MECÂNICA QUÂNTICA



APOSTILA DE MECÂNICA QUÂNTICA

Alexandre Carvalho

1ª EDIÇÃO

São Paulo, 05/08/2020

Índice

1. Átomo, matéria e energia
2. Férmions e Bósons
3. As quatro forças fundamentais
4. Introdução a mecânica quântica
5. O que é a mecânica quântica
6. Vácuo quântico
7. Quantum o que é?
8. Salto quântico
9. Tunelamento quântico
10. Entrelaçamento quântico
11. Fenômeno dupla fenda
12. Efeito Zenon quântico
13. Estado de superposição
14. Descoerência quântica
15. Biologia quântica
16. Condensado Bose-Einstein
17. Algumas fórmulas
18. Introdução a computação quântica

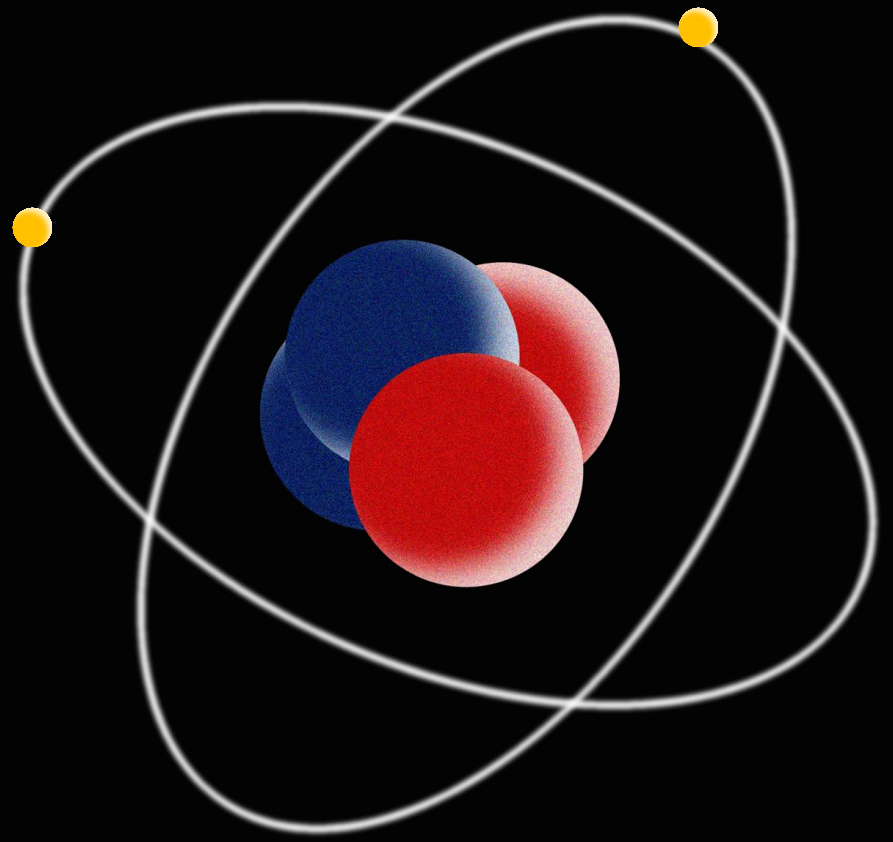
MECÂNICA QUÂNTICA

Unidade 1

Átomo, matéria e energia

ÁTOMO

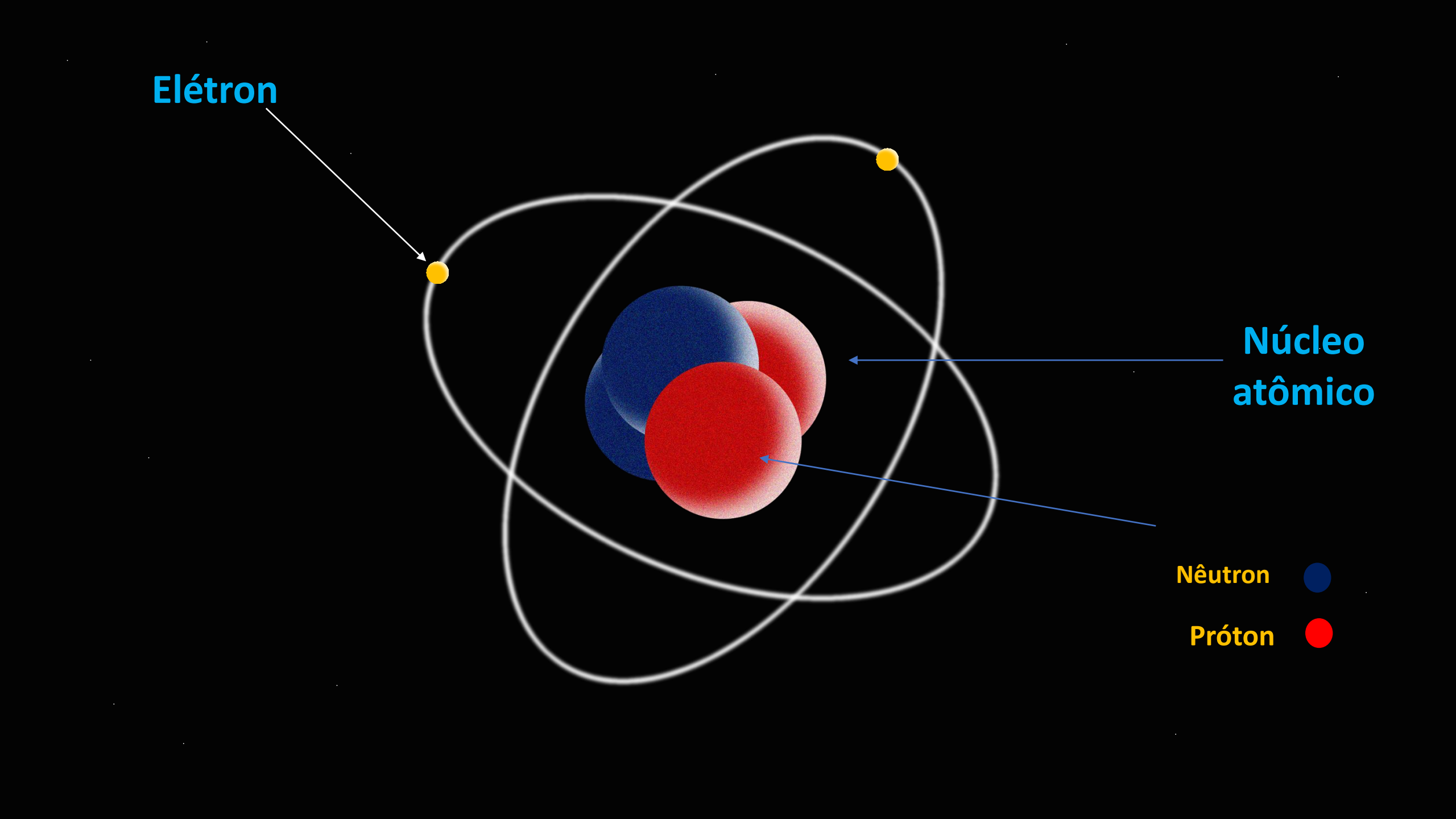
Para contextualizar o átomo para os dias atuais, precisamos abandonar alguns velhos conceitos do passado que caracterizava o átomo como a menor partícula formadora da matéria; dizer que o átomo é a menor partícula que forma a matéria, não é uma inverdade, mas uma colocação errada, pois o átomo não é formado por uma única partícula, mas por um grupo de subpartículas que vem a formar o átomo. Então qual a maneira correta de descrever o átomo nos dias atuais? Podemos usar algumas, como exemplo podemos dizer; o átomo é a menor unidade básica que forma a matéria, ou ainda que é um conjunto de subpartículas que vem a formar tudo que conhecemos como matéria em nosso universo observável. É importante esta diferenciação, pois acreditava-se no passado que o átomo era como se fosse uma única partícula, indivisível e maciça, assim era para os estudiosos da época, em 1803 quando foi descoberto por John Dalton. No entanto, não existia tecnologia suficiente nessa época para fazer uma averiguação mais precisa quanto a estrutura atômica. Mas com o passar dos anos, de muitas pesquisas e inovações tecnológicas, como; aceleradores de partículas e microscópios eletrônicos, chegou-se a conclusão que a estrutura atômica era bem mais complexa do que se acreditava. Hoje se sabe com certeza qual a sua forma estrutural.



Átomo

ESTRUTURA DO ÁTOMO

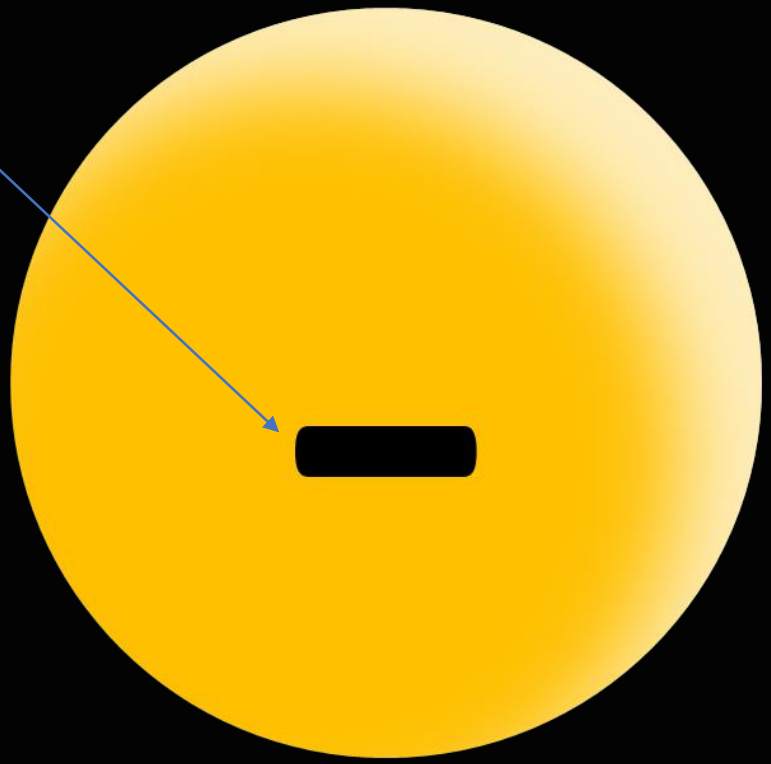
O átomo é formado em seu núcleo, conhecido como núcleo atômico, por duas subpartículas, prótons e nêutrons, que podemos dizer que representam o átomo em si. A partícula próton, que podemos dizer, que para o núcleo atômico é a mais relevante, é caracterizada por ter carga elétrica positiva e dotado de massa, sendo o próton que caracteriza o número atômico, o qual vem a designar um elemento químico, se em um núcleo atômico existe oito prótons, então esse elemento químico é o oxigênio, se esse elemento químico conter um próton, esse elemento é o hidrogênio, assim vemos a importância da partícula próton para o átomo, lembrando (NÃO EXISTE ÁTOMO SEM PRÓTON). A outra partícula que constitui o núcleo atômico é o nêutron, que pode ser caracterizada por ter carga elétrica nula e dotada de massa. A soma das partículas de prótons mais as partículas de nêutrons no núcleo atômico confere ao átomo a massa atômica, além de conferir juntamente com o próton o número de massa, acredita-se que o nêutron também tem a função de ser um isolante entre as partículas de prótons, pois os prótons com carga positiva, tenderiam juntos a se repelir, pelo princípio de repulsão de cargas iguais, no entanto, esta particularidade ainda não foi comprovada pela ciência atual.


Elétron
Núcleo atômico
Nêutron
Próton

ELÉTRON

A outra partícula que compõe a estrutura atômica é o elétron, também conhecido em física teórica como eletrão. O elétron é tão importante na constituição do átomo, como o próton, assim como o próton, não existe átomo sem elétron. O elétron possui carga negativa e massa bem inferior a do próton e nêutron. Ao contrário de prótons e nêutrons que estão no núcleo atômico, os elétrons se localizam em torno desse núcleo, constituindo o que é designado de camadas eletrônicas, mas também sendo designado como nuvem eletrônica. Os elétrons estão presos nestas camadas pela forte atração exercida pelos prótons, lembrando que prótons tem carga positiva e elétrons negativa, assim, cargas diferentes obedecem a lei de atração, por esse motivo os elétrons ficam presos em suas órbitas, ou camadas, até que alguma força venha a retira-los dessas posições. Os elétrons são partículas subatômicas que pertencem a categoria dos Léptons, no entanto, tanto prótons, nêutron e elétrons estão na família dos férmions, sobre essa questão voltaremos no tópico (BÓSONS E FÉRMIONS). Ainda sobre os elétrons, podemos dizer que são partículas que sofrem a influência de três forças fundamentais, como; eletromagnetismo, a gravidade e a força fraca, desempenham um papel fundamental na eletricidade e magnetismo e condutividade térmica. São portanto, os responsáveis diretos pela corrente elétrica.

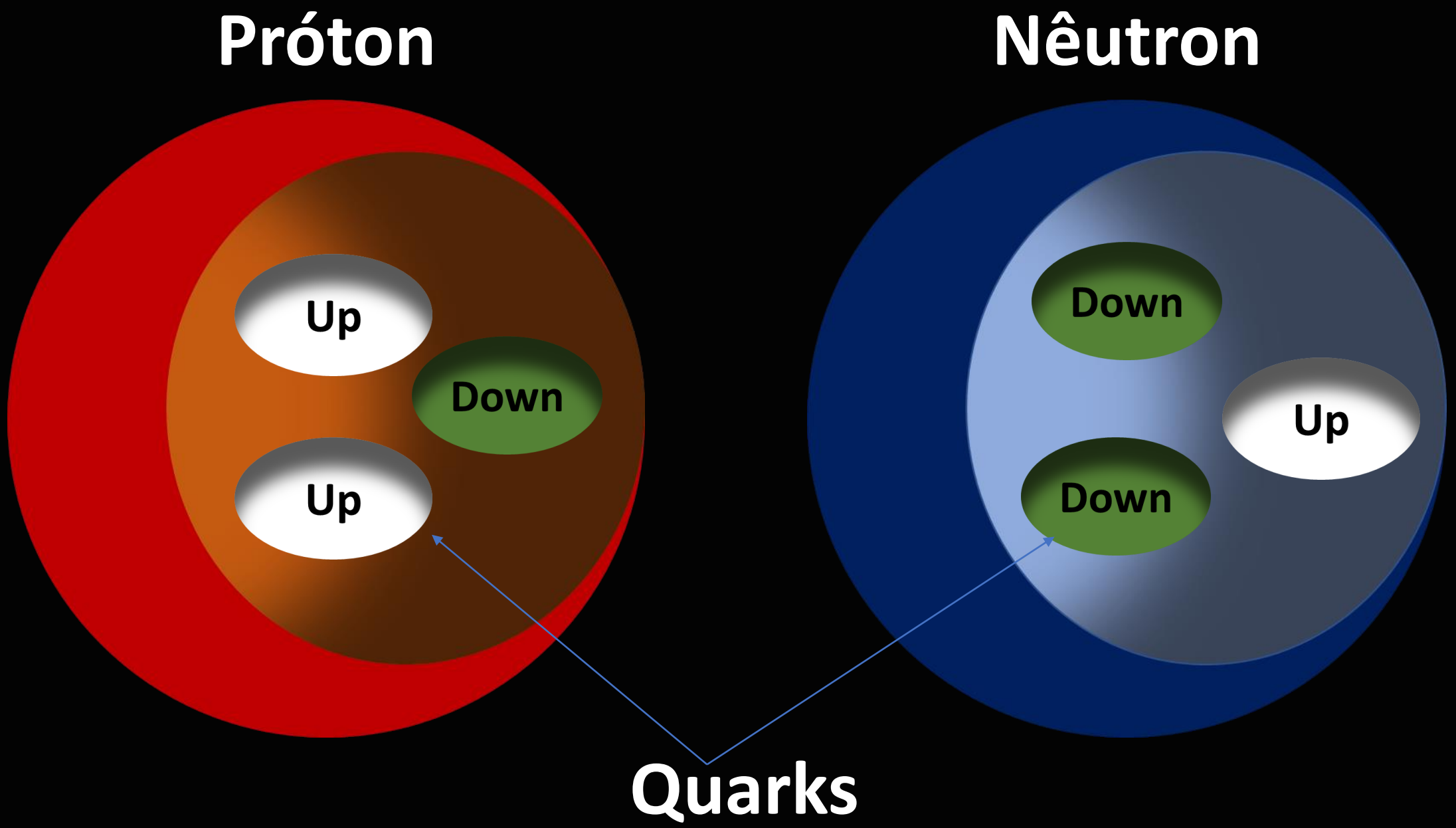
Polaridade negativa



Elétron

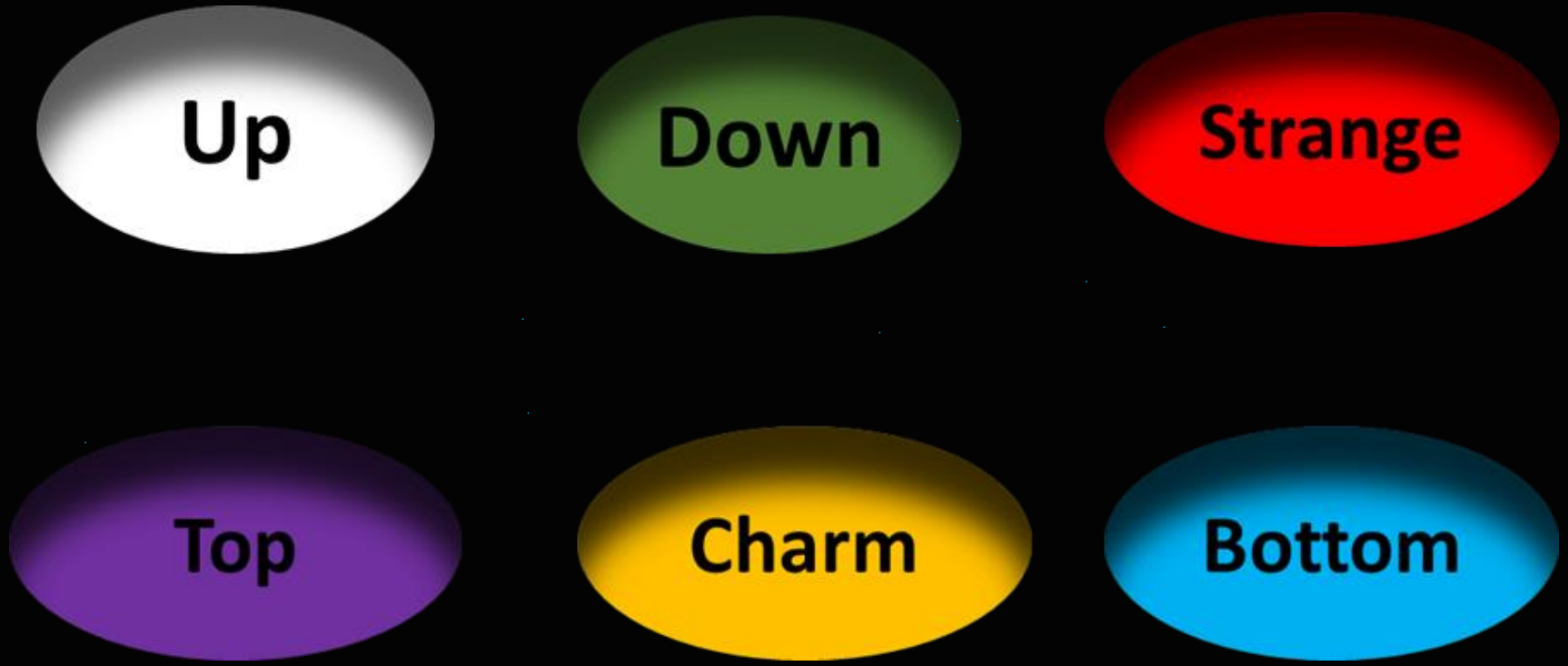
QUARKS

Mas o que são quarks? Essa palavra na atualidade, se tornou tão importante quanto o próprio átomo, mas para entender melhor o que são essas partículas, precisamos voltar ao átomo e ao núcleo atômico. Até um tempo atrás, se acreditava que a estrutura atômica era composta por prótons, nêutrons e elétrons, porém, com novas pesquisas envolvendo radiações nucleares e choque entre partículas em aceleradores de partículas, se descobriu que tanto prótons como nêutrons, são formados pelos quarks, mais especificamente, prótons e nêutrons são formados por três dessas partículas, caindo por terra a integridade massiva dessas duas partículas que compõe o núcleo atômico. No total, foram detectados até hoje seis quarks, que são; Top, Bottom, Up, Down, Strange e Charm. Desses seis, somente dois são encontrados dentro de prótons e nêutrons, os quarks Up e Down. Assim, a constituição física dos prótons e neutros ficam dessa forma, o próton é constituído por dois quarks Up e um quark Down, enquanto que o nêutron é constituído por dois quarks Down e um quark Up. Os quarks são as únicas partículas que interagem com as quatro forças fundamentais. Quarks nunca são detectados isolados na natureza, mas em pares ou em trincas, por um processo conhecido como confinamento. A teoria que estuda os quarks e suas dinâmicas é chamada de Cromodinâmica Quântica, e segundo essa teoria os quarks podem ser encontrados, ligados de dois ou de três. Os pares de quarks são chamados de mésons e os trios de bárions.


Próton
Nêutron
Up
Down
Up
Down
Up
Down
Quarks

QUARKS

Como mencionado anteriormente, as subpartículas quarks, podem ser divididas em seis tipos como já foi descrito, porém desse total apenas dois fazem parte da composição dos prótons e dos nêutrons como ficou demonstrado nesse tópico. Os outros quatro quarks não são detectados naturalmente, pois existiram apenas durante os primeiros momentos da criação do Universo e só é possível recriá-los usando os aceleradores de partículas. Para completar esse tópico, podemos mencionar que, os quarks também podem ser feitos de outras partículas, ou melhor dizendo, de uma outra forma de matéria. Existe a teoria que os quarks, são na verdade compostos por filamentos conhecidos como cordas. No entanto, essa teoria ainda carece de comprovação por parte da ciência.



Os seis quarks

MATÉRIA

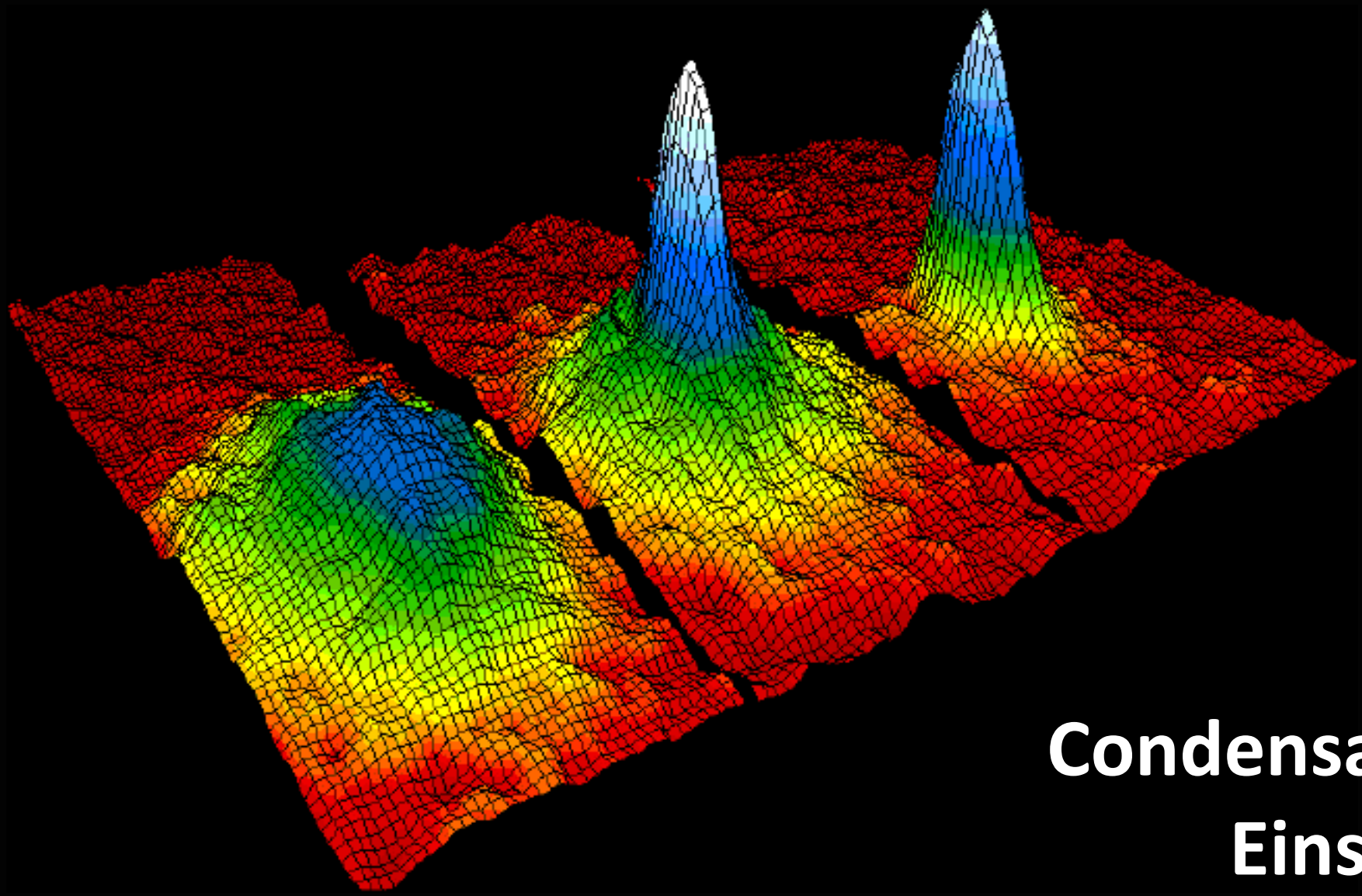
Podemos definir a matéria que conhecemos, mas porque digo matéria que conhecemos!! Porque em nosso universo observável, conhecemos apenas cinco por cento desse universo, por esse motivo, pode existir outros tipos de matéria da qual ainda não temos conhecimento. A matéria que conhecemos também é denominada de matéria bariônica. Podemos designa-la assim, como tudo aquilo que ocupa lugar (o mesmo que volume) no espaço e apresenta peso (produto da massa pela gravidade). Vamos citar alguns exemplos de matéria: árvore, bactéria, vírus, ser humano, ar, água, mesa, veículo, planetas, estrelas, todos formados pela mesma matéria bariônica. Embora possamos definir bem a diferença entre matéria e energia, devemos acrescentar que nos últimos anos essa linha de demarcação entre as duas ficou bem tênue, especialmente quando nos voltamos para a teoria da relatividade, onde em uma de suas expressões mais conhecidas, nos diz que uma pode se transformar na outra, a famosa equação de Einstein onde ele sugere que (E= m.c2), ou seja, energia é igual a velocidade da luz elevado ao quadrado, tudo bem que essa fórmula é na sua realidade um pouco mais complexa que a apresentada em muitos sites, mas só para compreensão de que uma pode se transformar na outra essa fórmula é válida. Devemos acrescentar que a definição que demos aqui sobre matéria, vale somente para um corpo em repouso.



Planeta Terra, é todo composto por matéria bariônica

ESTADOS FÍSICOS DA MATÉRIA

A matéria que conhecemos, pode ser encontrada na natureza em quatro estados físicos, que são eles; sólido, líquido, gasoso e plasmático, esse último encontrado em raios e em estrelas. Lembrando que esses estados físicos são determinados pelo grau de agitação molecular. Mas com o avanço da ciência e em especial da tecnologia, novas formas de matéria tem sido descobertas, podemos citar um desses estados físicos da matéria que foi previsto por Albert Einstein em sua época, mas que somente em nossos dias foi conseguido, o condensado de Bose-Einstein. Esse tipo de condensado, ou melhor dizendo, de estado físico da matéria, é conseguido em temperaturas próximo ao zero absoluto, 273 g-. Nesse estado físico, os átomos que compõe a matéria se encontram quase parados, ou seja, o grau de agitação atômica atinge o mais baixo estado quântico. Assim, os átomos nesse estado físico, se comportam em grupo, exibindo várias características peculiar. Podem ser descritos também como uma fase da matéria, representando fluidos de temperaturas baixas com propriedades e características pouco compreendidas, como fluir espontaneamente para fora do seu recipiente. Efeitos só encontrado na mecânica quântica, que postula que qualquer sistema só pode adquirir energia em quantidades discretas. Se um sistema está a uma temperatura tão baixa que esteja no seu estado de energia mínima, não é possível reduzir a sua energia, nem sequer por fricção. Assim sendo, sem fricção, o fluido facilmente supera a gravidade devido às forças de adesão entre o fluido e a parede do seu recipiente e tomará a posição mais favorável, ou seja, a toda a volta do recipiente.



Condensado Bose-Einstein

ENERGIA

Agora, entrando na definição de energia, podemos dizer que se trata de uma força capaz de produzir trabalho, movimento e até uma precária vida, já que ao contrário da matéria, a energia não possui massa e não ocupa lugar definido no espaço. Assim, se olharmos de um ângulo simples, podemos dizer que não é muito difícil de distinguir matéria da energia por essas características, mas como mencionado por Einstein, existe uma linha bem frágil que separa as duas. A energia não pode ser criada e nem destruída, mas apenas transformada. Em síntese, não há uma definição ou formula exata para designar a energia, 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, som etc. dessa forma, podemos ser taxativos quanto ao dizer que a energia não surge do nada, mas, o que designamos de nada, está repleto de energia, e o homem ao longo de muitos séculos está descobrindo formas diferentes de acessar esse manancial de energia que povoa o universo. Assim como a matéria, a energia está em tudo e em todos os corpos, o próprio ser humano pode produzir pequenas quantidades de energia. É claro que aqui, estamos ampliando um pouco o conceito de matéria e energia, pois como vamos abordar assuntos concernentes a mecânica quântica, esses dois conceitos serão bem ampliados e levados a um patamar que a física clássica não aborda.

Luz: uma forma de energia, energia eletromagnética

