

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Sequência de Ensino Aprendizagem sobre o Efeito Fotoelétrico e o Efeito Fotovoltaico

Discente: Madson Amorim de Barros
Orientador: Dr. Eduardo Augusto Campos Curvo.

Sumário

1 Apresentação	3
2. Fundamentação Teórica	4
2.1 Efeito Fotoelétrico	4
2.2. Efeito Fotovoltaico	6
3 Plano de Ensino	10
3.1 Aula 1	10
3.2 Aula 2	11
3.3 Aula 3	12
3.4 Aula 4	13
3.5 Aula 5	15
3.6 Aula 6	16
4 Referências Bibliográficas	18
5 Anexos	20
Anexo I. Quiz invertido	20
Anexo II. Questionário experimental <i>PhET</i>	29
Anexo III TLS	31

1 Apresentação

Olá estimado Professor(a), sou o Professor Madson Amorim de Barros e participei do mestrado nacional profissional em ensino de física polo Cuiabá-MT-UFMT. Este material irá orientá-lo a utilizar uma sequência didática TLS, do inglês *Teaching-Learning Sequence*, que pode ser utilizada por professores em turmas do 3º Ano do Ensino Médio. Esta sequência didática trata especificamente sobre dois fenômenos quânticos: efeito fotoelétrico e efeito fotovoltaico.

Ela foi construída visando favorecer a prática docente e pode ser utilizada presencialmente ou de forma virtual.

Ela foi estruturada utilizando-se recursos didáticos tais como:

- Plataforma *ava moodle*;
- videoaula, aula dialogada;
- questionários;
- laboratório virtual PhET;
- mapa conceitual e relatos de experiência.

Recomenda-se aos professores e professoras que queiram se aprofundar mais no tema em questão a leitura do capítulo 3 desta dissertação e a leitura do livro: FÍSICA IV YOUNG & FREEDMAN; SEARS & ZEMANSKY 14 Ed.

Creio e desejo que esta TLS possa ser usada em suas aulas, ampliando a construção do conhecimento de seus estudantes, inspirando aulas mais dinâmicas, mais envolventes e muito mais criativas, juntamente com todos os materiais didáticos que você já utiliza e com toda a sua experiência docente acumulada.

Lembrando aos colegas professores e professoras que a ideia inicial deste trabalho era a construção de um sistema hotspot de wi-fi, que seria alimentado por placa solar, para poder levar internet via rádio à bovino cultura de corte, de leite e também à avicultura da escola fazenda onde desenvolvo o meu trabalho docente. Devido à pandemia não foi possível essa construção, atendendo às medidas de biossegurança. Porém, neste momento de diminuição dos casos de covid -19 e de taxa de mortalidade, sugiro aos colegas que

desenvolvem sua atividade de ensino em lugares remotos, se possível, a construção do sistema hotspot como parte de suas atividades de ensino.



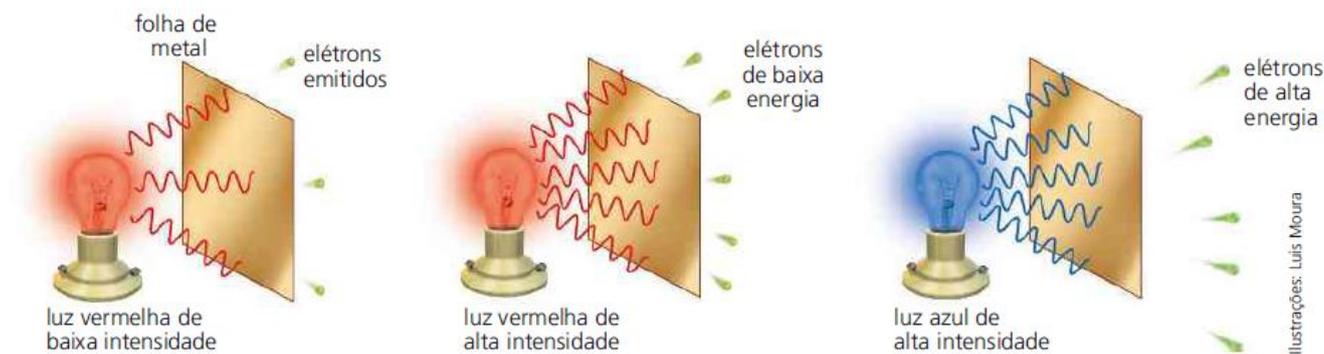
Abraços e bom trabalho, Prof. Madson!

2.1 Efeito Fotoelétrico

O físico russo Alexander Staletov (1839-1896) e o físico alemão Heinrich Hertz (1857-1894), na metade do século XIX, observaram que radiações eletromagnéticas de um tipo específico, ao incidirem sobre a superfície de uma placa metálica, faziam com que elétrons pertencentes a ela escapassem, após absorverem certa quantidade de energia. Esse fenômeno é denominado **efeito fotoelétrico**.

Einstein, em 1905, utilizou-se da noção de quantização da energia proposta por Planck anos antes e, ao postular que qualquer forma de energia poderia ser quantizada, esclareceu os fenômenos do efeito fotoelétrico. O trabalho rendeu a ele o prêmio Nobel de Física de 1921.

Se o efeito fotoelétrico ocorre de fato, por que motivo não percebemos a movimentação de cargas simplesmente iluminando uma placa metálica, já que a luz é uma radiação eletromagnética? A questão é que nem toda radiação provoca o efeito fotoelétrico, mas apenas as mais energéticas. Veja o esquema a seguir:



Quando iluminada por uma luz de baixa energia, como é o caso da vermelha, os elétrons emitidos pela placa também apresentam baixa energia, mesmo que a fonte tenha grande intensidade.



elétron de baixa energia



elétron de alta energia

A energia dos elétrons emitidos depende da energia da radiação incidente: fótons de baixa energia produzirão um feixe de elétrons ejetados com baixa energia, assim como fótons de alta energia produzirão feixes de elétrons de alta energia.

Figura 2.1 Mostra que nem toda radiação provoca o efeito fotoelétrico, mas apenas as mais energéticas (Figura modificada Kazuhito & Fuke, 2016).

O termo **fóton** foi inicialmente proposto em 1926 pelo físico-químico estadunidense Gilbert Newton Lewis, tendo sido subsequentemente utilizado por Arthur Compton em 1928.

Cada fóton carrega um *quantum* de luz e a energia E de cada fóton ou um *quantum* de energia de radiações eletromagnéticas é proporcional à sua frequência f ($E = h \cdot f$, em que h é a constante de Planck).

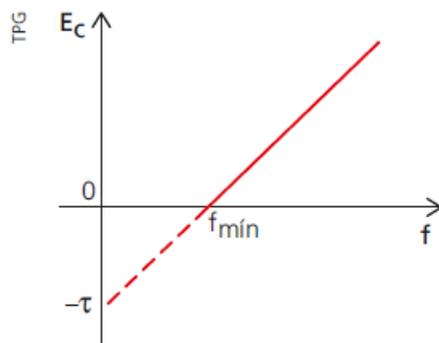
Cada um dos fótons cede sua energia a um único elétron, e cada elétron que escapa do metal deve absorver um mínimo de quantidade de energia denominada função trabalho (ϕ), cujo valor é característico de cada metal. Como não existem frações de um fóton, um elétron absorve um fóton ou nada absorve.

Se $E \geq \phi$, o elétron escapa do metal. A diferença $E - \phi$ corresponde à energia cinética E_c adquirida pelo elétron, pois ϕ é a quantidade mínima de energia necessária para ele escapar.

Desse modo, a equação fotoelétrica de Einstein, $E_c = h \cdot f - \phi$, nada mais é que uma expressão do princípio de conservação da energia para o efeito fotoelétrico.

O valor mínimo da frequência (f_{\min}) da radiação eletromagnética a partir do qual os elétrons podem escapar é dado pela razão $f_{\min} = \phi/h$. Por qual motivo? Para $f = f_{\min}$, teremos $E_c = 0$, e daí $h \cdot f_{\min} = \phi$ ou $f_{\min} = \phi/h$.

Logo, o diagrama $E_c \times f$ tem o seguinte aspecto:



Qual é o significado do coeficiente angular da reta? Esse valor depende do metal utilizado? Robert Millikan não acreditou nos resultados apresentados e passou mais de dez anos tentando refutá-los, sem sucesso. Ironicamente, seu trabalho sobre cargas elétricas elementares e efeito fotoelétrico (que lhe valeu o prêmio Nobel de 1923) dependeu desse valor.

Figura 2.2 Frequência de corte como uma função da energia cinética frequência. Na figura o tal representa a função trabalho do material (τ) (Figura modificada Kazuhito & Fuke, 2016).

De que maneira esse diagrama é afetado pelo tipo de material? A frequência mínima da radiação eletromagnética é também conhecida como frequência de corte e varia de metal para metal.

Exemplos:

- potássio: $4,2 \cdot 10^{14}$ Hz;
- sódio: $5,5 \cdot 10^{14}$ Hz;
- prata: $1,14 \cdot 10^{15}$ Hz.

Para medir a energia que um elétron tem é comum o uso da unidade eV, chamada elétron-volt, cuja equivalência com o joule é: $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Quando um elétron, inicialmente em repouso e no vácuo, é submetido a uma diferença de potencial elétrico de 1 volt, ele ganhará uma energia cinética de 1 elétron-volt.

2.2. Efeito Fotovoltaico

A diferença entre ambos os efeitos se encontra no fato de que no caso do efeito fotoelétrico, após a absorção do fóton incidente, há a ejeção do fotoelétron para o vácuo existente dentro da câmara do aparato experimental. Ou seja, o fotoelétron é completamente removido do material do alvo. No caso do efeito fotovoltaico o fotoelétron ejetado continua dentro do material, podendo ser utilizado para produzir energia elétrica.

Para melhor compreensão das propriedades dos sólidos semicondutores, nos quais observa-se o efeito fotovoltaico, será utilizado o conceito de bandas de energia. Esse conceito foi desenvolvido em 1928 pelo físico Félix Bloch (Figura 2.2.1).



Figura 2.2.1 O conceito de bandas de energia foi inicialmente desenvolvido pelo físico suíço Felix Bloch (1905-1983) em sua tese de doutorado. O entendimento moderno da condutividade resulta dessa importantíssima formulação. O trabalho de Bloch na física nuclear lhe rendeu (com Edward Purcell) o Prêmio Nobel de física de 1952 (Figura modificada Sears & Zemansky, 2016).

Entre duas bandas de energia adjacentes existem faixas ou bandas proibidas nas quais não há nenhum nível de energia permitido. O que caracteriza o material como condutor, semiconductor ou isolante é a estrutura de sua banda de energia¹. A característica mais importante é a largura da banda proibida ou lacuna (*gap*) de energia. Há também a banda de valência, que é ocupada pelos elétrons da última camada dos átomos e a banda de condução, que é a banda imediatamente acima da banda de valência, onde ocorre a movimentação de elétrons entre diferentes átomos do material sólido.

Nos isolantes, a banda de valência está completamente cheia, no zero absoluto², e a banda de condução está completamente vazia, Figura 2.2.2a.

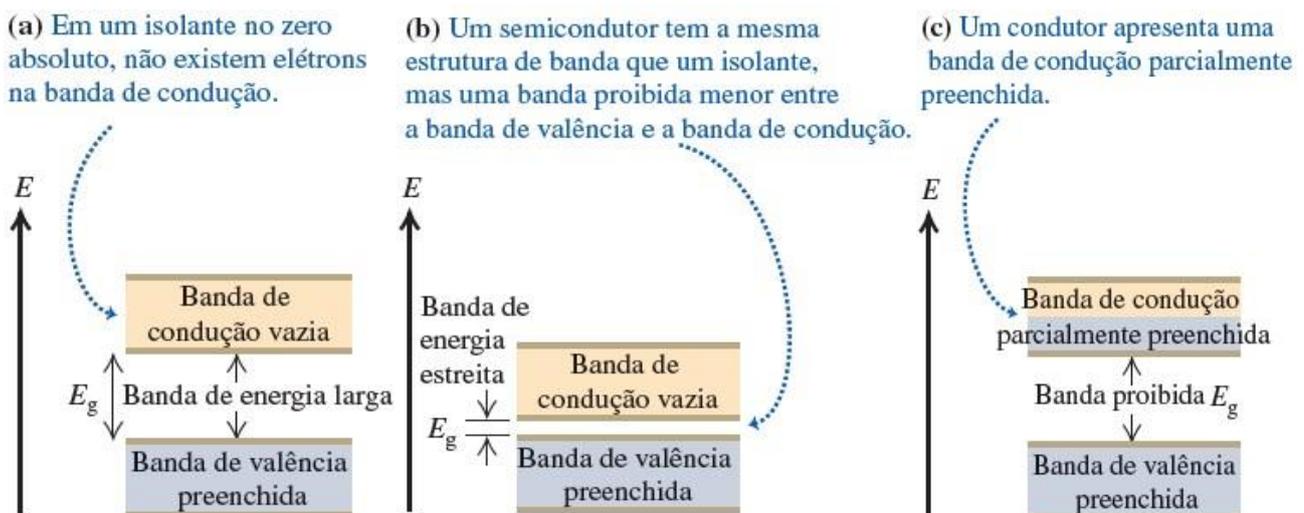


Figura 2.2.2 Estrutura de banda de energia para isolante(a), semiconductor(b) e condutor(c). (Figura modificada Sears & Zemansky, 2016).

¹ Banda de energia é o conjunto dos níveis de **energia** que os elétrons, num sólido, podem possuir.

² Zero absoluto: Trata-se do limite inferior da agitação térmica e correspondente a um estado físico em que toda a energia cinética e potencial de um sistema tende a zero. Essa temperatura pode ser representada como 0 Kelvin ou -273,15°C.

Para mover-se dentro da banda de valência um elétron teria de passar para um estado quântico diferente, com uma energia ligeiramente diferente. Entretanto, ele não pode fazer isso, porque todos os estados vizinhos já estão ocupados. A única forma de um elétron da banda de valência se mover é saltar através da banda proibida até a banda de condução, onde existem muitos estados vizinhos desocupados.

No semiconductor, a banda de condução está vazia no zero absoluto. O diferencial do semiconductor é que a banda proibida (*gap*) entre essas bandas é relativamente pequena, fazendo com que os elétrons possam pular com mais facilidade da banda de valência para a banda de condução (Figura 2.2.2b). A condutibilidade elétrica aumenta devido ao aumento da temperatura desse semiconductor, o que faz aumentar rapidamente o número de elétrons na banda de condução.

Em um condutor têm-se elétrons na banda de condução mesmo se o material estiver no zero absoluto (Figura 2.2.2c). Os elétrons que estão no alto da parte ocupada da banda possuem estados superiores vazios disponíveis e podem com facilidade perder ou ganhar pequenas quantidades de energia, quando submetido a um campo elétrico. Logo, eles movimentam-se com facilidade, contribuindo para a condutividade elétrica e térmica deste sólido. Isso acontece de forma similar em outros condutores.

O número de elétrons na banda de condução é igual ao número de buracos na banda de valência, para um semiconductor intrínseco³. Aplicando-se um campo elétrico no material os portadores de carga elétrica (negativos e positivos, elétrons e buracos respectivamente) movem-se em sentidos contrários (Figura 3.16).

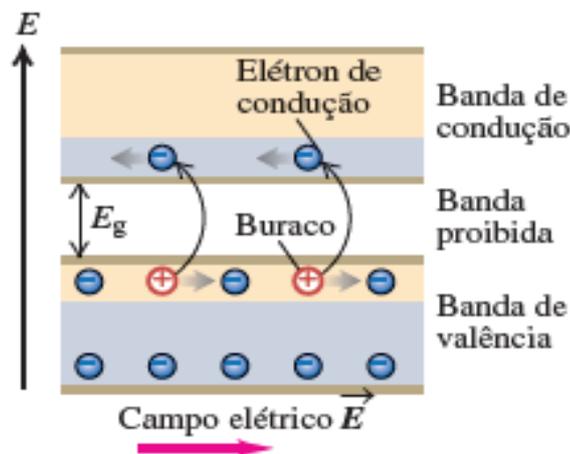


Figura 3.16 Movimento de elétrons na banda de condução e de buracos na banda de valência de um semiconductor na presença de um campo elétrico aplicado (Figura modificada Sears & Zemansky, 2016).

³ **Semiconductor intrínseco** é aquele encontrado na natureza na sua forma mais pura, ou seja, a concentração de portadores de carga positiva é igual à concentração de portadores de carga negativa.

Ao incidir um feixe de luz no dispositivo, considerando que os fótons incidentes tenham uma energia igual ou superior à largura da banda proibida entre a banda de condução e a banda de valência, o elétron da banda de valência poderá absorver um fóton e saltar para a banda de condução.

Assim, tanto o elétron quanto o buraco deixado por ele podem contribuir para a condutibilidade do material. Elétron e buraco são denominados de portadores de carga.

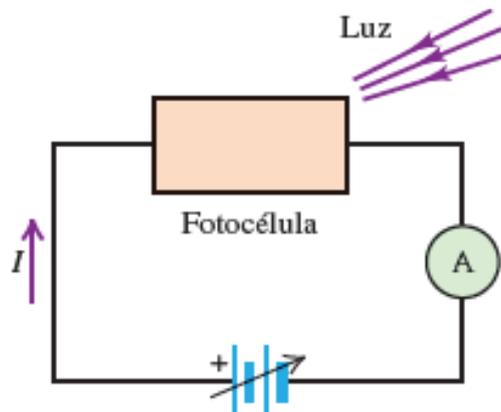


Figura 3.21 Uma fotocélula semicondutora em um circuito. Quanto mais intensamente a luz incide sobre a fotocélula, maior é a condutividade da fotocélula e maior a corrente medida pelo amperímetro (A). (Figura modificada Sears & Zemansky, 2016).

A condutividade sobe rapidamente com a intensidade da luz incidente (número de fótons incidentes), conseqüentemente aumentando a corrente i no circuito da fotocélula (Figura 3.21) acima mostrado.

Os pares de elétrons e buracos são criados quando o material absorve fótons. O campo elétrico da junção anteriormente discutida separa os pares que se formam nas vizinhanças da junção p-n⁴. Este campo elétrico arrastará então os elétrons para região n e os buracos para região p. Conectando-se um circuito externo a esse dispositivo, obtém-se uma fonte de tensão (f_{em}). Essa tensão é utilizada para fornecer corrente contínua, ou seja, da energia contida na luz do sol obtém-se a corrente elétrica.

Esse dispositivo é conhecido como célula-solar, apesar de não ter necessidade da luz do Sol, pois, qualquer fonte luminosa cujos fótons tenham energias maiores que a largura da banda proibida, produzirá o mesmo efeito.

⁴ **Junção p-n** É o contato entre dois tipos de materiais semicondutores (tipo p e tipo n) dopados com impurezas de polaridades opostas. Em um material semicondutor do tipo p os portadores majoritários da corrente são buracos (positivos). Já no tipo n os portadores majoritários de carga são elétrons (negativos).

3 Plano de Ensino.

O Plano de Ensino apresenta a descrição da utilização da TLS em cada aula proposta. Esse plano é dividido em 6 aulas de 50 min cada, que por sua vez são subdivididas em etapas. Cada uma dessas etapas é descrita como: propostas de atividades, descrições, produções por parte dos discentes, finalidades e tempo de realização.

Encontram-se em anexo a este produto educacional os questionários, quiz e avaliações propostas.

3.1 Aula 1

Etapa I

- Atividade: Aula Expositiva Dialogada
- Descrição: Pergunta motivadora
- Produção: Os discentes farão o levantamento das demandas.
- Finalidade: Interação entre os discentes e o docente para diagnosticar o real conhecimento dos discentes.
- Tempo: 10 min.

Etapa II

- Atividade: Levantamento de subsunçores
- Descrição: Apresentar o Questionário I aos alunos e verificar quais termos ou conceitos eles conhecem ou já ouviram falar sobre esse conteúdo.
- Produção: Confecção de uma lista com os principais conceitos que eles conhecem a respeito do tema e que os estudantes respondam o questionário I na plataforma ava moodle.
- Finalidade: Utilizar como ponto de partida os conceitos que os alunos conhecem.
- Tempo: 10 min.

Etapa III

- Atividade: Introdução histórica sobre a Física Quântica
- Descrição: Apresentar a videoaula do link: <https://www.youtube.com/watch?v=bPgMh1F2sCw>
- Produção: Os discentes são orientados pelo docente para fazer anotação dos conceitos referentes ao efeito fotoelétrico da videoaula.

- Finalidade: Interação em sala via debate sobre ideias que possam ser divergentes.
Tempo: 30 min.

3.2 Aula 2

Etapa IV

- Atividade: Experimento de Heinrich Hertz
- Descrição: Apresentar a videoaula dialogada do experimento Heinrich Hertz, do link: <https://www.youtube.com/watch?v=NmoYRdheRVY>
- Produção: Os discentes são orientados pelo docente para fazer anotação dos conceitos tratados no vídeo sobre o experimento.
- Finalidade: Que os discentes aprimorem e relacionem melhor os seus conceitos.
- Tempo: 10 min.

Etapa V

- Atividade: Experimento de Philipp von Lenard.
- Descrição: Apresentar a vídeo aula dialogada do experimento de Philipp von Lenard, do link: <https://www.youtube.com/watch?v=VVka6Mp5vyA>
- Produção: Os discentes são orientados pelo docente para fazer anotação dos conceitos tratados no vídeo sobre o experimento.
- Finalidade: Que os discentes aprimorem e relacionem melhor os seus conceitos.
- Tempo: 10min

Etapa VI

- Atividade: Mapa Conceitual (não avaliativo)
- Descrição: Início da construção de mapa conceitual, já utilizado pelos discentes em outros componentes curriculares, via programa: <https://cmaptools.br.uptodown.com/windows>. Os discentes continuam em momento assíncrono o mapa conceitual, para ser entregue ao docente para análise.
- Produção: Os discentes iniciarão a construção do mapa conceitual utilizando o programa Cmaptools e continuarão a construção em momento assíncrono. Os discentes utilizarão o programa para finalizar o mapa conceitual para a entrega ao docente antes do próximo encontro.

- Finalidade: Para sanar as dúvidas conceituais e encaminhar para o docente (via plataforma moodle, que é utilizada pela escola). Entregar o mapa em uma data estabelecida e anterior ao próximo encontro.
- Tempo: 30min

Etapa VII

- Atividade: Mapa conceitual em momento assíncrono
- Descrição: Os discentes continuam em momento assíncrono o mapa conceitual, para ser entregue ao docente para análise.
- Produção: Os discentes utilizarão o programa para finalizar o mapa conceitual para a entrega ao docente antes do próximo encontro.
- Finalidade: Para que os discentes tenham um tempo maior para construção do mapa conceitual não avaliativo
- Tempo: Assíncrono

Etapa VIII

- Atividade: Vídeo para momento assíncrono
- Descrição: <https://www.youtube.com/watch?v=7kb1VT0j3DE>
- Produção: Os alunos fazem as anotações para sanar possíveis dúvidas.
- Finalidade: Reforçar, em momento assíncrono, a etapa III da aula 1 de introdução histórica sobre a Física Quântica.
- Tempo: Assíncrono.

3.3 Aula 3

Etapa IX

- Atividade: Mapa Conceitual (não avaliativo)
- Descrição: O docente neste momento discutirá alguns dos mapas conceituais recebidos previamente dos alunos.
- Produção: Os discentes fazem um relato da construção do mapa conceitual e debatem as conexões conceituais.
- Finalidade: Fazer o registro gravado do momento síncrono dos relatos, para possíveis mediações e conclusões.
- Tempo: 20 min.

Etapa X

- Atividade: Quiz invertido
- Descrição: Ao invés de fazer perguntas nessa atividade o docente traz respostas que caracterizam um determinado conceito. Pede-se então que os estudantes façam associações com as perguntas. Reconciliação integradora.
- Produção: O docente solicita que os discentes façam a construção de uma lista, que será entregue em momento assíncrono, contendo a descrição das grandezas físicas.
- Finalidade: Possibilitar que os estudantes construam seu próprio material de estudo.
- Tempo: 30 min.

3.4 Aula 4

Etapa XI

- Atividade: Aula expositiva e dialogada
- Descrição: Continuar com o desenvolvimento dos conteúdos. Apresentar uma videoaula de efeito fotoelétrico, do link:
<https://www.youtube.com/watch?v=CTGmM3Mu9KI&list=PLumqXhe-0ESlyfYabg-ZeIOnrkohMsTnH&index=2>
- Produção: O aluno, individualmente, deve fazer suas anotações para posteriormente serem sanadas as possíveis dúvidas.
- Finalidade: Proporcionar a todos os alunos a compreensão de conceitos científicos dos temas.
- Tempo: 20 min.

Etapa XII

- Atividade: Atividade experimental simulada demonstrativa do efeito fotoelétrico.
- Descrição: O docente utilizará o simulador do PhET sobre Efeito Fotoelétrico do link:
https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt_BR
- Produção: Os discentes, se possível, farão a simulação experimental junto com o docente.
- Os discentes anotam as questões solicitada pelo docente para posterior preenchimento na plataforma ava moodle.

- Finalidade: Apresentar o simulador para os discentes e sanar as dúvidas conceituais, apresentando novamente os conceitos de natureza corpuscular da luz (fótons), fotoelétrons, frequência de corte, influência da intensidade luminosa e influência da inversão de campo elétrico nos fotoelétrons. Para que os discentes façam o registro da atividade experimental e possam tirar dúvidas dos conceitos e também para auxiliá-los na atividade experimental assíncrona.
- Tempo: 25 min.

Etapa XIII

- Atividade: Atividade experimental simulada prática do efeito fotoelétrico em momento assíncrono.
- Descrição: O Docente orientará um experimento, pelo simulador *PHET*, para os discentes realizarem no momento assíncrono, anotando os resultados obtidos.
- Produção: Os discentes anotam as questões solicitada pelo docente para posterior preenchimento na plataforma ava moodle.
- Finalidade: Para que os discentes façam o registro da atividade experimental e possam tirar dúvidas dos conceitos e também para auxiliá-los na atividade experimental assíncrona.
- Tempo: 5 min.

Etapa XIV

- Atividade: Atividade experimental simulada do efeito fotoelétrico em momento assíncrono.
- Descrição: Os discentes, após a demonstração do experimento em momento síncrono, fazem em momento assíncrono o experimento.
- Produção: Os discentes fazem o experimento no *PHET* e por escrito respondem às questões solicitadas pelo professor. Os discentes enviam os resultados obtidos no experimento ao professor, para uma análise prévia dos mesmos.
- Finalidade: Para que os discentes possam ter a oportunidade de fazer o experimento virtual de forma on-line.
- Tempo: Assíncrono.

3.5 Aula 5

Etapa XV

- Atividade: Vivência experimental
- Descrição: Neste momento o docente já recebeu as respostas dos alunos para, posteriormente, mediar o debate dos resultados.
- Produção: Análise dos resultados obtidos, via simulador, da atividade proposta pelo docente.
- Relato da experiência em fazer o experimento virtual. Os discentes anotarão a síntese das conclusões para avaliação posterior e preenchimento do questionário.
- Finalidade: Retomada da análise dos gráficos obtidos pelos alunos para finalização da discussão sobre o efeito fotoelétrico.
- Tempo: 15 min.

Etapa XVI

- Atividade: Aula expositiva e dialogada.
- Descrição: Apresentar a videoaula dialogada do efeito fotovoltaico do link: <https://www.youtube.com/watch?v=DGXCsrE3Eo>
- Produção: Os discentes são orientados pelo docente para fazer anotação dos conceitos tratados no vídeo.
- Finalidade: Reconhecer as semelhanças e diferenças entre o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico. (Diferenciação progressiva).
- Tempo: 15 min.

Etapa XVII

- Atividade: Colóquio
- Descrição: O docente junto com os discentes dialoga sobre a aula em vídeo, onde ele media as dúvidas que surgem durante o vídeo.
- Produção: Explicar por escrito ou verbalmente as semelhanças e diferenças entre o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico. (Diferenciação progressiva).
- Finalidade: Sanar as dúvidas conceituais que ainda possam surgir, entre o efeito fotoelétrico e fotovoltaico.
- Tempo: 20 min.

Etapa XVIII

- Atividade: Vídeo para momento assíncrono.
- Descrição: Os discentes assistem aos vídeos em momento assíncrono.
<https://www.youtube.com/watch?v=ivWXuOd5Srl>
- <https://www.youtube.com/watch?v=vTqScrAQxcE>
- Produção: Os alunos fazem as anotações para confecção do mapa conceitual avaliativo.
- Finalidade: Reforçar os conceitos para confecção do mapa conceitual avaliativo.
- Tempo: Assíncrono.

Etapa XIX

- Atividade: Avaliação on-line na plataforma Ava Moodle
- Descrição: Instrumento avaliativo (prova escrita) elaborado na plataforma ava moodle. (A prova está disponível no anexo I).
- Produção: Os discentes fazem a avaliação on-line para posterior correção do professor.
- Finalidade: Avaliar de forma quantitativa.
- Tempo: Assíncrono.

3.6 Aula 6

Etapa XX

- Atividade: Aula Expositiva Dialogada
- Descrição: O professor reapresenta o questionário I.
- Produção: Os discentes dialogam junto com o docente sobre as perguntas levantadas pelo professor.
- Finalidade: Escrever a possibilidade que alimentar um sistema *hotspot* de internet, com a utilização dos conhecimentos sobre o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico.
- Tempo: 30 min.

Etapa XXI

- Atividade: Mapa Conceitual (Avaliativo).
- Descrição: Neste momento o docente permite aos discentes utilizar o momento final da aula para o início da confecção do mapa conceitual avaliativo, que será entregue posteriormente em momento assíncrono.
- Produção: Os discentes iniciam junto com o docente a confecção do mapa conceitual avaliativo.

- Finalidade: Avaliar de forma qualitativa as conexões dos conceitos físicos que foram abordados (efeitos fotoelétricos, efeito fotovoltaico, energia elétrica, energia solar).
- Tempo: 20 min.

Etapa XXII

- Atividade: Refazer a lista de grandezas físicas explicando o significado de cada uma das grandezas anotadas.
- Descrição: Refacção da lista de grandezas físicas que foi entregue na etapa X da aula 3.
- Produção: O docente solicita que os discentes refaçam a lista contendo a descrição de determinadas grandezas físicas.
- Finalidade: Possibilitar aos discentes ajustes da primeira lista entregue, facultando uma revisão dos conceitos estudados.
- Tempo: Assíncrono.

Etapa XXIII

- Atividade: Refacção do Questionário experimental *PhET*
- Descrição: Refazer o questionário baseado na atividade experimental simulada do *PhET* que foi proposta na etapa VIII da aula 5.
- Produção: O docente solicita que os discentes refaçam o questionário experimental *PhET*.
- Finalidade: Possibilitar aos discentes ajustes do questionário experimental, facultando uma revisão dos conceitos estudados.
- Tempo: Assíncrono.

Etapa XXIV

- Atividade: Refacção do questionário I.
- Descrição: Refazer o questionário apresentado na etapa II da aula 1.
- Produção: O docente solicita que os discentes refaçam o questionário I.
- Finalidade: Possibilitar que discentes façam ajustes nas respostas do questionário I, facultando uma revisão dos conceitos estudados.
- Tempo: Assíncrono.

Etapa XXV

- Atividade: Mapa Conceitual (Avaliativo).
- Descrição: Os discentes continuarão a construção do mapa conceitual avaliativo, para posterior entrega ao docente em data estabelecida.
- Produção: Os discentes finalizam o mapa avaliativo.
- Finalidade: Avaliar de forma qualitativa.
- Tempo: Assíncrono

4 Referências Bibliográficas

ARAÚJO SANTOS, MURILO. **Maleta Didática - Máquina de Corrente Contínua Aplicada no Ensino de Eletromagnetismo para o Ensino Médio**. 2021. Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física, Cuiabá, 2021.

CONTIN, RITA DE CÁSSIA. **Ensino de Conceitos de Termodinâmica Estação Meteorológica como Possibilidade de Aprendizagem em Física**. 2017. Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Ciências Naturais, Cuiabá, 2017.

CONTIN, RITA DE CÁSSIA; DE BARROS, MARCELO PAES; GUARREZI, SILVANE TORTELLI. **Uma pesquisa sobre o uso de uma estação meteorológica no ensino de física a fim de observar seus efeitos enquanto unidade de ensino potencialmente significativa**. RBECT - Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, Ponta Grossa, v. 13, n. 1, p. 119-141, jan. /abr. 2020. DOI: 10.3895/rbect. v13n1.8911 <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect>

GUARREZI, SILVANE TORTELLI. **Projeto e Avaliação de uma Sequência em Ensino-Aprendizagem sobre Cinemática Escalar: Uma Abordagem Fundamentada no Conceito de Demanda de Aprendizagem**. 2020. Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Ciências Naturais, Cuiabá, 2020.

GUARREZI, SILVANE TORTELLI; DE BARROS, MARCELO PAES; DA SILVA, DULCE FERREIRA. Sequências de ensino-aprendizagem: uma abordagem baseada nas

demandas de aprendizagem para o ensino de Física. **Pesquisa e Ensino**, Bahia, v. 1, e202017, p. 1-28, 2020.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem Significativa: a Teoria e Textos Complementares** .1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011

MOREIRA, M.A. Desafios no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 43, suppl. 1, e20200451, 2021. www.scielo.br/rbef DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0451>

TRIPP, DAVID. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica, **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set. /dez. 2005.

YOUNG, HUGH D; ROGER, A. FRIEDMAN. **Física IV: Sears e Zemansky: Ótica e Física**.14. ed. GASPAR, ALBERTO. **Compreendendo a física / Alberto Gaspar**. -- 3. ed. -- São Paulo: Ática, 2016.

5 Anexos

Anexo I. Quiz invertido

1. Funciona a partir de placas solares que captam luz, empregando a energia dos raios solares para geração de eletricidade (em sistemas de energia solar fotovoltaica e energia heliotérmica) ou aquecimento de líquidos (energia solar térmica). Escolha uma opção:
 - a) Energia Gravitacional
 - b) Energia Solar
 - c) Energia Nuclear
 - d) Energia Cinética
 - e) Energia Eólica
2. É uma das formas da energia mecânica. Ela é definida como energia de movimento, pois está relacionada com o estado de movimento de um corpo. Escolha uma opção:
 - a) Energia Cinética
 - b) Energia Potencial Elástica
 - c) Energia Potencial Elétrica
 - d) Energia Potencial Química
 - e) Energia Potencial Gravitacional
3. Não há uma definição exata, mas podemos dizer que ela está associada à capacidade de produção de ação e/ou movimento e manifesta-se de muitas formas diferentes, como movimento de corpos, calor, eletricidade etc. Escolha uma opção:
 - a) Energia
 - b) Átomo
 - c) Corrente elétrica
 - d) d.d.p
 - e) Força
4. Surge quando ocorre a transição de um elétron de um átomo entre dois estados energias diferentes, o elétron ao passar de uma camada mais interna para uma mais externa ao receber energia, e se retornar para o estado inicial, emite a energia correspondente a essa diferença. Escolha uma opção:
 - a) Elétron

- b) Nêutron
 - c) Átomo
 - d) Próton
 - e) Fóton
5. São partículas elementares que compõem a luz. Eles não possuem massa e transportam energia. Escolha uma opção:
- a) Fóton
 - b) Elétron
 - c) Carga elétrica
 - d) Onda eletromagnética
 - e) Próton
6. É um elemento extremamente pequeno onde contém as partículas de prótons. Foram descobertos em 1911, pelo cientista Ernest Rutherford. Escolha uma opção:
- a) Núcleo de um átomo
 - b) Próton
 - c) Elétron
 - d) Nêutron
 - e) Átomo
7. É uma região periférica ao redor do núcleo átomo onde os elétrons ficam girando em volta deste núcleo. - Elétrons: Estes foram as primeiras partículas subatômicas descobertas (nos anos de 1897, por J. J. Thomson). São partículas carregadas negativamente, cuja carga relativa é de -1. Escolha uma opção:
- a) Próton
 - b) Eletrosfera
 - c) Fóton
 - d) Núcleo atômico
 - e) Elétron
8. É a energia que fica "armazenada" em determinado corpo e que pode lhe conferir a capacidade de realizar um trabalho, ou seja, ser transformada em energia cinética. Escolha uma opção:
- a) Energia Nuclear

- b) Energia Cinética
 - c) Energia Solar
 - d) Energia Eólica
 - e) Energia Potencial
9. Definida como o trabalho necessário para que uma carga se desloque de um ponto A para um ponto B, quando imersa em um campo elétrico. Para que um aparelho elétrico funcione, é preciso que exista entre seus terminais. Escolha uma opção:
- a) Potência elétrica
 - b) Carga elétrica
 - c) Diferença de potencial (d.d.p.), também chamada de tensão, voltagem.
 - d) Corrente elétrica
 - e) Todas anteriores
10. Quando é estabelecido um campo elétrico sobre o fio, ligando-o às extremidades de uma pilha ou bateria, os elétrons livres, sob a ação de uma força elétrica devida ao campo, entram imediatamente em movimento ordenado, formando a? Escolha uma opção:
- a) Energia Elétrica
 - b) Elétrons
 - c) Energia Solar
 - d) Potência Elétrica
 - e) Corrente Elétrica
11. É capacidade de trabalho de uma corrente elétrica. Ela é gerada por turbinas ou geradores que transformam a energia química e mecânica em elétrica. É baseada na produção de tensões elétricas entre dois pontos que permitem o estabelecimento de correntes elétricas. Escolha uma opção:
- a) Energia Eólica
 - b) Energia Cinética
 - c) Energia Térmica
 - d) Energia Sonora
 - e) Energia Elétrica

12. Materiais que possibilitam a movimentação de cargas elétricas em seu interior com grande facilidade. Esses materiais possuem uma grande quantidade de elétrons livres, que podem ser conduzidos quando neles aplicamos uma diferença de potencial. Metais como cobre, platina e ouro são bons. Escolha uma opção:

- a) Condutores
- b) Madeira
- c) Semicondutores
- d) Isolantes
- e) Plástico

13. Os tipos mais comuns de energia potencial são. Escolha uma opção:

- a) Energia potencial gravitacional que depende da posição vertical e da massa de um objeto. Energia potencial elástica de uma mola ou de um elemento plástico. Energia potencial elétrica ou eletrostática de uma carga em um campo elétrico.
- b) Energia potencial elástica que depende da posição vertical e da massa de um objeto. Energia potencial gravitacional de uma mola ou de um elemento plástico. Energia potencial elétrica ou eletrostática de uma carga em um campo elétrico.
- c) Energia potencial elétrica ou eletrostática que depende da posição vertical e da massa de um objeto. Energia potencial elástica de uma mola ou de um elemento plástico. Energia potencial gravitacional de uma carga em um campo elétrico.
- d) Energia potencial gravitacional que depende da posição vertical e da massa de um objeto. Energia potencial elétrica ou eletrostática de uma mola ou de um elemento plástico. Energia potencial elástica de uma carga em um campo elétrico.
- e) Todas estão corretas

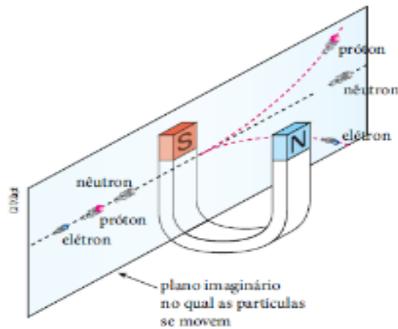
14. Se formam quando certa região de uma nuvem acumula excesso de carga elétrica, positiva ou negativa. Podem ocorrer dentro das nuvens, entre duas nuvens, entre nuvens e o ar ou entre nuvens e o solo. Os mais brilhantes são aqueles em que uma nuvem fica eletricamente conectada ao chão. Escolha uma opção:

- a) Inversão
- b) Faísca
- c) Manifestação sonora
- d) Trovão
- e) Relâmpagos

15. Energia proveniente da força dos ventos. Sua geração começa com dois elementos principais: vento e aerogerador (também conhecido como turbina eólica). Através do multiplicador, a energia mecânica chega ao gerador, que finaliza o processo e a converte em energia elétrica. Escolha uma opção:
- a) Energia Cinética
 - b) Energia Térmica
 - c) Energia Eólica
 - d) Energia Solar
 - e) Energia Gravitacional
16. Material que inibe o fluxo, a propagação de energia, essa movimentação não é possível. Escolha uma opção:
- a) Madeira
 - b) Isolante elétrico
 - c) Condutores
 - d) Semicondutores
 - e) Plástico
17. São partículas subatômicas, ou seja, são partes de um átomo. Estão localizados no núcleo atômico, junto com os nêutrons, e ambos são cobertos ou rodeados pela eletrosfera, que é onde ficam os elétrons. Escolha uma opção:
- a) Onda
 - b) Nêutron
 - c) Fóton
 - d) Próton
 - e) Elétron
18. Materiais que, quando arrefecidos (resfriados), deixam de exercer resistência à passagem da corrente elétrica. Deste modo, a uma determinada temperatura, o material converte-se num condutor elétrico de tipo perfeito. Escolha uma opção:
- a) Isolantes Elétricos
 - b) Semicondutores Elétricos
 - c) Todas as alternativas

- d) Condutores Elétricos
- e) Supercondutores Elétricos

19. Se um próton, um nêutron e um elétron passarem entre os polos de um ímã em forma de U, como sugere a figura a seguir, constataremos que o próton desviará para cima, o elétron desviará para baixo e o nêutron não sofrerá desvio



Esse resultado experimental revela que os prótons e os elétrons têm alguma propriedade que os nêutrons não têm. O texto está tratando de quê? Escolha uma opção:

- a) Condutores
 - b) Carga elétrica
 - c) Radiação
 - d) Fóton
 - e) Nêutron
20. É uma partícula presente na estrutura do átomo e que possui carga elétrica negativa. Estão presentes na região da eletrosfera do átomo, uma região periférica ao redor do núcleo atômico. Escolha uma opção:
- a) Núcleo
 - b) Elétron
 - c) Nêutron
 - d) Próton
 - e) Molécula
21. É uma corrente elétrica muito intensa que ocorre na atmosfera com típica duração de meio segundo e típica trajetória com comprimento de 5 a 10 km. O fenômeno é consequência do rápido movimento de elétrons de um lugar para outro. Escolha uma opção:

- a) Trovão
- b) Maremoto
- c) Relâmpago
- d) Furacão
- e) Tempestade

22. Razão entre a saída útil de uma máquina de conversão de energia e a entrada, em termos de energia. A entrada, assim como a saída útil, pode ser química, energia elétrica, trabalho mecânico, luz (radiação) ou calor. Escolha uma opção:

- a) Conversão de energia
- b) Deficiência de conversão de energia
- c) Energia
- d) Eficiência de conversão de energia.
- e) Todas as alternativas

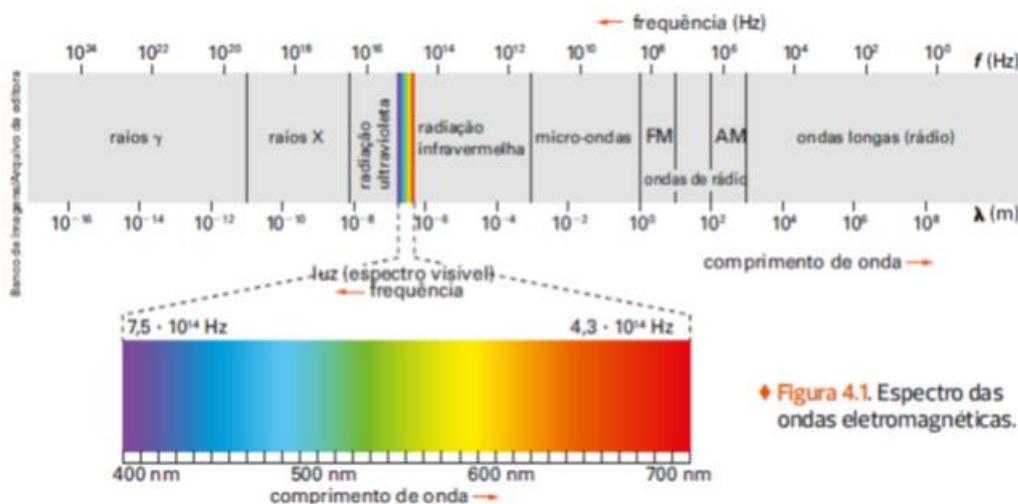
23. É a unidade básica da matéria, isto é, a menor parcela em que um elemento pode ser dividido sem perder suas propriedades químicas. São formados por um núcleo composto por partículas de prótons e nêutrons e por elétrons que orbitam o núcleo, formando a eletrosfera. Escolha uma opção:

- a) Energia solar
- b) Fóton
- c) Condutores
- d) Átomo
- e) Energia

24. São materiais que possuem baixa condutividade elétrica. Esses elementos estão entre os condutores e isolantes, e são capazes de mudar sua condição de condução elétrica com facilidade. Não conseguem conduzir corrente elétrica em condições químicas normais. Escolha uma opção:

- a) Isolantes Elétricos
- b) Supercondutores
- c) Condutores Elétricos
- d) Semicondutores
- e) Todas as alternativas

25. Conforme Gaspar, Alberto Compreendendo a física / Alberto Gaspar. -- 3. ed. São Paulo: Ática, 2016. a origem da luz é semelhante à origem do som. Enquanto o som é produzido a partir de oscilações mecânicas, pode-se dizer que a luz se origina de oscilações eletromagnéticas. Entretanto essa não é a única semelhança. Assim como nossas orelhas só conseguem detectar uma pequena faixa do espectro das ondas sonoras, o que nossos olhos detectam como luz é também uma estreita faixa do espectro das ondas eletromagnéticas, como mostra a figura.



A luz, como o som, é um conceito humano — é o nome que damos à forma como nosso cérebro interpreta os sinais que ele recebe da retina quando nela incidem determinada faixa de frequência. Para a Física, no entanto, a luz visível é apenas contida na estreita faixa de frequências (ou de comprimento de onda) em destaque na figura. Além dessa faixa de frequências, contudo, há outras “luzes” que não conseguimos ver, como as das ondas de rádio, as das micro-ondas, do calor ou das radiações de infravermelho, de ultravioleta e de raios X, que se diferenciam tanto em relação aos efeitos que causam em diferentes materiais ou em seres vivos quanto em relação às suas fontes. O texto acima trata-se. Escolha uma opção:

- Ondas eletromagnéticas
- Nêutron
- Elétron
- Próton
- Carga elétrica

GABARITO:

1-B 2-A 3-A 4-E 5-A 6-A 7-B 8-E 9-C 10-E 11-E 12-A 13-A
14-E 15-C 16-B 17-D 18-E 19-B 20-B 21-C 22-D 23-D 24-D 25-A

Anexo II: Questionário do *PhET*.

- a) como a mudança a intensidade da luz afetará a corrente elétrica?
- b) como a mudança da intensidade luminosa afetará a velocidade (Energia Cinética) dos elétrons?
- c) como a mudança do comprimento de onda da luz afetará a corrente elétrica?
- d) como a mudança do comprimento de onda afetará a velocidade (Energia Cinética) dos elétrons?
- e) como a mudança da tensão da pilha afetará a corrente elétrica?
- f) como a mudança da tensão da pilha afetará a velocidade (Energia Cinética) dos elétrons?
- g). Encontre o comprimento de onda (frequência de corte) para o sódio, o zinco, o cobre, a platina e o cálcio.
- h). Após encontrada a frequência de corte organize-as em ordem crescente.
- i). Obtenha no PHET, o gráfico da tensão x corrente elétrica.
- j). Obtenha no PHET, o gráfico da intensidade luminosa x corrente elétrica.
- K). Obtenha no PHET, o gráfico da frequência da luz x energia cinética do elétron.

GABARITO:

- a) Quanto maior é a intensidade da luz, maior é a corrente elétrica formada entre as placas. Lembrando que neste caso, o comprimento de onda da luz incidente é mantido constante.
- b) A intensidade da luz não afeta a energia cinética dos elétrons ejetados. Lembrando que neste caso, o comprimento de onda da luz incidente é mantido constante.
- c) Diminuindo o comprimento de ondas aumentaria a taxa de elétrons que são ejetados, e isso causaria um aumento na corrente elétrica medida. Lembrando que neste caso, que a intensidade da luz incidente é mantida constante.
- d) Diminuindo o comprimento de ondas aumentaria a taxa de elétrons que são ejetados, e isso causaria um aumento a energia cinética. Lembrando que neste caso, que a intensidade da luz incidente é mantida constante.
- e) A corrente elétrica permanecerá inalterada caso a polaridade da pilha seja positiva. Porém, se a polaridade da pilha for invertida ocorrerá um retardamento da velocidade dos elétrons ejetados o que diminuirá a corrente elétrica registrada. A partir de determinado potencial elétrico (potencial de corte) a corrente elétrica se anula.
- f) São diretamente proporcionais.
- g) Sódio:539nm, Zinco :288nm, Cobre: 263nm, Platina: 196nm e Cálcio: 427nm.
- h) Platina, Cobre, Zinco, Cálcio e Sódio.



Anexo III: TLS

Etapas	Atividade	Descrição	Produção	Finalidade	Tempo	Aula
I	Aula Expositiva Dialogada	<p>Pergunta motivadora:</p> <p>Como fornecer energia elétrica e internet na bovinocultura e na piscicultura?</p> <p>Apresentação de um sistema hotspot de internet alimentado por células fotovoltaicas.</p>	Os discentes farão o levantamento das demandas.	Interação entre os discentes e o docente para diagnosticar o real conhecimento dos discentes.	10 min.	1
II	Levantamento de subsunçores	<p>Apresentar o questionário I aos alunos e verificar quais termos ou conceitos eles conhecem ou já ouviram falar sobre esse conteúdo. Questionário de perguntas aos alunos:</p> <p>a) O que é energia?</p> <p>b) Cite alguns tipos de energia presentes no nosso dia-a-dia.</p> <p>c) A luz do sol carrega energia? Como? d) É possível utilizar a energia do sol para produzir energia elétrica?</p> <p>e) Como funcionam as placas solares? f) As placas solares têm 100% de eficiência?</p> <p>g) A energia solar gera resíduo?</p> <p>h) A energia solar é renovável?</p> <p>i) Qual a importância da luz do sol para a vida no planeta terra?</p> <p>j). Que seres vivos utilizam a luz do sol para crescer?</p> <p>k) A utilização da energia solar pode auxiliar na questão do aquecimento global? Como?</p>	Confecção de uma lista com os principais conceitos que eles conhecem a respeito do tema.	Utilizar como ponto de partida os conceitos que os alunos conhecem.	10 min.	1

Etapas	Atividade	Descrição	Produção	Finalidade	Tempo	Aula
III	Introdução histórica sobre a Física Quântica	Apresentar a videoaula do link: https://www.youtube.com/watch?v=Fvp5sswOB-8&t=25s	Os discentes são orientados pelo docente para fazer anotação dos conceitos referentes ao efeito fotoelétrico da videoaula.	Interação em sala via debate sobre ideias que possam ser divergentes.	30 min	1
Etapas	Atividade	Descrição	Produção	Finalidade	Tempo	Aula
IV	Experimento de Heinrich Hertz	Apresentar a videoaula dialogada do experimento Heinrich Hertz, do link: https://www.youtube.com/watch?v=bbVCCGv7HLU&t=49s	Os discentes são orientados pelo docente para fazer anotação dos conceitos tratados no vídeo sobre o experimento.	Que os discentes aprimorem e relacionem melhor os seus conceitos.	10 min	2
V	Experimento de Philipp von Lenard	Apresentar a vídeo aula dialogada do experimento de Philipp von Lenard, do link: https://www.youtube.com/watch?v=VVka6Mp5vyA	Os discentes são orientados pelo docente para fazer anotação dos conceitos tratados no vídeo sobre o experimento.	Que os discentes aprimorem e relacionem melhor os seus conceitos.	10 min	2
VI	Mapa Conceitual (não avaliativo)	Início da construção de mapa conceitual, já utilizado pelos discentes em outros componentes curriculares, via programa: https://cmaptools.br.uptodown.com/windows	Os discentes iniciarão a construção do mapa conceitual utilizando o programa Cmaptools e continuarão a construção em momento assíncrono.	Para sanar as dúvidas conceituais e encaminhar para o docente (via plataforma moodle, que é utilizada pela escola). Entregar o mapa em uma data estabelecida e anterior ao próximo encontro.	30 min.	2
Etapas	Atividade	Descrição	Produção	Finalidade	Tempo	Aula
VII	Mapa conceitual em momento assíncrono	Os discentes continuam em momento assíncrono o mapa conceitual, para ser entregue ao docente para análise.	Os discentes utilizarão o programa para finalizar o mapa conceitual para a entrega ao docente antes do próximo encontro.	Para que os discentes tenham um tempo maior para construção do mapa conceitual não avaliativo	Assíncrono	2
VIII	Vídeo para momento assíncrono	https://www.youtube.com/watch?v=cKOONsUKBV0	Os alunos fazem as anotações para sanar possíveis dúvidas.	Reforçar, em momento assíncrono, a etapa III da aula 1 de introdução histórica sobre a Física Quântica	Assíncrono	2
Etapas	Atividade	Descrição	Produção	Finalidade	Tempo	Aula

IX	Mapa Conceitual (Não avaliativo)	O docente neste momento discutirá alguns dos mapas conceituais recebidos previamente dos alunos.	Os discentes fazem um relato da construção do mapa conceitual e debatem as conexões conceituais.	Fazer o registro gravado do momento síncrono dos relatos, para possíveis mediações e conclusões.	20 min.	3
X	Quiz invertido	Ao invés de fazer perguntas nessa atividade o docente traz respostas que caracterizam um determinado conceito. Pede-se então que os estudantes façam associações com as perguntas. Reconciliação integradora.	O docente solicita que os discentes façam a construção de uma lista contendo a descrição de determinadas grandezas físicas.	Possibilitar que os estudantes construam seu próprio material de estudo.	30 min.	3

OBS: Quiz invertido é disponibilizado na plataforma Ava Moodle como questionário.

Etapas	Atividade	Descrição	Produção	Finalidade	Tempo	Aula
XI	Aula expositiva e dialogada	Continuar com o desenvolvimento dos conteúdos. Apresentar uma videoaula de efeito fotoelétrico, do link: https://www.youtube.com/watch?v=N4ejUImjGsI&t=3s	O aluno, individualmente, deve fazer suas anotações para posteriormente serem sanadas as possíveis dúvidas.	Proporcionar a todos os alunos a compreensão de conceitos científicos dos temas.	20 min.	4
XII	Atividade experimental simulada demonstrativa do efeito fotoelétrico	O docente utilizará o simulador do <i>PhET</i> do link: https://phet.colorado.edu/sims/cheerj/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt_BR	Os discentes, se possível, farão a simulação experimental junto com o docente.	Apresentar o simulador para os discentes e sanar as dúvidas conceituais, apresentando novamente os conceitos de natureza corpuscular da luz (fótons), fotoelétrons, frequência de corte, influência da intensidade luminosa e influência da inversão de campo elétrico nos fotoelétrons.	25 min.	4
XIII	Atividade experimental simulada prática do efeito fotoelétrico em	O Docente orientará um experimento, pelo simulador <i>PhET</i> , para os discentes realizarem no momento assíncrono, e anotarem os resultados. Questões que o docente solicitará:	Os discentes anotam as questões solicitada pelo docente para posterior preenchimento na plataforma ava moodle	Para que os discentes façam o registro da atividade experimental e possam tirar dúvidas dos conceitos e também para auxilia-	5 min.	4

	momento assíncrono	<p>a) como a mudança a intensidade da luz afetará a corrente elétrica?</p> <p>b) como a mudança da intensidade luminosa afetará a velocidade (Energia Cinética) dos elétrons?</p> <p>c) como a mudança do comprimento de onda da luz afetará a corrente elétrica?</p> <p>d) como a mudança do comprimento de onda afetará a velocidade (Energia Cinética) dos elétrons?</p> <p>e) como a mudança da tensão da pilha afetará a corrente elétrica?</p> <p>f) como a mudança da tensão da pilha afetará a velocidade (Energia Cinética) dos elétrons?</p> <p>g). Encontre o comprimento de onda (frequência de corte) para o sódio, o zinco, o cobre, a platina e o cálcio.</p> <p>h) Após encontrada a frequência de corte organize-as em ordem crescente.</p> <p>i) Obtenha no <i>PhET</i>, o gráfico da tensão x corrente elétrica.</p> <p>j) Obtenha no <i>PhET</i>, o gráfico da intensidade luminosa x corrente elétrica. k) Obtenha no <i>PhET</i>, o gráfico da frequência da luz x energia cinética do elétron.</p>		los na atividade experimental assíncrona.		
Etapas	Atividade	Descrição	Produção	Finalidade	Tempo	Aula
XIV	Atividade experimental simulada do efeito fotoelétrico	Os discentes, após a demonstração do experimento em momento síncrono, fazem em momento assíncrono o experimento.	Os discentes fazem o experimento no <i>PhET</i> e por escrito respondem às questões solicitadas pelo professor. Os discentes enviam os	Para que os discentes possam ter a oportunidade de fazer o experimento virtual de forma on-line.	Assíncrono	4

	em momento assíncrono		resultados obtidos no experimento ao professor, para uma análise prévia dos mesmos.			
Etapas	Atividade	Descrição	Produção	Finalidade	Tempo	Aula
XV	Vivência experimental	Neste momento o docente já recebeu as respostas dos alunos para, posteriormente, mediar o debate dos resultados.	Análise dos resultados obtidos, via simulador, da atividade proposta pelo docente. Relato da experiência em fazer o experimento virtual. Os discentes anotarão a síntese das conclusões para avaliação posterior e preenchimento do questionário.	Retomada da análise dos gráficos obtidos pelos alunos para finalização da discussão sobre o efeito fotoelétrico.	15 min.	5
XVI	Aula expositiva e dialogada	Apresentar a videoaula dialogada do efeito fotovoltaico do link: https://www.youtube.com/watch?v=-YkVXoxH6S0	Os discentes são orientados pelo docente para fazer anotação dos conceitos tratados no vídeo.	Reconhecer as semelhanças e diferenças entre o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico. (Diferenciação progressiva)	15 min.	5
XVII	Colóquio	O docente junto com os discentes dialoga sobre a aula em vídeo, onde ele media as dúvidas que surgem durante o vídeo.	Explicar por escrito ou verbalmente as semelhanças e diferenças entre o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico (Diferenciação progressiva).	Sanar as dúvidas conceituais que ainda possam surgir, entre o efeito fotoelétrico e fotovoltaico.	20 min.	5
Etapas	Atividade	Descrição	Produção	Finalidade	Tempo	Aula
XVIII	Vídeo para momento assíncrono.	Os discentes assistirão aos vídeos em momento assíncrono. https://www.youtube.com/watch?v=ZGyPdWWANnk https://www.youtube.com/watch?v=iEEi-XU_fto	Os alunos fazem as anotações para confecção do mapa conceitual avaliativo.	Reforçar os conceitos para confecção do mapa conceitual avaliativo.	Assíncrono	5

XIX	Avaliação on-line na plataforma Ava Moodle	Instrumento avaliativo (prova escrita) elaborado na plataforma ava moodle (a prova está disponível no anexo I).	Os discentes fazem a avaliação on-line para posterior correção do professor.	Avaliar de forma quantitativa.	Assíncrono	5
Etapas	Atividade	Descrição	Produção	Finalidade	Tempo	Aula
XX	Aula Expositiva Dialogada	<p>O docente reapresenta o questionário I aos discentes:</p> <p>O que é energia?</p> <p>Cite alguns tipos de energia presentes no nosso dia-a-dia.</p> <p>A luz do sol carrega energia? Como?</p> <p>É possível utilizar a energia do sol para produzir energia elétrica?</p> <p>Como funcionam as placas solares?</p> <p>As placas solares têm 100% de eficiência?</p> <p>A energia solar gera resíduo?</p> <p>A energia solar é renovável?</p> <p>Qual a importância da luz do sol para a vida no planeta Terra?</p> <p>Que seres vivos utilizam da luz do sol para crescer?</p> <p>A utilização da energia solar pode auxiliar na questão do aquecimento global? Como?</p>	Os discentes dialogam junto com o docente sobre as perguntas levantadas pelo professor.	Mostrar a possibilidade que alimentar um sistema hotspot de internet, na bovinocultura e piscicultura do campus, com a utilização dos conhecimentos sobre o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico.	30 min.	6
Etapas	Atividade	Descrição	Produção	Finalidade	Tempo	Aula
XXI	Mapa Conceitual (Avaliativo)	Neste momento o docente permite aos discentes utilizar o momento final da aula para o início da confecção do mapa conceitual avaliativo, que será entregue posteriormente em momento assíncrono.	Os discentes iniciam junto com o docente a confecção do mapa conceitual avaliativo.	Avaliar de forma qualitativa as conexões dos conceitos físicos que foram abordados (efeitos fotoelétricos, efeito fotovoltaico, energia elétrica, energia solar).	20 min.	6

XXII	Refazer a lista de grandezas físicas explicando o significado de cada uma das grandezas anotadas.	Refacção da lista de grandezas físicas que foi entregue na etapa X da aula 3.	O docente solicita que os discentes refaçam a lista contendo a descrição de determinadas grandezas físicas.	Possibilitar aos discentes ajustes da primeira lista entregue, facultando uma revisão dos conceitos estudados.	Assíncrono.	6
XXIII	Refacção do Questionário experimental <i>PhET</i>	Refazer o questionário baseado na atividade experimental simulada do <i>PhET</i> que foi proposta na etapa VIII da aula 5.	O docente solicita que os discentes refaçam o questionário experimental <i>PhET</i> .	Possibilitar aos discentes ajustes do questionário experimental, facultando uma revisão dos conceitos estudados.	Assíncrono.	6
XXIV	Refacção do questionário I	Refazer o questionário apresentado na etapa II da aula 1.	O docente solicita que os discentes refaçam o questionário I	Possibilitar que discentes façam ajustes nas respostas do questionário I, facultando uma revisão dos conceitos estudados.	Assíncrono	6