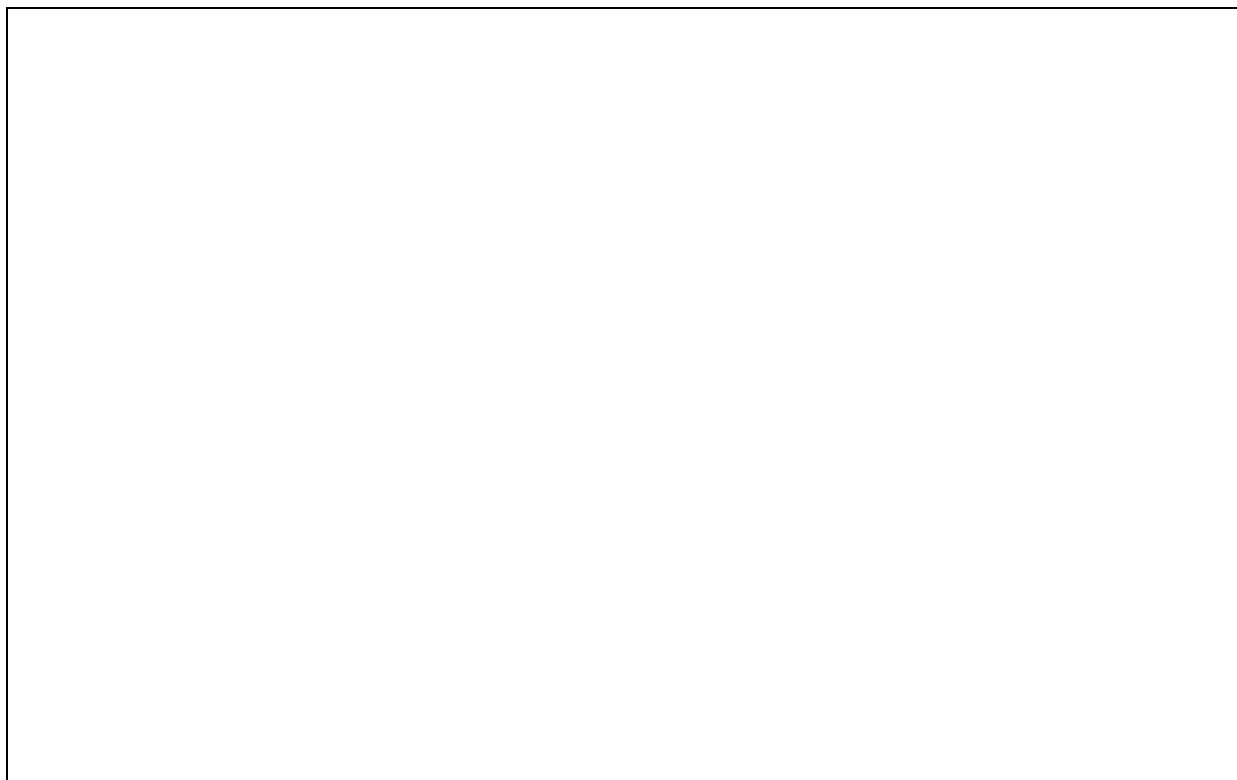
04) Agora um pouco de esporte. No salto em altura a técnica mais utilizada atualmente é o estilo Fosbury, inventada pelo norte-americano Dick Fosbury, nas Olimpíadas de 1968. Naquela competição, ele bateu o recorde olímpico, saltando 2,24 m. Mais tarde, em 1993, o cubano Javier Sotomayor bateu o recorde mundial na modalidade com 2,45 m. Imagine na Figura A.7 a seguir Sotomayor no momento do recorde, supondo que ultrapassou o sarrafo **horizontalmente** com velocidade 6,0 m/s. Considere ausência de resistência do ar e $g = 10$

m/s^2 . Determine, a partir desse instante: a) o tempo de queda do atleta; b) o alcance horizontal após ele ultrapassar o sarrafo; c) o valor da componente vertical da velocidade quando ele toca o solo; d) o valor da velocidade quando ele toca o solo.

Figura A.7 – Salto em altura de Javier Sotomayor.



Fonte: Kiara González Escobar. *Javier Sotomayor y la “utopia” del salto alto*. 2015. Disponível em: <https://oncubanews.com/deportes/javier-sotomayor-y-la-utopia-del-salto-alto/>. Acesso em: 02 jul. 2023.



FECHAMENTO DA ATIVIDADE: roda de conversa aberta e livre com os estudantes sobre a atividade desenvolvida.

GRUPO:

Nome: _____

Nome: _____

Nome: _____

Nome: _____

ATIVIDADE 3

FORÇAS E EQUILÍBRIO

Figura A.8 – Acrobacia circense.



Fonte: Nevit Dilmen. **Cirque de Soleil Alegria, Istanbul, Turkey**, 2012. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cirque_du_Soleil_Istanbul_2012_Alegria_1200682_nevit.jpg. Acesso em: 01 nov. 2020.

Esta terceira atividade foi pensada para ser aplicada logo após já terem sido discutidos os conceitos de força, particularmente a força peso e as forças de contato, bem como as 3 Leis de Newton.

PARTE 1

OBJETIVO: compreender o conceito de forças de campo e de contato.

GRUPOS: esta atividade está programada para ser realizada em grupo de 04 (quatro) colegas.

DINÂMICA: leiam atentamente cada pergunta, discutam no âmbito do grupo, tentando estabelecer uma posição de consenso. Somente depois, respondam às questões propostas.

DURANTE A ATIVIDADE: a) argumentem; b) todas as opiniões são importantes; c) saibam ouvir; d) cedam a palavra; e) reflitam sobre argumentos que são contrários aos seus.

DURAÇÃO PREVISTA PARA A ATIVIDADE: uma aula de 45 ou 50 min cada parte.

A dançarina, atleta e diretora Julie Gautier é praticante de apneia (mergulho livre) há vários anos, tendo participado de campeonatos mundiais da modalidade, tornando-se recordista francesa, em 2008, depois de chegar a 62 m de profundidade.

No filme AMA, um curta-metragem dirigido por ela e filmado em Veneza (Itália) na piscina mais profunda do mundo, a dançarina subaquática realiza uma performance ininterrupta, dançando por 6 min a 40 m de profundidade, sem nenhum tipo de equipamento para respirar (Ito, 2018).

O filme foi exibido em festivais de cinema de vários países, tais como Alemanha, Rússia e Bélgica. Estreado no dia 8 de Março de 2018, na celebração do Dia Internacional da Mulher, o título do filme AMA, “mulher do mar” em japonês, faz referência ao termo que designa as mulheres que no Japão mergulham em profundidade para apanhar pérolas, sem recurso a qualquer tipo de equipamento, uma prática milenar já quase extinta no país (Ito, 2018)

Referência

ITO, Carol. **Mergulho Profundo.** 2028. Disponível em: <https://revistatrip.uol.com.br/tpm/julie-gauthier-mergulhadora-e-cineasta-danca-a-40-metros-de-profundidade-no-curta-ama>. Acesso em 10 dez. 2022.

Assistir o vídeo e, logo após responder às questões propostas a seguir.

Vídeo 1: *AMA - a short film by Julie Gautier*

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=bdBuDg7mrT8>.

Acesso em: 06 mar. 2023.

01) **FORÇA** é uma grandeza _____ (escalar / vetorial) que consiste em uma ação de um corpo sobre outro, ou seja, representa uma interação entre dois corpos distintos. Assim, as forças ocorrem sempre _____ (isoladamente / aos pares).

02) Na natureza, encontramos forças de campo ou de contato. Conceitue e exemplifique cada modalidade.

a) Forças de Campo: _____

b) Forças de Contato: _____

03) No vídeo, a bailarina parece ficar mais leve ao dançar debaixo d'água. Nesse caso, o peso da bailarina diminuiu?

a) SIM

b) NÃO

Expliquem _____

04) Durante a performance debaixo d'água, há alguma outra força sendo exercida sobre a bailarina além da força peso?

a) SIM

b) NÃO

Expliquem _____

05) Em caso positivo, essa força é de campo ou de contato? Pesquisem na Internet sobre essa força.

Expliquem _____

Depois de aplicada a atividade, na aula seguinte a mesma foi analisada e discutida. Depois disso, procedeu-se uma análise do que foi respondido, para avaliar se houve apreensão dos conceitos.

GRUPO:

Nome: _____

Nome: _____

Nome: _____

Nome: _____

No final da atividade, sugere-se que os estudantes assistam um pequeno documentário que conta um pouco da história sobre as “AMA”, mulheres caçadoras de pérolas, tradição milenar na cultura japonesa.

Vídeo 2: *AMA – mergulhadoras japonesas*

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=54AOwVAUcK4&t=467s>.

Acesso em: 13 jul. 2023.

Observação:

O vídeo 2 mostra algumas cenas originais, nas quais as mergulhadoras japonesas aparecem com os seios desnudos, vestindo apenas um short, como acontecia até o final dos anos 1940, após a Segunda guerra Mundial.

Dependendo das características da turma de estudantes, pode haver constrangimento em exibir esse vídeo. Nesse caso, pode-se utilizar uma segunda opção, agora com elas vestidas, como ocorre atualmente.

Vídeo 3: *Japanese women diving for pearls on Pearl Island Japan*

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Dm1O_G1I36I.

Acesso em: 13 jul. 2023.

PARTE 2

OBJETIVO: compreender as condições de equilíbrio de um corpo.

GRUPOS: esta atividade está programada para ser realizada em grupo de 04 (quatro) colegas.

DINÂMICA: leiam atentamente cada pergunta, discutam no âmbito do grupo, tentando estabelecer uma posição de consenso. Somente depois, respondam às questões propostas.

DURANTE A ATIVIDADE: a) argumentem; b) todas as opiniões são importantes; c) saibam ouvir; d) cedam a palavra; e) reflitam sobre argumentos que são contrários aos seus.

DURAÇÃO PREVISTA PARA A ATIVIDADE: uma aula de 45 ou 50 min.

01) Grandezas vetoriais são somadas de um modo um tanto distinto daquele usado para somar grandezas escalares, tendo em vista a necessidade de levarmos em consideração as direções e sentidos a elas associados. Explique sucintamente esse processo de soma.

a) Método do paralelogramo: _____

b) Método da poligonal: _____

02) Quando a resultante das forças aplicadas sobre uma partícula é nula, então ela está em equilíbrio. Esse equilíbrio pode ser estático ou dinâmico. O que significa cada caso?

a) Equilíbrio estático: _____

b) Equilíbrio dinâmico: _____

03) Um corpo em **MOVIMENTO** pode estar em equilíbrio?

a) SIM

b) NÃO

Justifiquem e/ou exemplifiquem _____

04) Um corpo que **MOMENTANEAMENTE** tem velocidade nula está, necessariamente, em equilíbrio?

a) SIM

b) NÃO

Justifiquem e/ou exemplifiquem _____

05) Na Figura A.9 a seguir, registra-se um instante de equilíbrio em que dois bailarinos realizam um movimento acrobático em um ensaio para uma apresentação de dança.

Figura A.9 – Equilíbrio de dois bailarinos.



Fonte: do autor.

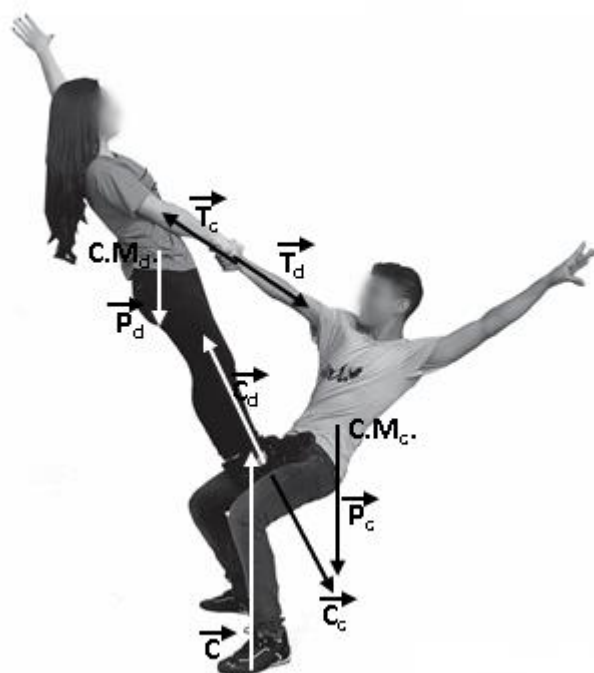
Supondo-os momentaneamente em equilíbrio e também que não há tendência de escorregamento relativo da bailarina sobre a perna do bailarino, representem na imagem a seguir (Figura A.10) as forças atuantes sobre eles.

Figura A.10 – Forças sobre os bailarinos.



Fonte: do autor.

Na Figura A.11 a seguir está representada a resposta esperada:

Figura A.11 – Forças sobre os bailarinos (resposta esperada).

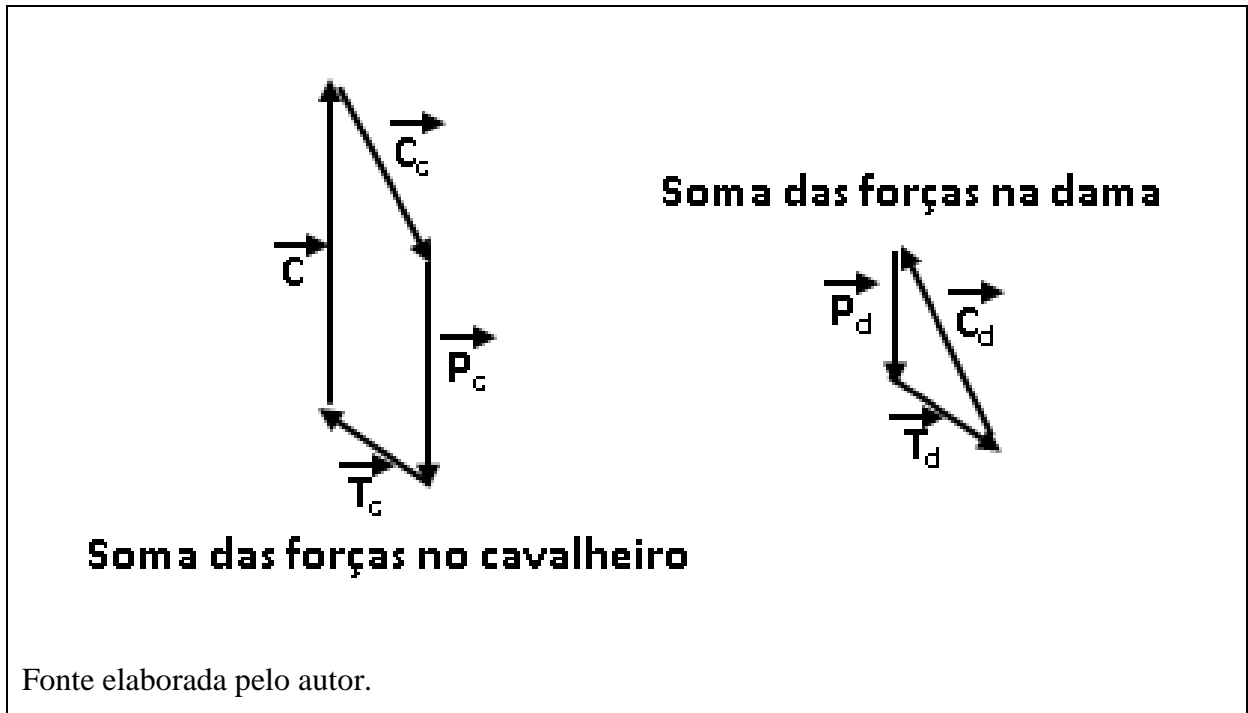
Fonte: do autor.

06) Novamente, supondo os bailarinos momentaneamente em equilíbrio, desenhe a poligonal de forças para cada um deles. Supondo a massa do bailarino igual a 100 kg e a da bailarina igual a 40 kg (valores fictícios), desenhe as forças em escala.



Na Figura A.12 está representada a resposta esperada:

Figura A.12 – Poligonal das forças nos bailarinos.



07) Para cada bailarino, uma vez que está em equilíbrio, a poligonal de forças correspondente deve ser: _____

Justifiquem _____

FECHAMENTO DA ATIVIDADE: roda de conversa aberta e livre com os estudantes sobre a atividade desenvolvida.

GRUPO:

Nome: _____

Nome: _____

Nome: _____

Nome: _____

ATIVIDADE 4

DINÂMICA DO MCU

Figura A.13 – Dervishes.



Fonte: Dosseman. **Rizvaniye Camii Dervishes preparations**, 2005. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%C5%9Ean%C4%B1urfa_Dervishes_3401.jpg. Acesso em: 19 set. 2020.

Esta quarta atividade foi pensada para ser aplicada logo após já terem sido trabalhados os conceitos básicos da dinâmica do MCU, de modo que os estudantes, nesse momento, já tinham conhecimento das três Leis de Newton, o conceito de velocidade vetorial, aceleração radial, força resultante centrípeta e a dinâmica do MCU.

PARTE 1 - Leitura de artigo

OBJETIVO: conhecer a cultura do Povo Totonaca e compreender a dinâmica do MCU.

GRUPOS: esta atividade está programada para ser realizada em grupo de 04 (quatro) colegas.

DINÂMICA: leiam atentamente cada pergunta, discutam no âmbito do grupo, tentando estabelecer uma posição de consenso. Somente depois, respondam às questões propostas.

DURANTE A ATIVIDADE: a) argumentem; b) todas as opiniões são importantes; c) saibam ouvir; d) cedam a palavra; e) reflitam sobre argumentos que são contrários aos seus.

DURAÇÃO PREVISTA PARA A ATIVIDADE: uma aula de 45 ou 50 min.

Física e Arte: a Dança dos Voadores de Papantla (Pantano Filho, 2020).

A Dança dos Voadores ou dança dos *hombres pájaros* é um ritual folclórico, com profundo significado espiritual, que consiste em poderoso símbolo da cultura Totonaca, povo indígena que habita na Serra Norte de Puebla e no estado de Vera Cruz (ou Veracruz), em particular na cidade de Papantla, México. Essa dança, praticada há centenas de anos, desde o período pré-hispânico, teria surgido entre os povos originários mesoamericanos – provavelmente entre os nahuas, huastecos e otomis (Becattini, 2017). Em 2009, essa dança foi reconhecida pela UNESCO como Patrimônio Imaterial da Humanidade.

Nesse ritual, a dança tem início com cinco homens que sobem ao topo de um tronco de madeira de altura entre vinte e trinta metros, no qual há um quadro de madeira em sua parte mais elevada. Quatro deles - os discípulos - são amarrados pelos pés, cada um em uma de quatro cordas, cujas outras extremidades estão presas no topo da torre. O quinto homem – o caporal – fica em pé sobre a torre. Na celebração, os quatro discípulos, que são os dançarinos voadores, representam os quatro pontos cardeais – Norte, Sul, Leste e Oeste -, bem como também representam os quatro elementos: terra, ar, fogo e água. O caporal – líder do grupo - encena o quinto elemento, o sol (Llano, 2015). Observe a Figura A.14.

Uma vez no topo da torre, o caporal reconhece os quatro pontos cardeais, partindo do Leste, porque acredita-se – na cultura Totonaca - que a vida veio dessa direção. Inicialmente, os quatro voadores sentam no quadro de madeira e enfrentam o caporal. Logo depois, em um

momento apropriado, eles caem para trás “feridos”, para então descenderem, suspensos pelas cordas.

Depois desse evento inicial, ao mesmo tempo em que dança, o caporal toca uma flauta ou um tambor, provocando um movimento giratório da plataforma de madeira. Dessa forma, os voadores vão caindo, em movimento de rotação em torno do tronco central, criando uma espécie de cone em movimento giratório.

Figura A.14 – Cinco voadores de Papantla.



Fonte: Luísa Vaz. **Voladores de Papantla en Cholula, Puebla**, 2015. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Voladores_de_Papantla_en_Cholula,_Puebla,_Pue._12.jpg. Acesso em: 19 set. 2020.

Durante a dança, na medida em que a plataforma começa a girar, as cordas vão se “abrindo” e os voadores vão descendo rodopiando, amarrados pelos pés e de cabeças para baixo; ao término da dança, as cordas vão se “fechando” (Figura A.15).

Figura A.15 – A Dança dos Voadores.



Fonte: Simon Burchell. **El baile ritual del palo volador, afuera de las ruinas de El Tajín, Papantla**, 2007. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Palo_volador,_Tajín,_México_06.jpg. Acesso em: 19 set. 2020.

Ao descer girando, cada um dos participantes adota uma posição de pernas diferente dos demais, representando as várias formas com as quais a chuva cai sobre a Terra (Becattini, 2017). Na descida, cada voador gira em torno do tronco treze vezes, correspondente ao número de meses do calendário maia, que multiplicado por quatro – o número de voadores - resulta em cinquenta e duas voltas, que representa um ciclo solar nos calendários indígenas pré-hispânicos (Veríssimo, 2018). Observe a Figura A.16.

Figura A.16 – Dois bailarinos voadores.



Fonte: Inés Tan. **Palo de los voladores de Papantla**, 2020. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Palo_de_los_voladores_de_Papantla.jpg. Acesso em: 19 set. 2020.

A tradição

Na verdade, em sua forma mais tradicional, o ritual tem início muito antes da dança, quando o grupo seleciona uma árvore na floresta, em geral a mais alta. A seleção da árvore, que deve ser aprovada pelo caporal, seu corte e a montagem da cerimônia recebe a denominação de *tsakáe kiki*. Uma vez aprovada, o caporal pede permissão ou o perdão ao deus da montanha – *Quihuicolo* - para tomá-la, dançando e cantando em torno da árvore e pedindo perdão por tirar a vida de um ser vivo da natureza. A árvore é então cortada, seus ramos são retirados e seu tronco é fixado num local previamente escolhido (Gutierrez, 2015). Antes de erguer o tronco, oferendas de flores, copal (um tipo de resina extraída de certas árvores), álcool, velas e frangos ou um peru são colocados no buraco. Estes são então esmagados quando o tronco é erguido,

para que se somem à fertilidade da terra. O tronco torna-se assim um ponto de conexão entre o céu e a terra, e do submundo com o mundo da superfície, o eixo central de todo o universo.

Após a fixação do tronco, realizam-se então cânticos e orações para que, durante o ritual, nenhum dos participantes venha perder a vida. Os dançarinos são purificados com álcool aspergido sob a forma de uma cruz, fumo e tabaco. Depois disso, os cinco homens começam a escalar o poste, com o caporal em primeiro lugar. Por ser o líder do grupo, o caporal não descerá, ficando no topo do mastro até perto do fim da cerimônia.

Essa celebração tem origem em um mito dos Totonaca. Há muito anos, teria havido uma grave seca que trouxe fome, doenças e morte para a comunidade. Segundo eles, os deuses estavam retendo a chuva porque o povo os tinha negligenciado. A cerimônia fora criada para apaziguar os deuses e, assim, trazer as chuvas de volta. Em outra versão, o ritual teria sido criado, pelo mesmo motivo, por antigos homens de uma aldeia, que escolheram cinco jovens castos para a consagração. A árvore mais alta na floresta próxima foi cortada, com a permissão do deus da montanha - *Quihuicolo* -, despojada de ramos e arrastada até a aldeia, onde o tronco foi erguido com muita cerimônia. E a dança deveria ser feita em local alto, para que as preces chegassem aos céus rapidamente (Gutierrez, 2015). De acordo com o mito Totonaca, a dança seria decorrente da resposta dos deuses, que teriam dito aos homens: “Dancem, e vamos observar.” Assim, o ritual teria agradado ao deus da chuva e aos outros deuses, de modo que as chuvas retornaram e, com isso, foi retomada a fertilidade da terra.

No período pré-hispânicos, o ritual era bem mais complexo, envolvendo também tabus e meditação. Os participantes da cerimônia representavam aves e, assim, apresentavam-se vestidos como papagaios, araras, *quetzales* e águias, que representavam os deuses da terra, ar, fogo e água. O ritual está mais intimamente ligado com a chuva e as divindades solares, como *Xipe Totec* (deus da fertilidade) e *Tlazotlteotl* (deusa mãe da fertilidade, do parto, patroa dos médicos e ao mesmo tempo deusa cruel que trazia loucura).

Na simbologia dessa dança, o tronco dos voadores representa um falo gigantesco, o verdadeiro eixo do mundo ou a escada do céu que permite unir os espaços terrestres e infraterrestres. Colocado sobre uma elevação natural ou na praça do povo, quer dizer no centro do mundo, na intersecção dos rumos cósmicos e baixo, de oposição entre as forças diurnas e noturnas. Assim, o ritual seria uma metáfora da fertilização do céu à terra (Najera, 2008).

Há muito simbolismo na dança dos voadores e várias são as interpretações apontadas para a cerimônia. Llano (2015, p. 32), por exemplo, sintetiza cinco significados para a prática:

- a) A colocação dos voadores no quadro de cima representa os quatro pontos cardeais. O tronco vertical, onde fica em pé o caporal, simboliza uma quinta direção, dirigida ao centro da Terra;
- b) A ação de cravar um poste em um buraco na terra simboliza a cópula de um elemento masculino com outro feminino. É uma metáfora da fecundação;
- c) O ritual dos voadores representa a união das forças luminosas e quentes do mundo superior com as forças frias e escuras do mundo inferior. Ao mesclar essas forças, se consegue a fecundidade e a renovação da vida no mundo intermediário, onde vivem os seres humanos as plantas e os animais;
- d) O movimento do quadro encena o movimento permanente do cosmos;
- e) A ação dos voos simboliza principalmente as quedas das chuvas, indispensáveis para a cultura do milho. Na situação de seca, um pedido pelas águas.

Na modernidade

O ritual foi parcialmente perdido após a conquista, tendo em vista que os espanhóis destruíram muitos dos registros dos povos originários, bem como a Igreja, que era contra os rituais “pagãos”, que foram silenciados ou, então, passaram a ser praticados em segredo. Dessa forma, muito do que se sabe hoje é devido à tradição oral. Posteriormente, elementos católicos foram incorporados ao evento, que se tornou mais um espetáculo e desaparecendo na maior parte no México e da América Central.

Em tempos atuais, ocorreram uma série de mudanças nesse ritual, devido ao desmatamento de grande parte da Serra de Puebla e zonas de montanha de Veracruz. Hoje, a maioria dos voadores executa a dança em postes permanentes, não mais de madeira, mas feitos de metal que, em Veracruz, foram doados pela indústria petrolífera. No entanto, hoje, agradar os deuses ainda é parte da versão mais tradicional do ritual.

Nas comunidades menores, o ritual é realizado esporadicamente, no dia da festa do santo padroeiro da comunidade ou em outros eventos religiosos. Em comunidades maiores, tornou-se mais um evento para turistas, tal como ocorre com os voadores no Parque de Chapultepec, cidade do México. Grupos de voadores também já se apresentaram em muitas partes do México e em outros países, como parte de festivais culturais, visando promover internacionalmente o ritual e sua cultura.

A vestimenta dos voadores para o ritual consiste em calças vermelhas, camisa branca, um pano no peito e um boné. Na calça, no boné e no pano no peito há bordados e decoração com flores e pequenos espelhos. O pano no peito simboliza o sangue, o chapéu é adornado com flores para a fertilidade, os espelhos representam o sol e as fitas multicoloridas que adornam o topo do tronco representam o arco-íris. Observe a Figura A.17.

Figura A.17 - Detalhes das vestimentas.



Fonte: Alejandro Linares Garcia. **Voladores de Papantla, Veracruz**, 2010. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:OlderVoladorChurchPapanta.JPG>. Acesso em: 19 set. 2020.

Referências

BECATTINI, Natália. **Voadores de Papantla**: dança mágica para salvar o mundo. 2017. Disponível em: <https://www.360meridianos.com/especial/voadores-de-papantla>. Acesso em: 01 ago. 2020.

GUTIERREZ, Maria J. **Voadores de Papantla**: uma tradição de altos voos. 2015. Disponível em: <https://reportersombra.com/voadores-de-papantla-uma-tradicao-de-altos-voos/>. Acesso em: 01 ago. 2020.

LLANO, Héctor López de. **Los voladores de Papantla**: una mirada desde la etnomusicología. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2015.

NAJERA, Martha Iliá. El rito del “palo volador”; encuentro de significados. *Revista Española de Antropología Americana*. February 2008, v. 38, n. 1, p. 51-73.

PANTANO FILHO; Rubens. **Física e Arte**: a Dança dos Voadores de Papantla. In: FRANCO; Gabriele; SANCTIS, Ricardo José Orsi de; PANTANO FILHO, Rubens. **Educação, Ensino e Docência**. Salto: FoxTablet, 2020. p. 211-222.

VERÍSSIMO, Arthur. **Homens-Pássaros**: os voadores de Papantla, México. 2018. Disponível em: <http://arthurverissimo.virgula.com.br/2018/07/06/homens-passaros-os-voadores-de-papantla-no-mexico/>. Acesso em: 01 ago. 2020.

Depois da leitura, assistam agora um dos vídeos sobre a dança dos voadores, vários deles disponíveis na plataforma *Youtube*, tal qual o seguinte:

Vídeo: *Cultura mexicana, homens voadores.*

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KxHbKAN0AnQ&t=36s>.

Acesso em: 10 set. 2022.

Após a leitura e discussão do texto e visualização do vídeo, responder às questões a seguir:

01) A Dança dos Voadores é parte das tradições do povo Totonaca, um mito na cultura desses povos originários daquela região do México. O que se entende por mito?

02) Cite ao menos três significados da Dança dos voadores para o povo Totonaca.

FECHAMENTO DA ATIVIDADE: roda de conversa aberta e livre com os estudantes sobre a atividade desenvolvida.

GRUPO:

Nome: _____

Nome: _____

Nome: _____

Nome: _____

PARTE 2 - A Física do movimento dos voadores

OBJETIVO: compreender a dinâmica do MCU.

GRUPOS: esta atividade está programada para ser realizada em grupo de 04 (quatro) colegas.

DINÂMICA: leiam atentamente cada pergunta, discutam no âmbito do grupo, tentando estabelecer uma posição de consenso. Somente depois, respondam às questões propostas.

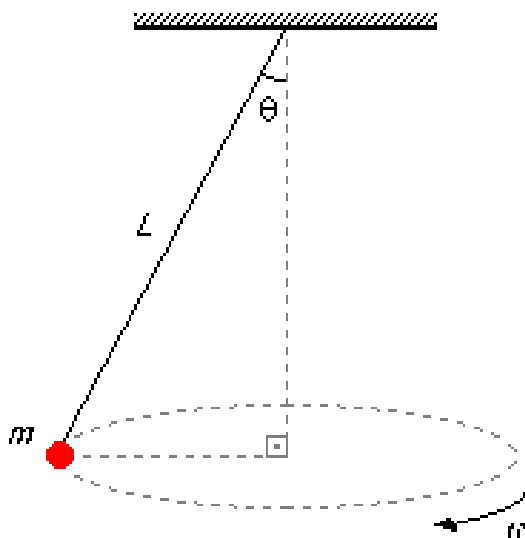
DURANTE A ATIVIDADE: a) argumentem; b) todas as opiniões são importantes; c) saibam ouvir; d) cedam a palavra; e) reflitam sobre argumentos que são contrários aos seus.

DURAÇÃO PREVISTA PARA A ATIVIDADE: uma aula de 45 ou 50 min.

Uma vez conhecida a tradicional dança dos voadores, a partir desse ponto passamos a analisar o movimento dos dançarinos do ponto de vista físico.

Na fase de descida em círculos, originária pela dança e pelos sons dos instrumentos executados pelo caporal, cada um dos voadores executa um movimento tal qual um pêndulo cônico. Esse é o termo que, na Física, é utilizado para designar um sistema em que um corpo de massa (m), suspenso por um fio de comprimento (L) descreve um movimento circular em um plano horizontal, com velocidade angular (ω), em geral constante, de modo que o fio faça uma “varredura” de uma superfície de um cone imaginário, conforme mostra a Figura A.18.

Figura A.18 – Pêndulo cônico.



Fonte: elaborada pelo autor.

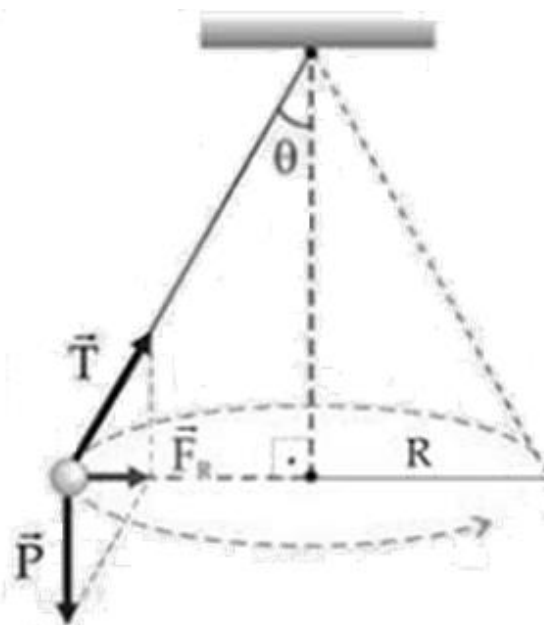
01) Qual a direção da velocidade de um dançarino em um determinado instante? Reproduza a figura representativa do pêndulo cônico e represente a velocidade vetorial do corpo girante em determinado instante.

02) Quantas e quais são as forças atuantes sobre cada dançarino, durante a descida? Quantas: _____. Quais: _____ e _____. Despreze a resistência do ar. Represente-as na reprodução da Figura A.18 característica do pêndulo cônico desenhada para responder à questão 01.

03) Determine graficamente, na mesma figura, a resultante das forças assinaladas na questão anterior. Qual a sua direção e sentido? _____

Na Figura A.19 está representada a resposta esperada:

Figura A.19 – As forças sobre o corpo no pêndulo cônico.



Fonte: elaborada pelo autor.

A soma vetorial dessas duas forças, P e T, constituirá então a resultante centrípeta necessária para manter o pêndulo nesse movimento, que estamos imaginando com velocidade angular constante (Serway; Jewett Jr., 2015). Assim, uma análise relativamente simples do triângulo retângulo formado pelas forças, que pode ser observado na Figura A.18, permitirá responder às seguintes questões:

04) O que impede o dançarino de “sair” pela tangente?

05) Deduza uma relação entre a força tensora na corda, o ângulo de inclinação do fio e a velocidade de rotação do corpo.

Resposta esperada:

$$T \cdot \cos\theta = P = m \cdot g$$

$$T = \frac{m \cdot g}{\cos\theta}$$

Além disso,

$$T \cdot \sin\theta = F_R = m \cdot \omega^2 \cdot R$$

$$R = L \cdot \sin\theta$$

Substituindo T e R, obtém-se:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L \cdot \cos\theta}}$$

Também é possível escrevermos a centrípeta na forma:

$$T \cdot \text{sen}\theta = F_R = m \frac{v^2}{R}$$

Mais uma vez, substituindo T e R, obtém-se a velocidade do corpo que gira:

$$v = \sqrt{L \cdot g \cdot \text{sen}\theta \cdot \text{tg}\theta}$$

06) O que acontece com o pêndulo, quando a velocidade de rotação é aumentada? Verifique isso com a relação deduzida na questão anterior.

Resposta esperada:

A equação para cálculo de (T) mostra que há uma relação entre a intensidade da força tensora no fio (T), a massa do corpo (m), a gravidade local (g) e o ângulo (θ) de inclinação do fio em relação à vertical. Assim, (T) aumentará com (m) e também com o aumento de (θ), ou seja, mais pesado o corpo e/ou mais “aberto” o cone, a força tensora na corda será mais intensa.

Por sua vez, a expressão para cálculo de (ω) mostra que há uma relação entre a velocidade angular (ω), a gravidade local (g), o comprimento do fio (L) e o ângulo (θ) de inclinação do fio em relação à vertical. Pode-se perceber que, por exemplo, para um determinado comprimento (L), o aumento da velocidade angular provocará um aumento do ângulo (θ), ou seja, um cone mais aberto. Por outro lado, fixando-se o ângulo (θ), para cada (L) maior teremos uma velocidade angular (ω) menor, ou seja, o pêndulo mais lento. Observa-se também que a velocidade de rotação independe da massa do corpo.

Referência

SERWAY, Raymond A.; JEWETT JR., John W. **Princípios de Física**. Mecânica Clássica e Relatividade. V. 1. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

FECHAMENTO DA ATIVIDADE: roda de conversa aberta e livre com os estudantes sobre a atividade desenvolvida.

GRUPO:

Nome: _____

Nome: _____

Nome: _____

Nome: _____

ATIVIDADE 5

ENERGIA MECÂNICA

Figura A.20 – Grupo de Capoeira.



Fonte: Brasil Sambashow Köll. **Capoeira Show Köln**, 2011. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Capoeira_Show_K%C3%B6ln.jpg. Acesso em: 01 nov. 2023.

Esta quinta atividade foi pensada para ser aplicada após os estudantes já terem apreendido os conceitos de energia mecânica em suas várias formas: cinética, potencial gravitacional e elástica.

OBJETIVO: compreender os conceitos de energia cinética e potencial (gravitacional e elástica), bem como a lei de conservação associada à energia mecânica.

GRUPOS: esta atividade está programada para ser realizada em grupo de 04 (quatro) colegas.

DINÂMICA: leiam atentamente cada pergunta, discutam no âmbito do grupo, tentando estabelecer uma posição de consenso. Somente depois, respondam às questões propostas.

DURANTE A ATIVIDADE: a) argumentem; b) todas as opiniões são importantes; c) saibam ouvir; d) cedam a palavra; e) reflitam sobre argumentos que são contrários aos seus.

DURAÇÃO PREVISTA PARA A ATIVIDADE: uma aula de 45 ou 50 min.

Iniciar a atividade assistindo ao vídeo de uma performance de dança contemporânea do grupo de dança dirigido pelo coreógrafo, dançarino e artista francês Yoann Bourgeois.

Yoann Bourgeois iniciou suas atividades com artes circenses em *Châlons-en-Champagne*, cidade e comuna do nordeste da França, e dirigiu a companhia de dança itinerante *Compagnie Yoann Bourgeois*. O jornal *The New Yorker* o descreveu como um “acrobata do *nouveau-cirque*” e Wesley Morris, no *The New York Times*, chamou-o de “dramatista da física”. Ele foi o primeiro artista treinado em circo a dirigir em um Centro Coreográfico Nacional, o que fez na *Maison de la Culture* da cidade de *Grenoble*, de 2016 a 2022.

O vídeo contempla uma performance intitulada *The Mechanics of History, at the Panthéon*, que foi apresentada em 23 de outubro de 2017, no Panteão, situado no *Quartier Latin*, em Paris.

Vídeo: *The Mechanics of History, at the Panthéon*

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=FUE2qgx-xpM>.

Acesso em: 06 mar. 2023.

01) **ENERGIA** é uma grandeza _____ (escalar / vetorial) direta ou indiretamente relacionada com movimento.

02) A **energia cinética** de um corpo está relacionada essencialmente com: _____

03) A **energia potencial gravitacional** de um corpo está relacionada essencialmente com: _____

04) A **energia potencial elástica** de um sistema massa-mola está relacionada essencialmente com: _____

05) Em um sistema mecânico dito conservativo, um ganho de **energia potencial** implicará em uma _____ equivalente de **energia** _____. Desse modo a _____ **mecânica** será _____.

06) Por outro lado, em um sistema mecânico em que há forças _____, uma perda de **energia potencial**, por exemplo, não implicará em um _____ equivalente de **energia** _____. Desse modo a **energia** _____ do sistema não será _____.

07) No vídeo, os bailarinos caem de um certo degrau da escada girante sobre uma cama elástica e depois voltam à escada. Nesse trajeto de ida e volta, como é a sequência de conversão de energia? Preencha os espaços em branco com os termos apropriados.

Na queda do bailarino, a energia _____ por ele adquirida é convertida em _____, que depois é convertida em _____.

Depois disso, na subida, a energia _____ adquirida pelo bailarino é convertida em _____, que depois é convertida em _____ novamente.

08) Vocês observaram que na queda os bailarinos caem de um degrau e voltam, geralmente, a um degrau mais baixo. Qual a explicação para isso?

Expliquem _____

09) No entanto, às vezes, eles caem e retornam ao mesmo degrau. Há, inclusive, alguns momentos em que um dos bailarinos desce e, em seguida, sobe pela parede correspondente ao degrau mais alto. E agora, também levando em conta a resposta da questão anterior, como isso é possível?

Expliquem _____

FECHAMENTO DA ATIVIDADE: roda de conversa aberta e livre com os estudantes sobre a atividade desenvolvida.

GRUPO:

Nome: _____

Nome: _____

Nome: _____

Nome: _____

ATIVIDADE 6

TORQUE E EQUILÍBRIO DE CORPO RÍGIDO

Figura A.21 – Cirque de Soleil.



Fonte: Municipalidad de Talcahuano. **Cirque de Soleil alegró el corazón de los damnificados**, 2010. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cirque_de_Soleil_alegr%C3%B3_el_coraz%C3%B3n_de_los_damnificados_de_Talcahuano,_Chile.jpg. Acesso em: 01 nov. 2023.

Esta sexta atividade foi pensada para ser aplicada no quarto bimestre do ano letivo, logo após já terem sido discutidos os conceitos de torque, binário e equilíbrio de um corpo rígido.

PARTE 1 – Torque e Equilíbrio

OBJETIVO: compreender os conceitos envolvidos no equilíbrio de um corpo rígido.

GRUPOS: esta atividade está programada para ser realizada em grupo de 04 (quatro) colegas.

DINÂMICA: leiam atentamente cada pergunta, discutam no âmbito do grupo, tentando estabelecer uma posição de consenso. Somente depois, respondam às questões propostas.

DURANTE A ATIVIDADE: a) argumentem; b) todas as opiniões são importantes; c) saibam ouvir; d) cedam a palavra; e) reflitam sobre argumentos que são contrários aos seus.

DURAÇÃO PREVISTA PARA A ATIVIDADE: uma aula de 45 ou 50 min.

Iniciar a atividade assistindo ao vídeo de uma performance/instalação do casal de bailarinos Yoann Bourgeois e Marie Bourgeois, no Taikoo Place, Hong Kong, em 2019.

Vídeo: *Tentative Approaches to a Point of Suspension*

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=AQfmuSPxVDs>.

Acesso em: 06 mar. 2023.

- 01) **TORQUE** é uma grandeza _____ (escalar / vetorial) que mede a eficácia da força em produzir rotação.
- 02) O **torque** de uma força depende de sua _____ e também da _____ de sua linha de ação em relação ao eixo.
- 03) Força cuja direção passa sobre o **eixo** apresenta torque _____, portanto sua eficácia rotacional é _____.
- 04) Para que uma **partícula** permaneça em equilíbrio é necessário que a soma _____ aplicadas seja nula.
- 05) Já para um **corpo rígido** permanecer em equilíbrio se faz necessário que a soma das _____ nele aplicadas seja nula e também que a soma dos _____ em relação a um ponto do corpo também seja nula.
- 06) No vídeo, os bailarinos buscam equilibrar-se sobre uma plataforma. Aparentemente, o bailarino tem mais massa do que a bailarina. Assim, qual a relação entre as distâncias de um e

de outro em relação ao centro da plataforma, onde está a mesa, para que eles consigam manter-se em equilíbrio? Expliquem: _____

07) E se os bailarinos tivessem massas iguais, como vocês responderiam à questão anterior?

Expliquem: _____

08) Seguramente há um eixo central sob a mesa para também equilibrar a plataforma. Uma vez atingido o equilíbrio, qual será a intensidade dessa força aplicada no centro da mesa?

Expliquem: _____

FECHAMENTO DA ATIVIDADE: roda de conversa aberta e livre com os estudantes sobre a atividade desenvolvida.

GRUPO:

Nome: _____

Nome: _____

Nome: _____

Nome: _____

PARTE 2 – Torque e Binário

OBJETIVO: compreender o conceito de torque em um binário.

GRUPOS: esta atividade está programada para ser realizada em grupo de 04 (quatro) colegas.

DINÂMICA: leiam atentamente cada pergunta, discutam no âmbito do grupo, tentando estabelecer uma posição de consenso. Somente depois, respondam às questões propostas.

DURANTE A ATIVIDADE: a) argumentem; b) todas as opiniões são importantes; c) saibam ouvir; d) cedam a palavra; e) reflitam sobre argumentos que são contrários aos seus.

DURAÇÃO PREVISTA PARA A ATIVIDADE: uma aula de 45 ou 50 min.

01) **BINÁRIO** é a denominação que se utiliza para designar um conjunto de _____ forças de intensidades _____, porém dirigidas em _____ opostos.

02) A soma vetorial das forças de um binário é nula?

SIM

NÃO

- 03) O **torque** de um binário quando escrito escalarmente é calculado por _____, onde “d” é distância entre as linhas de ação das duas forças.
- 04) Para anular o efeito rotacional de um binário faz-se necessário aplicar um segundo _____ cujo torque seja contrário ao primeiro.

Depois de respondidas as questões propostas, assistir ao vídeo com uma breve apresentação de movimentos do tango argentino protagonizada pelos bailarinos Emma Bogren e Richard Cepeda, na *Los Angeles Tango Academy*.

Vídeo: *Tango 203S with Enrosque and Lapis to the Right*

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=-yLP-NaM9iU>

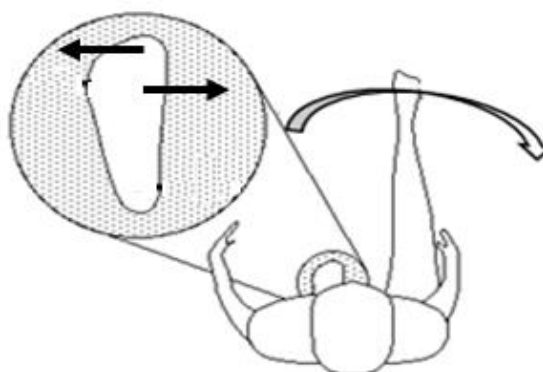
Acesso em: 06 mar. 2023.

O vídeo mostra um casal de bailarinos dançando um tango argentino, sendo que, durante a execução da dança, em certos momentos, o cavalheiro executa um movimento típico desse gênero de dança denominado “lápiz”.

Com o peso em uma das pernas (no caso da Figura A.22, a esquerda), a outra perna livre se movimenta descrevendo um movimento de rotação centrado na primeira perna. Observem que ele se apoia no pé de base e com a outra perna realiza o movimento circular, como se fosse a haste livre de um compasso.

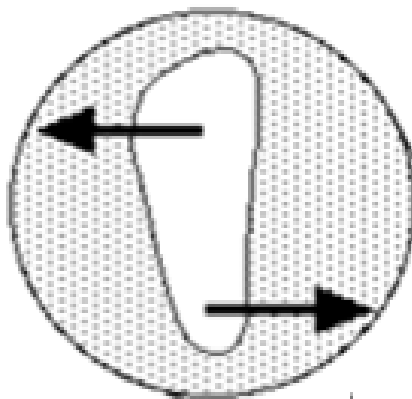
Para executar esse movimento, o pé de base do bailarino fica apoiado no piso somente pelo metatarso e não com toda a planta do pé. Quando ele vai fazer o giro, à direita no caso da Figura A.22, surgem então forças de atrito entre o chão e o pé na região de contato. Essas forças geram um torque que ele tem que vencer utilizando a rotação do próprio tronco para poder fazer o giro com a perna livre.

Figura A.22 – Forças de atrito no pé do bailarino, enquanto a outra perna executa o “lápiz”.



Caso ele ficasse apoiado em toda a base do pé, conforme Figura A.23, o movimento de rotação da perna livre seria de mais difícil execução.

Figura A.23 – Apoio incorreto sobre toda a base do pé para execução do lápis.



Fonte: autoria própria, 2021.

05) Expliquem esse aumento da dificuldade com base nas forças aplicadas no pé e no binário correspondente.

06) No vídeo, também pode-se perceber que para realizar o “lápiss” o cavalheiro faz antes um movimento de dissociação entre o tronco e o quadril, como se fosse o caso de uma mola helicoidal que sofre torção. Nesse caso, quando o bailarino executa o giro, a energia de movimento rotacional ou energia _____ por ele adquirida é decorrente da energia _____ elástica armazenada por conta dessa torção.

FECHAMENTO DA ATIVIDADE: roda de conversa aberta e livre com os estudantes sobre a atividade desenvolvida.

GRUPO:

Nome: _____

Nome: _____

Nome: _____

Nome: _____

Apêndice B

SUGESTÕES PARA OUTRAS ATIVIDADES

Na Tabela 1 a seguir estão listadas várias possibilidades – algumas já contempladas na pesquisa - para uma discussão envolvendo Física e Arte. Não é preciso ter experiência com dança, ou seja, dominar os movimentos. Algumas consultas pela internet permitirão a familiarização com os movimentos propostos.

Tabela 1 – Sugestão de temas para outras atividades.

Nº	TEMA	RECURSO VISUAL
1	Relatividade do Movimento	Performances de Yoann Bourgeois
2	Velocidade	Movimentos dos pés no xote e no baião
3	Movimento do Centro de Massa	Salto oblíquo na dança
4	Movimento Retilíneo Uniforme	Salto oblíquo na dança
5	Movimento Ret. Uniformemente Variado	Salto oblíquo na dança
6	Queda Livre	A “panqueca” no forró e no samba
7	Velocidade linear e angular	Movimento do casal na dança “Soltinho”
8	Força / Atrito	A caminhada na dança de salão
9	Equilíbrio	Dança: apoio dos pés em diferentes posições
10	Força e equilíbrio	Acrobacia de bailarinos
11	Plano inclinado	Performance de Aurélien Bory e Phil Soltanoff
12	Torque de força	<i>Calesita</i> no tango argentino
13	Equilíbrio de Sistema Rígido	<i>Colgada</i> no tango argentino
14	Torque de força	Levantar a dama no forró
15	Força centrípeta	<i>Danza de los Voladores</i>
16	Força centrípeta	A plataforma girante em Yoann Bourgeois
17	Referenciais inerciais e não inerciais	A plataforma girante em Yoann Bourgeois
18	Força restauradora / MHS	O pêndulo no relógio cuco
19	Acoplamento de Engrenagens	A transmissão de movimento no relógio cuco
20	Conservação da Energia Mecânica	Escada em caracol girante em Yoann Bourgeois
21	Energia Potencial Elástica	Rotação de tronco no tango argentino
22	Energia Potencial Elástica	O lápis no tango argentino
23	Energia Potencial Elástica	Salto no frevo
24	Energia Potencial Elástica	Plié e sauté no balé
25	Conservação do Momento Angular	3º ato - Lago dos Cisnes
26	Movimento de um Sistema Binário	Movimento do casal no “Soltinho”
27	Ondas nos instrumentos musicais	Piano, violino, violão e flautas

Fonte: autoria própria, 2023.

