



UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ELETROSTÁTICA

SILVIO MARCOS PILATTI

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(a): Prof(a). Dr^a. Adriana da Silva Fontes

Co-orientador(a): Prof(a). Dr^a. Fernanda Peres Ramos

Campo Mourão

2016

SILVIO MARCOS PILATTI

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE
ELETROSTÁTICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(a): Prof(a). Dr^a. Adriana da Silva Fontes

Co-orientador(a): Prof(a). Dr^a. Fernanda Peres Ramos

Campo Mourão

2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

P637p Pilatti, Silvio Marcos

Uma proposta de sequência didática para o ensino de eletrostática / Silvio Marcos Pilatti.-- 2016.
190 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Adriana da Silva Fontes.

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Fernanda Peres Ramos.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Campo Mourão, 2016.

Inclui bibliografias.

1. Teorias de aprendizagem. 2. Sequências didáticas. 3. Física – Ensino Médio 4. Física – Dissertações. I. Fontes, Adriana da Silva, orient. II. Ramos, Fernanda Peres, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. IV. Título.

CDD: 530.07

Biblioteca Câmpus Campo Mourão
Lígia Patrícia Torino CRB 9/1278

TERMO DE APROVAÇÃO

Título da dissertação:

UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ELETROSTÁTICA

por

Silvio Marcos Pilatti

Esta dissertação foi apresentada às 14h30min do dia **25 de agosto de 2016** como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENSINO DE FÍSICA, do Programa de **Mestrado** Profissional em *Ensino de Física* do Departamento de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campo Mourão - Polo 32 do MNPEF - SBF. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação a banca examinadora considerou o trabalho Aprovado (aprovado ou reprovado).



Prof. Dra. Arianha da Silva Fontes
Universidade Tecnológica Federal do Paraná



Prof. Dr. Michel Corci Batista
Universidade Tecnológica Federal do Paraná



Prof. Dr. Marcos Cesar Danhong Neves
Universidade Estadual de Maringá

*A Raquel, minha esposa que sempre esteve ao meu lado.
Aos meus filhos Marcos e Luís, razões de todo meu esforço.
Aos meus pais Norberto e Rosa, que me educaram.*

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora, professora Dr^a Adriana da Silva Fontes pela paciência e disposição em me orientar, e pela confiança depositada em mim durante a realização deste trabalho.

A minha co-orientadora, professora Dr^a Fernanda Peres Ramos pelo incentivo e pelas diversas contribuições para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

Agradeço a todos os professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão, pelo que me ensinaram.

Agradeço a toda minha família pelas palavras de incentivo.

A CAPES pelo apoio financeiro.

RESUMO

UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ELETROSTÁTICA

SILVIO MARCOS PILATTI

Orientador(a): Prof(a). Dr^a. Adriana da Silva Fontes

Co-orientador(a): Prof(a). Dr^a. Fernanda Peres Ramos

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Neste trabalho descrevemos a aplicação de uma Sequência Didática para o ensino dos conceitos de Carga Elétrica, Força Elétrica e Campo Elétrico em uma Escola da Rede Pública de Ensino, da cidade de Pato Branco, Paraná. Esta Sequência Didática foi elaborada com base nos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e aplicada em duas turmas da terceira série no primeiro bimestre de 2016. Os instrumentos utilizados para a coleta de dados foram: as atividades realizadas pelos estudantes, os questionários de identificação de conhecimentos prévios e de avaliação da aprendizagem e o questionário de avaliação dos recursos instrucionais. Os resultados foram analisados qualitativamente. Tais análises mostraram que os alunos se apropriaram, gradualmente, dos conceitos trabalhados na Sequência Didática e foram capazes de aplicá-los de forma adequada para solucionar as situações-problema propostas. Os resultados obtidos no questionário de avaliação dos recursos instrucionais indicaram que o uso do Experimento, das Histórias em Quadrinhos e dos Jogos Didáticos contribuiu para despertar o interesse dos alunos para o conteúdo abordado na Sequência Didática, tornando-os mais participativos e receptivos. Dessa forma, os resultados indicaram que a Sequência Didática elaborada com base nos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa para introduzir os conceitos de Carga Elétrica, Força Elétrica e Campo Elétrico teve um resultado positivo.

Palavras-chave: Sequência Didática, Ensino Médio, Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

A TEACHING SEQUENCE TO THE ELECTROSTATICS TEACHING

SILVIO MARCOS PILATTI

Advisor: Teacher Doctor Adriana da Silva Fontes

Co-advisor: Teacher Doctor Fernanda Peres Ramos

Masters dissertation abstract submitted to the Graduate studies Program in Physics teaching in the Professional Master's Program, as a part of the necessary requisite to the obtainment of the designation of Master in Physics Teaching.

In this work, we describe the application of a Teaching Sequence of the concepts of Electric Charge, Electrical Power and Electric Field in a Public Teaching School, in Pato Branco, Paraná. This Teaching Sequence was elaborated based in the assumptions of the Significant Learning Theory from David Ausubel and applied in two classes of 3rd grade in the first two months of 2016. The instruments used to the data collection were: the activities realized by the students, the questionnaires of previous knowledge identification and knowledge evaluation and the instructional resources evaluation questionnaire. The results were analyzed in a qualitative way. These analysis showed that the students appropriated, gradually, the concepts worked in the Teaching Sequence and they were able to apply them in the right way to solve the proposed problem situations. The obtained results in the instructional resources evaluation questionnaire indicate that the practice of the Experiment, the Comic books and the Didactic games contributed to awaken the interest of the students to the contents of the Teaching Sequence. In this way, the results indicated that a Teaching Sequence elaborated based in the assumptions of the Significant Learning Theory to introduce the concepts of Electric Charge, Electrical Power and Electric Field had a positive result.

Key words: Teaching Sequence, High School, Significant Learning.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	10
CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa.....	13
2.1.1 Aprendizagem subordinada, superordenada e combinatória.....	17
2.1.2 Organizadores prévios.....	19
2.1.3 Condições para ocorrência da aprendizagem significativa.....	20
2.2 O papel da Experimentação no Ensino de Física.....	21
2.3 O papel das Histórias em Quadrinhos no Ensino de Física.....	22
2.4 O papel dos Jogos Didáticos no Ensino de Física.....	22
2.5 Carga Elétrica.....	25
2.6 Força Elétrica.....	33
2.7 Campo Elétrico.....	36
CAPÍTULO 3 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	46
3.1 Contexto de estudo.....	46
3.2 Os Sujeitos da pesquisa.....	46
3.3 Aplicação da Sequência Didática.....	46
3.4 Oficina para Professores de Física da Rede Pública de Educação Básica Pertencentes ao NRE de Campo Mourão.....	51
CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	55
4.1 Resultados do Questionário de Identificação de Conhecimentos Prévios.....	55
4.1.1 Análise da questão 1.....	55
4.1.2 Análise da questão 2.....	56
4.1.3 Análise da questão 3.....	57
4.1.4 Análise da questão 4.....	57
4.1.5 Análise da questão 5.....	58
4.2. Resultados da Avaliação de Aprendizagem.....	59
4.2.1 Análise da questão 1.....	59
4.2.2 Análise da questão 2.....	60
4.2.3 Análise da questão 3.....	60
4.2.4 Análise da questão 4.....	61
4.2.5 Análise da questão 5.....	62

4.3 Resultados da Avaliação dos Recursos Didáticos.....	62
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
REFERÊNCIAS.....	68
APÊNDICE A - Produto Educacional.....	71

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O problema de “ensinar física na América Latina” é apenas parte de um problema maior, que é o de “ensinar Física em qualquer lugar”, que aliás, está incluído num problema mais amplo, que é o de “ensinar qualquer coisa em qualquer lugar” e para o qual não é conhecida uma solução satisfatória.

Richard Feynman

Em nossa prática como professores de Física do Ensino Médio, temos nos preocupado com alguns aspectos que envolvem o ensino desta disciplina nas escolas da rede pública, pois, a realidade da sala de aula não parece em nada com as propostas didáticas defendidas pelo Ministério da Educação, cuja consequência é o baixo desempenho nas avaliações de aprendizagem.

A falta de uma metodologia adequada para o ensino de Física no Ensino Médio, se reflete na forma mecanicista como a Física é ensinada, muitas vezes desconexa, sem significado priorizando-se abordagens quantitativas. Nessa perspectiva concorda-se com Azevedo de que,

É preciso que sejam realizadas diferentes atividades, que devem estar acompanhadas de situações problematizadoras, questionadoras de diálogo, envolvendo a resolução de problemas e levando à introdução de conceitos para que os alunos possam construir seu conhecimento (CARVALHO, 1995 apud AZEVEDO, 2004).

“Não é preciso fazer pesquisa para se constatar que, na escola de Ensino Médio, muitos alunos, provavelmente a maioria, preferem, em termos de ciências, a Biologia e a Química em relação à Física” (MOREIRA, 1983, p. 11). Assim sendo, tem-se uma prática educacional distorcida da qual a Física acaba por tornar-se objeto de críticas por parte dos alunos, que questionam o professor: Para que estudar Física? “(...) como ensinar uma ciência que consideramos importante para a formação da cidadania, quando jovens, futuros cidadãos, não a apreciam e nem a consideram relevante?” (TERRAZAN, 1996, p. 3).

Para que os alunos ao término do ensino básico venham a tornarem-se críticos e com capacidade de compreender o mundo que os rodeia, os Parâmetros Curriculares Nacionais orientam que o ensino de Física promova uma Aprendizagem Significativa.

Tem-se, então, como um dos principais desafios da Educação, o desenvolvimento de um modelo criativo, inovador, que responda à necessidade desta sociedade atual na qual o conhecimento envelhece aceleradamente e a produção e circulação de informações são cada vez maiores (BRASIL, 2006, p. 140).

Seguindo as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais, buscamos verificar a adequação e a compreensão dos fenômenos físicos relacionados à Eletrostática por meio da produção e aplicação de uma Sequência Didática composta por uma Atividade Experimental, Histórias em Quadrinhos e Jogos Didáticos.

Este trabalho teve, como marco teórico, a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel¹, partindo, portanto, de aspectos mais abrangentes e convergindo para aspectos mais específicos, priorizando o foco na aprendizagem significativa.

Diante do exposto acima, propomos a seguinte questão, que serviu de referência para todo o nosso trabalho: “Uma Sequência Didática, baseada na utilização de Atividade Experimental, Histórias em Quadrinhos e Jogos Didáticos, contribui para que os alunos venham a aprender de forma significativa os conceitos relacionados à Carga Elétrica, Força Elétrica e Campo Elétrico? Os professores fariam uso desse material?”

O objetivo desta dissertação envolve o desenvolvimento e aplicação de uma Sequência Didática capaz de promover um Ensino de Física (tópicos de Eletrostática) contextualizado e com significado, bem como, avaliar o seu potencial pedagógico.

A fim de atingir o objetivo desta dissertação, definimos os seguintes objetivos específicos:

- a) Elaborar e organizar uma Sequência Didática, visando o ensino dos conceitos de Carga Elétrica, Força Elétrica e Campo Elétrico;
- b) Identificar os conhecimentos prévios dos alunos, relacionados ao conceito de Carga Elétrica, Força Elétrica e Campo Elétrico, de modo a ensinar a partir deles;
- c) Investigar indícios de Aprendizagem Significativa durante e após a aplicação da Sequência Didática e, um possível aumento do interesse do aluno em aprender.

¹ David Ausubel nasceu em Nova York em 1918. Estudou Medicina e Psicologia na Universidade da Pensilvânia. Foi um dos fundadores das teorias construtivistas da aprendizagem e escreveu diversos livros sobre Psicologia da Educação.

Esta dissertação está organizada da seguinte maneira:

No Capítulo 2, “Referencial Teórico”, apresentamos uma síntese da Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel e Moreira. O capítulo apresenta, também, um breve histórico referente ao início dos estudos da Eletricidade, Carga Elétrica, Força Elétrica e Campo Elétrico.

No Capítulo 3, “Procedimentos Metodológicos”, descrevemos como foi realizada a investigação. Descreve a abordagem metodológica escolhida, o contexto do estudo, os sujeitos participantes da pesquisa, a aplicação da Sequência Didática, os instrumentos de coleta de dados.

No Capítulo 4, “Resultados e Análises”, apresentamos os resultados obtidos durante o desenvolvimento do trabalho e as análises dos dados que foi realizada numa perspectiva puramente qualitativa. Na primeira parte do capítulo, é realizada uma análise dos resultados obtidos nas atividades de levantamento de conhecimentos prévios dos alunos.

Na sequência, foram analisados os dados obtidos nas atividades, em grupos, realizadas durante a aplicação da Sequência Didática e na avaliação final, aplicada após o uso dos Jogos Didáticos. Por fim, são analisados e discutidos os dados obtidos no questionário de avaliação dos recursos didáticos.

No Capítulo 5, Considerações Finais, buscamos responder à questão de pesquisa levantada neste trabalho.

CAPÍTULO 2

REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é feita uma breve descrição da Teoria da Aprendizagem Significativa, da contribuição do uso de Atividades Experimentais, Histórias em Quadrinhos e dos Jogos Didáticos no Ensino de Física, embasando esta dissertação. E apresenta, também, uma síntese dos conceitos de Carga Elétrica, Força Elétrica e Campo Elétrico.

2.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa

A Teoria da Aprendizagem Significativa é uma teoria de Aprendizagem Cognitivista² que surgiu na década de 1960. Uma das obras que deram início ao desenvolvimento da Teoria da Aprendizagem Significativa foi o livro intitulado "The Psychology of Meaningful Verbal Learning"³, publicado por David Ausubel em 1963.

A teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel tem como objetivo descrever como ocorre o aprendizado, ou seja, como a mente retém os conteúdos curriculares ministrados em sala de aula, ou em outros ambientes. Na aprendizagem por recepção, o conteúdo que se deseja ensinar é apresentado em sua forma final, já que o aluno não tem a obrigação de sozinho descobrir o conteúdo. Ao aluno, cabe “apenas” o papel de compreender o *material de aprendizagem* (*i.e.*⁴, conteúdo a ser ensinado) de forma significativa e de interiorizá-lo de forma que esteja disponível para utilização futura. É importante destacar que, para a teoria em questão, a aprendizagem verbal significativa configura-se no principal meio para aumentar o armazenamento de conhecimentos do aprendiz, seja dentro ou fora do ambiente escolar (AUSUBEL *et al.*, 1980, p. 98; AUSUBEL, 2003, p. 21-22).

A aprendizagem é significativa quando uma nova informação adquire significado para o aluno através de uma espécie de "ancoragem" em conhecimentos relevantes preexistentes

² A teoria cognitivista enfatiza exatamente aquilo que é ignorado pela visão behaviorista: a cognição, o ato de conhecer, ou seja, como o ser humano conhece o mundo. Os cognitivistas também investigam os processos mentais do ser humano de forma científica, tais como a percepção, o processamento de informação e a compreensão.

³ Esta obra foi atualizada em 2000: Ausubel, D.P. (2000), *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. Tradução portuguesa editada pela Plátano Editora (2003).

⁴ Abreviação do latim de “*id est*” – “isto é”.

em sua estrutura cognitiva o qual Ausubel (2003) chama de “subsunçor”⁵. A Aprendizagem Significativa é um processo dinâmico no qual ocorre uma interação não-arbitrária e não-literal (substantiva) entre o novo conhecimento e os conhecimentos preexistentes, ou seja, os subsunçores reforçando-se e interagindo entre si modificando de forma constante a estrutura cognitiva do aluno. Segundo Moreira:

... a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação “ancora-se” em conceitos relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva. Ou seja, novas ideias, conceitos, proposições podem ser aprendidos significativamente (e retidos) na medida em que outras ideias, conceitos, proposições relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, dessa forma, como ponto de ancoragem às primeiras (MOREIRA, 1983, p. 20).

Ausubel vê o armazenamento de informações na mente de um indivíduo como sendo algo organizado, respeitando uma hierarquia de conceitos na qual elementos mais específicos de conhecimento são relacionados e assimilados a conceitos e proposições mais gerais, mais inclusivos (MOREIRA, 2001, p. 17).

De acordo com Moreira (1983, p.18), o fator mais importante na teoria de Ausubel fica evidente na seguinte explicação:

Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Determine isso e ensine-o de acordo (AUSUBEL, 1978, p. iv).

De acordo com Ausubel (2003) o processo de assimilação na aquisição, retenção e organização de conhecimentos pode ocorrer por diferenciação progressiva e reconciliação integradora. A diferenciação progressiva ocorre quando novos conhecimentos são incorporados à estrutura cognitiva do indivíduo de forma que conceitos mais específicos são relacionados e assimilados a conceitos mais gerais. Nesse processo, os subsunçores modificam-se, ficando mais elaborados e capazes de servirem como subsunçores para novos conhecimentos. A reconciliação integradora ocorre quando, num processo de aprendizagem de novos conceitos, ideias já existentes presentes na estrutura cognitiva do indivíduo são percebidas como relacionadas, podendo ocorrer o desenvolvimento de novos significados e a conciliação de significados em conflito.

⁵ A palavra “subsunçor” não existe na língua portuguesa; trata-se de uma tentativa de tornar semelhante ao português a palavra inglesa “subsumer”. Seria mais ou menos equivalente a facilitar (MOREIRA, 1999).

Em contraste a Aprendizagem Significativa, tem-se a Aprendizagem Mecânica que é a mais comum. A Aprendizagem Mecânica é aquela com pouco significado, puramente memorística, se dá com a absorção literal e não substantiva do novo material. O esforço necessário para esse tipo de aprendizagem é muito menor, daí, ele ser tão utilizado quando os alunos se preparam para vestibulares e ENEM.

Para Ausubel (2003) o uso da Aprendizagem Mecânica é necessário quando o aluno não possui, em sua estrutura cognitiva, ideias-âncora que facilitem a conexão entre esta e a nova informação, ou seja, quando não existirem ideias prévias que possibilitem essa ancoragem.

“Fica, então, claro que na perspectiva ausubeliana, o conhecimento prévio (a estrutura cognitiva do aprendiz) é a variável crucial para a aprendizagem significativa” (MOREIRA, 1999, p. 26).

Conforme Moreira (2012, p. 12), cabe destacar que a Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Mecânica não constituem uma dicotomia: estão ao longo de um mesmo contínuo. Há uma “zona cinza” entre eles, conforme figura 1.

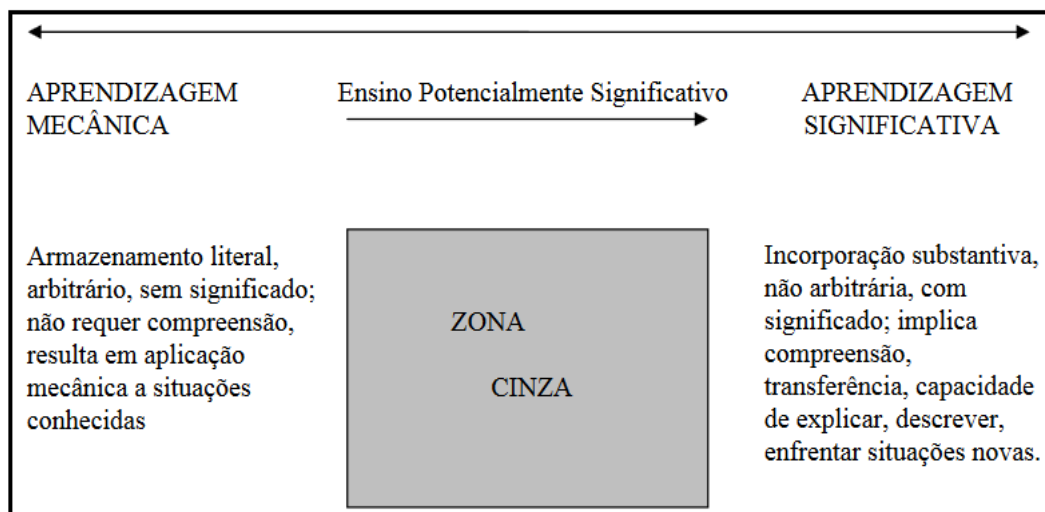


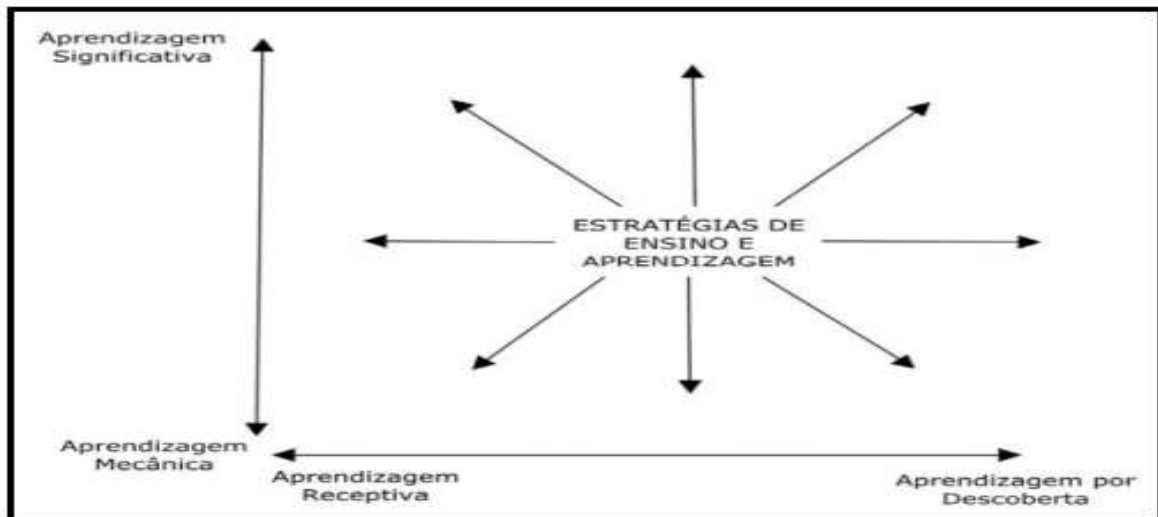
Figura 1- Visão esquemática proposta por Moreira do contínuo, denominado "zona cinza" entre a aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica
Fonte: Moreira (2012).

Para Moreira (2012, p.12) a existência desse contínuo necessita dos seguintes esclarecimentos:

1. A passagem da Aprendizagem Mecânica para a Aprendizagem Significativa não é natural, ou automática, não podemos pensar que o aluno possa ao aprender inicialmente de forma mecânica no final do processo a aprendizagem acabará sendo significativa, isto pode vir a ocorrer, mas depende de subsunçores adequados, da disposição dos alunos em aprender, de materiais potencialmente significativos e da mediação do professor, na prática tais condições muitas vezes não são satisfeitas predominando assim a Aprendizagem Mecânica.
2. A Aprendizagem Significativa é progressiva, a construção de um subsunçor é um processo de captação, internalização, diferenciação e reconciliação de significados que não é imediato.
3. A Aprendizagem Significativa depende da captação de significados, um processo que envolve uma negociação de significados entre docentes e discentes e que pode ser longo. É também uma ilusão pensar que uma boa explicação, uma aula “bem dada” e um aluno “aplicado” são condições suficientes para uma Aprendizagem Significativa.

Segundo Moreira (2012), a Aprendizagem Significativa pode vir a ocorrer de duas formas: por recepção ou por descoberta. Quando a aprendizagem for por recepção, a informação é apresentada ao aluno em sua forma final, enquanto que na aprendizagem por descoberta o aluno deve descobrir o conteúdo a ser aprendido.

Moreira (2012) destaca que, *“não é preciso descobrir para aprender significativamente sendo um erro pensar que a aprendizagem por descoberta implica obrigatoriamente em Aprendizagem Significativa”*. Não é possível para o aluno aprender se tiver que descobrir o conhecimento a todo momento. Porém, é possível recorrer a este tipo de aprendizagem se necessário. Moreira destaca, ainda, que não há uma dicotomia entre estes dois tipos de aprendizagem e pode ocorrer uma sobreposição entre os conhecimentos adquiridos por recepção e por descoberta como mostra a Figura 2.



**Figura 2 - Tanto a aprendizagem por recepção quanto a aprendizagem por descoberta podem resultar em Aprendizagem Significativa ou em Aprendizagem mecânica
Fonte: Moreira (2012).**

Ausubel (1978, p.521) define ambas: na primeira o conteúdo é apresentado ao aluno na sua forma final; na segunda o conteúdo a ser estudado deve ser descoberto pelo aluno antes de incorporá-lo em sua estrutura cognitiva. De acordo com Ausubel, a aprendizagem por descoberta e por recepção se relacionam, como a Aprendizagem Significativa e a Aprendizagem Mecânica, pois assim como estas, estão nos extremos de um contínuo. É equivocado considerar que toda aprendizagem por recepção deve ser mecânica ou ainda, que toda aprendizagem por descoberta é significativa.

2.1.1 Aprendizagem subordinada, subordinante e combinatória

Em sua Teoria da Assimilação, Ausubel (2003, p. 111), define três formas de Aprendizagem Significativa: subordinada, subordinante e combinatória.

Típica da aprendizagem receptiva, a aprendizagem subordinada é a mais comum resultando da interação de novos conhecimentos com conhecimentos prévios especificamente relevantes na estrutura cognitiva do indivíduo. Para a dinâmica de subsunção subordinada ficar mais clara Ausubel chama a atenção para dois tipos diferentes de processos de subsunção Moreira (2001, p. 28).

a) *subsunção derivativa*, na qual a nova informação a_5 está ligada à ideia subordinante A e representa uma extensão de A. Os atributos de critérios do conceito A não se encontram

alterados, mas reconhecem-se os novos exemplos como relevantes. Portanto a aprendizagem subordinada é chamada de derivativa quando o novo material é apenas um colaborador ou diretamente derivável de algum conceito preexistente, de forma estável e inclusiva.

b) *subsunção correlativa*, na qual a nova informação y está ligada à ideia X , e é uma extensão, alteração ou qualificação de X . Os atributos de critérios do conceito de subsunção podem alargar-se ou alterar-se com a nova subsunção correlativa. Portanto a aprendizagem subordinada é chamada de correlativa quando o novo material é uma extensão ou quantificação de conceitos ou proposições previamente aprendidos de forma significativa.

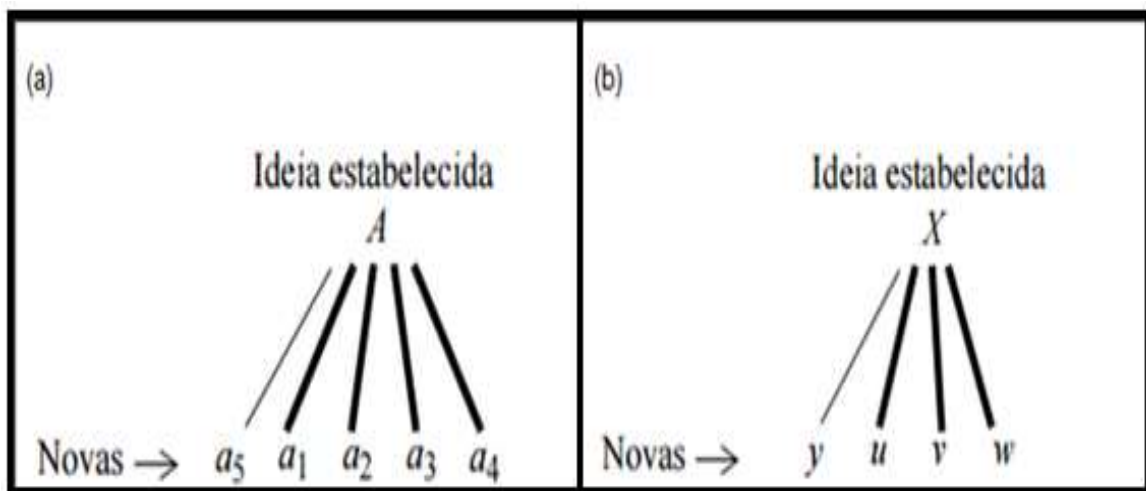


Figura 3 - A interação das novas ideias com as ideias já estabelecidas na estrutura cognitiva em: (a) Subsunção derivativa e (b) Subsunção correlativa
Fonte: Ausubel (2003, p. 111).

Outro tipo de aprendizagem, bem menos comum do que a subordinada, é chamada de aprendizagem subordinante ou superordenada, muito importante na formação de conceitos e na unificação e reconciliação integradora de proposições não relacionadas ou conflitivas, o novo conhecimento, é mais geral e mais inclusivo do que os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Assim, os conceitos já existentes assumem posição de subordinação em relação a esse novo conceito mais geral e abrangente. Neste processo, ilustrado na Figura 4, as ideias já estabelecidas a_1 , a_2 e a_3 reconhecem-se como exemplos mais específicos da nova ideia A e tornam-se ligadas a ela. A ideia subordinante A é modificada passando a possuir o conjunto de atributos que acompanham as ideias subordinadas já existentes.

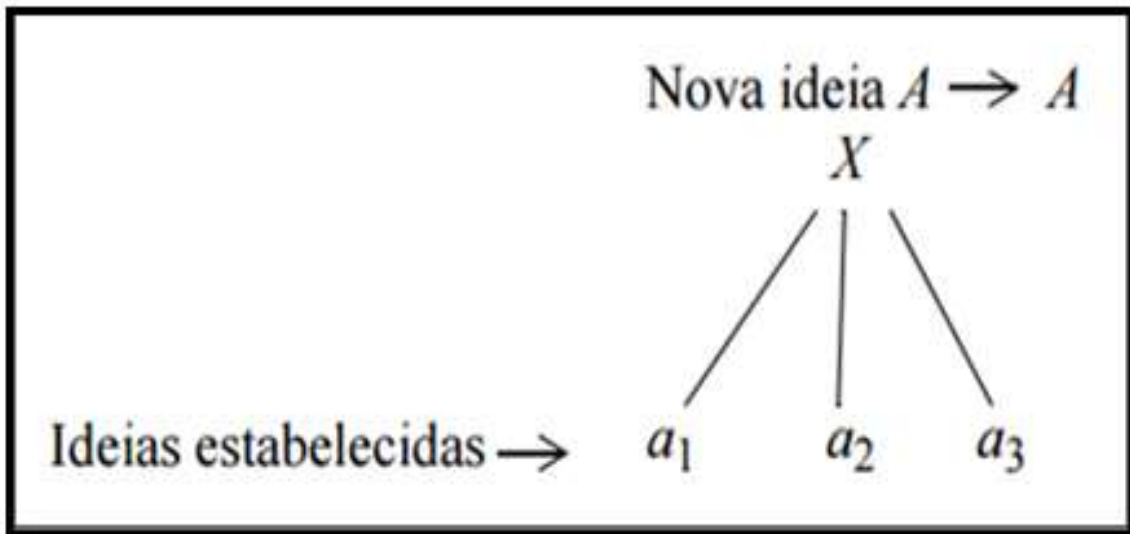


Figura 4 - A interação da nova ideia com as ideias já estabelecidas na aprendizagem subordinante

Fonte: Ausubel (2003, p. 111).

Quando o novo conhecimento se relaciona com os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo nós temos a aprendizagem combinatória mas não é nem mais específico e nem mais geral. O novo conhecimento se relaciona a vários conceitos já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. É como se o novo conhecimento fosse potencialmente significativo por ser relacionável a estrutura cognitiva como um todo e não a aspectos específicos, como acontece na aprendizagem subordinada e subordinante (MOREIRA, 1999).

2.1.2 Organizadores prévios

Para que a Aprendizagem Significativa ocorra é necessário que o aprendiz possua, em sua estrutura cognitiva, conhecimentos prévios denominados de conceitos subsunçores. Por outro lado, se o aprendiz não possui esses conceitos faz-se necessário o uso de organizadores prévios que, segundo Moreira (2001, p.21) são materiais introdutórios apresentados antes do próprio material a ser aprendido. Para tanto, são recomendados por Ausubel para servirem como uma espécie de âncora para a nova aprendizagem, que levam ao desenvolvimento de conceitos subsunçores, facilitando assim a Aprendizagem Significativa. O uso de organizadores prévios é uma estratégia proposta por Ausubel para, deliberadamente,

manipular a estrutura cognitiva a fim de facilitar a Aprendizagem Significativa (MOREIRA, 2001, P.21).

Logo, de acordo com Moreira (1983, p. 30) *“a principal função dos organizadores prévios é, então, a de preencher a lacuna entre o que o aluno já sabe e o que ele precisa saber a fim de que o novo conhecimento possa ser aprendido de forma significativa”*.

2.1.3 Condições para ocorrência da Aprendizagem Significativa

Para Ausubel (1978, apud MOREIRA, 1983, p. 25) *“a essência do processo de Aprendizagem Significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária ao que o aprendiz já sabe”*.

Portanto uma das condições para a ocorrência da Aprendizagem Significativa é que o material usado pelo professor, seja potencialmente significativo, ou seja, faça relação com a estrutura cognitiva do aprendiz de maneira não arbitrária e não literal (substantiva) Moreira (2001).

Para Moreira, a condição para que o material utilizado pelo professor seja potencialmente significativo envolve duas condições subjacentes, a natureza do material em si e a natureza da estrutura cognitiva do aprendiz.

Quanto à natureza do material, ele deve ser “logicamente significativo” ou ter “significado lógico”, ser suficientemente não arbitrário e não literal em si, de modo que possa ser relacionado, de forma substantiva e não arbitrária, a ideias correspondentemente relevantes que se situem dentro do domínio da capacidade humana de aprender. No que se refere à natureza da estrutura cognitiva do aprendiz, nela devem estar disponíveis os conceitos subsunçores específicos com os quais o novo material é relacionável (MOREIRA, 1983, p. 25-26).

Outra condição para que a Aprendizagem Significativa ocorra é, segundo Moreira (1983) que o aprendiz esteja predisposto a aprender, relacionando de maneira substantiva e não arbitrária, o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva. Isso implica em dizer que se a intenção do aprendiz for de memorizar o material, não importando o quanto significativo ele seja, o processo de aprendizagem acabara sendo mecânico. E, de forma recíproca, se o material não for potencialmente significativo, ou seja, não relacionável à estrutura cognitiva do indivíduo, independente de sua disposição em aprender, o processo de aprendizagem não será significativo.

2.2 O papel da Experimentação no Ensino de Física

Entendemos que as Atividades Experimentais melhoram a compreensão dos fenômenos Físicos estudados em sala de aula, contribuindo para que o aluno perceba a relação entre a Atividade Experimental e os conceitos Físicos estudados. De acordo com os PCN+,

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável (PCN+, 2002, p. 81).

É preciso que as Atividades Experimentais estimulem não somente o aprendizado de Física, como também o raciocínio, o espírito crítico e criativo, assim a participação e o interesse dos alunos nas aulas, desenvolvendo habilidades que em uma aula tradicional não seria possível.

Para Rosito (2000), a experimentação é essencial para um bom ensino de ciências e a aprendizagem científica dos alunos. Em parte, isto se deve ao fato de que o uso de atividades práticas permite maior interação entre professor e os alunos, proporcionando, em muitas ocasiões, a oportunidade de um planejamento conjunto e o uso de estratégias de ensino que podem levar a melhor compreensão dos processos das Ciências.

Diante disso, é fundamental que o professor entenda o papel das Atividades Experimentais na construção e evolução dos fenômenos Físicos, fazendo com que o aluno perceba que o conhecimento evolui na medida em que suas hipóteses são confirmadas por evidências experimentais.

Para que as Atividades Experimentais contribuam de fato no processo de ensino, é preciso que o professor planeje a atividade após ter feito um estudo teórico, “a ideia ingênua de que devemos ir para o laboratório com a mente vazia ou que os experimentos falam por si é um mito científico” (SILVA; MARTINS, 2003, p. 57).

“O desafio que então se apresenta é o de propiciar um ambiente que permita o diálogo entre a teoria e o experimento, sem estabelecer entre eles uma hierarquia e uma regra de procedência” (AMARAL; SILVA, 2000).

Fazendo uso da experimentação, deve ficar evidente para o professor a mudança de comportamento que esta metodologia proporciona não somente ao aluno, mas também para o próprio professor. O aluno deixa de ser apenas um observador, e passa a participar, interferir e a questionar, ou seja, ele passa a ser sujeito de seu próprio aprendizado.

2.3 O papel das Histórias em Quadrinhos no Ensino de Física

Muitos pesquisadores vêm defendendo o uso e a potencialidade das Histórias em Quadrinhos como material didático. Segundo Vergueiro (2006) há vários motivos que podem justificar a utilização de Histórias em Quadrinho em sala de aula, entre eles, o fato de que as Histórias em Quadrinhos fazem parte do cotidiano das crianças e adolescentes, sendo uma leitura bem comum entre eles. Segundo Calazans (2004) um artigo publicado por Serpa e Alencar sobre Histórias em Quadrinhos em sala de aula, publicado em 1988 na revista Nova Escola, ficou confirmado, após uma pesquisa sobre hábitos de leitura dos alunos, que 100% deles (*i.e.*, todos os alunos) gostavam mais de ler quadrinhos do que qualquer outro tipo de publicação. Por este motivo, a abordagem em sala de aula não acarretaria qualquer forma de rejeição, ao contrário, poderia aumentar a motivação dos alunos no que se refere aos conteúdos de aula, em particular, à Física. As Histórias em Quadrinhos são escritas de forma simples, possibilitando a redução do estresse, fazendo ligação com a estrutura cognitiva do aluno e ainda, causando uma maior aproximação entre o aluno, o professor e o material didático.

De acordo com Cagnin (1975) as Histórias em Quadrinhos são classificadas como um sistema narrativo formado por dois códigos gráficos: a imagem obtida pelo desenho e a linguagem escrita dos balões e descrições. Segundo Barbieri (1998, *apud* RAMOS, 2010) as diversas formas de linguagens estão conectadas. Sendo assim, o encontro de palavras e imagens pode ampliar a compreensão dos conteúdos de Física, uma vez que esta ligação entre texto e imagem cria um novo nível de comunicação com dinâmica própria que pode facilitar a apropriação de conceitos Físicos pelos alunos.

“Cabe ao professor estudar atentamente o material quadrinizado disponível e improvisar o emprego das revistas em seus objetivos didáticos e na proposta pedagógica da escola” (CALAZANS, 2004, p. 19).

2.4 O papel dos Jogos Didáticos no Ensino de Física

O lúdico, através dos jogos, é para tornar a aprendizagem mais agradável e dinâmica, assim o jogo utilizado ficará armazenado no subconsciente, fazendo com que ocorra uma compreensão quase que inconsciente por parte do aluno (RAMOS, 1990).

Os Jogos Didáticos podem contribuir para um resgate da vontade do aluno em manusear, explorar e também, aguçam sua curiosidade, possibilitando à cada um ser o sujeito de seu próprio aprendizado.

“Para proporcionar situações de aprendizagem não é preciso que a escola seja grave e carrancuda. Uma possibilidade é assumir a mesma seriedade do jogador (que, como jogador, não abre mão da ludicidade): envolver, ousar, ter convicção, sem perder de vista a afetividade positiva. O lúdico deve ser encarado como uma forma de ação pedagógica que se desdobra em reflexão, devendo ser vivenciada de uma forma igualmente lúdica pelo educador” (RAMOS, 1998, p. 219).

Segundo Kishimoto (2015) é crescente o número de autores que adotam o jogo na escola, incorporando as funções lúdica e educativa. Entre eles destaca-se Campagne, que sugere quatro critérios para uma adequada utilização dos jogos em âmbito escolar. São eles:

1. o valor experimental: que permite ao aluno explorar e manusear;
2. o valor da estruturação: contribui para o suporte à construção da personalidade da criança/ adolescente;
3. o valor de relação: fazer com que a criança/adolescente se relacione com seus pares e com os adultos;
4. o valor lúdico: verificar se os objetos possuem as qualidades que estimulam o aparecimento da ação lúdica.

Alain (KISHIMOTO, 2015) defende o emprego do jogo na escola pois, acredita que o jogo ajuda no aprendizado pelo erro, também estimulando o ato de explorar e da solução de problemas.

Segundo Kishimoto (2015) o jogo educativo aparece com dois sentidos:

- a) sentido amplo: como material ou situação que permite a livre exploração em recintos organizados pelo professor, visando o desenvolvimento geral da criança/adolescente;
- b) sentido restrito: como material ou situação que exige ações orientadas com vistas a aquisição ou treino de conteúdos específicos ou de habilidades intelectuais. No segundo caso recebendo o nome de Jogo Didático.

Salientamos que é preciso despertar o interesse dos alunos, caso contrário, a atividade lúdica não possuirá nenhum efeito de aprendizagem, por esse motivo o professor deve planejar como será a sua estratégia, qual será o objetivo do jogo no contexto da aula.

Ainda, segundo Rodrigues (1992):

“O ato de jogar é uma atividade muito importante. Os jovens jogam por entretenimento e também porque o jogo representa esforço e conquista. É uma necessidade vital, a preparação para a vida, possibilitando o equilíbrio entre o mundo externo e o interno, canalizando as energias e transformando em prazer suas angústias”. (RODRIGUES, 1992, p. 35).

Para Huizinga (1990), as características fundamentais do jogo são:

“ser uma atividade livre; não ser vida “corrente”, mas antes possibilitar uma evasão para uma esfera temporária de atividade com orientação própria; ser “jogado até o fim” dentro de certos limites de tempo e espaço, possuindo um caminho e um sentido próprios; criar ordem e ser ordem, uma vez que quando há a menor desobediência a esta, o jogo acaba. Todo jogador deve respeitar e observar as regras, caso contrário ele é excluído do jogo (apreensão das noções de limites); permitir repetir tantas vezes quantas forem necessárias, dando assim oportunidade, em ser permanentemente dinâmico” (HUIZINGA, 1990, p. 22).

O jogo mostra-se como um instrumento facilitador no processo de ensino-aprendizagem, atingindo até mesmo os alunos que não se identificam com a disciplina, principalmente no ensino de Física, como sugere Pereira (2007):

“No que diz respeito à Física, os jogos apresentam grande potencial para despertar o interesse dos alunos pelos conteúdos, principalmente porque os jogos abordam esses conteúdos dentro de um ambiente lúdico, propício a uma melhor aprendizagem, muito diferente das salas de aula nas escolas, que geralmente são expositivas, tornando o ambiente um espaço de “anti-criação”, impedindo uma maior participação dos alunos nas aulas” (PEREIRA, 2007, p. 176).

Ainda de acordo com Neves (apud PEREIRA, 2006):

“... toda proposta pedagógica de ensinar e divulgar a ciência não deve perder de vista o sujeito na construção do conhecimento. É no encontro intersubjetivo, entre professores, alunos, textos, objetos lúdicos e experimentais, que o conhecimento pode se alicerçar, de fato, e não como fruto de uma memória vazia, efêmera, sem traços de criação, sem traços de sedução”(NEVES, PEREIRA, 2006, p. 12).

É nessa perspectiva que os jogos elaborados, *e.g.*⁶ Jogo da Memória e os Jogos de Quest Eletrostático, apresentam-se como uma alternativa para melhorar o trabalho do professor em sala de aula e atender às expectativas dos alunos.

⁶ *e.g.* – abreviação do latim de “*exempli gratia*” – “por exemplo”

2.5 Carga Elétrica

As primeiras observações de fenômenos elétricos foram na Grécia Antiga. Citações em trabalhos de filósofos apontam que Tales de Mileto (640-546 a.C.) foi, possivelmente, o primeiro a constatar que o âmbar⁷, ao ser atritado, adquiria a propriedade de atrair corpos leves. Como de sua obra quase nada foi preservado, o que dele sabemos vem de citações dos que o sucederam. Segundo esses relatos, Tales teria verificado que um pedaço de âmbar adquiria o estranho poder de atrair fragmentos de objetos leves ao ser esfregado em algum tecido. Tales explicou o fenômeno afirmando que o âmbar tinha alma própria.

Durante os séculos seguintes, foram feitas tentativas de explicar a origem dos fenômenos elétricos e magnéticos. Lucretius (98-55 a.C), um atomista romano, tentou explicar a força magnética entre a magnetita, um mineral com imantação permanente, e o ferro, afirmando que as partículas eram emanadas da magnetita e originavam um vácuo em volta da mesma, sugando o ferro. A virtude dessa explicação é também o fato de ela não depender de deuses ou algo sobrenatural e a tentativa de estabelecer um modelo para a compreensão do fenômeno físico. Com o final do Império Romano do Ocidente no século V, a Europa Ocidental entra na Idade Média e o fato mais importante relacionado ao eletromagnetismo foi a descoberta da bússola e a sua aplicação.

Foi no século XVI que um médico da família real britânica e chefe do *Royal College of Physicians*, chamado William Gilbert, elaborou uma explicação científica sobre esse assunto em seu livro *De Magnete*, publicado em 1600. No ano de 1602 o livro de Gilbert já era muito conhecido na Itália, onde as atividades artísticas e culturais eram intensas, onde havia muitas pessoas que reconheciam o seu trabalho como algo importante, *e.g.* Nicolo Cabeo, um dos responsáveis pela descoberta do fenômeno da *repulsão elétrica*. “*Ele foi, inclusive, um dos primeiros a defender o valor da experimentação na ciência*”(ROCHA *et al*, 2002, p. 190). Gilbert entendeu que a terra era um magneto gigante, tendo construído uma miniatura do planeta feita de magnetita, a qual ele chamou de *Terrela*. Através de medidas experimentais e de um apurado senso científico, ele chegou a importantes conclusões, como o fato de força elétrica ou magnética variar com a distância entre os corpos.

Por volta de 1663, quando não se conhecia a força elétrica de repulsão, o alemão Otto von Guericke (1602-1686), inventou uma máquina capaz de eletrizar corpos, era o primeiro gerador eletrostático (PENTEADO, TORRES, 2005, p. 3). Tratava-se de uma esfera de

⁷ Resina fóssil usada em joalheria e artesanato. A região do Mar Báltico e a República Dominicana são os maiores produtores de âmbar do mundo.

enxofre, manipulada com uma manivela, figura 5, fazendo-a girar. Ao ser atritada com borracha, por exemplo, a esfera passava inicialmente a atrair objetos tais como tiras metálicas e penas. Porém, quando os objetos encostavam na esfera, passavam a ser repelidos. No século XVIII os estudos dos fenômenos eletrostáticos tiveram uma grande ajuda do gerador eletrostático (ROCHA *et. al*, 2002, p. 192).



Figura 5 - Gravura de Guericke manipulando sua máquina eletrostática
Fonte: Penteadó, 2013, p. 12.

Em 1746, na Universidade de Leyden na Holanda, foi criado um dispositivo capaz de armazenar cargas elétricas, denominado, pelo físico parisiense Jean Nollet de “garrafa de Leyden”. Esse dispositivo, figura 6, atualmente conhecido como capacitor, era feito de garrafas revestidas por fora e por dentro com folhas de metal que tinham a capacidade de armazenar grandes quantidades de carga (ROCHA *et. al*, 2002).



Figura 6 - Imagem de uma garrafa de Leyden
Fonte: <http://www.geocities.ws/saladefisica5/leituras/leyden.html>.

Em 1752, o norte-americano Benjamin Franklin realizou a célebre experiência com o “papagaio”(pipa), onde pôde verificar a natureza elétrica do raio. Nessa experiência, feita quando se aproximava uma tempestade, Franklin empinou uma pipa de seda com uma ponta de metal presa a um fio de algodão úmido e a outra presa em uma garrafa de Leyden. Franklin verificou que, após o surgimento dos raios perto da pipa, a garrafa de Leyden estava carregada, provando assim a natureza elétrica do raio. Uma das consequências práticas das experiências de Franklin, foi a invenção do para raio (ROCHA et. al, 2002).

Durante todos esses estudos, sabia-se que havia “tipos” diferentes de eletricidade, porém não se sabia quantos. Foi Charles Du Fay (1698-1739), um cientista francês, que identificou dois tipos de eletricidade, vítrea e resinosa os quais Benjamin Franklin denominou de positivo e negativo (PENTEADO, TORRES, p. 5). Ainda em relação as duas espécies de eletricidade Du Fay escreveu⁸:

“A causalidade presenteou-me outro princípio mais universal e mais notável, e que joga nova luz sobre o estudo da eletricidade. Este princípio afirma que há duas classes de eletricidade bem distintas uma da outra: uma eu chamo eletricidade vítrea e a outra de eletricidade resinosa. A primeira é a do vidro (atritado), do cristal de rocha, das pedras preciosas, do pelo dos animais, da lã e muitos outros corpos. A segunda é do âmbar (atritado),..., da goma laca, da seda, da linha, do papel e grande número de outras substancias” (BELL apud ROCHA et. al, 2002, p. 194).

Foi o físico George Johnstone Stoney (1826-1911), que introduziu o termo elétron em Física. Para Stoney, o elétron era a menor quantidade de carga elétrica, sentido diferente do que usamos hoje. Numa reunião da British Association, em 1874, Stoney apresentou a sua hipótese da existência de uma unidade absoluta de eletricidade. Uma hipótese que contrariava a teoria dos dois fluidos elétricos, um positivo e o outro negativo proposta por Du Fay. A primeira vez que Stoney usa a palavra elétron foi em 1891, para definir a menor quantidade de carga elétrica. Seus cálculos se basearam no fato de que um faraday (96.490 columb) de carga elétrica libera na eletrólise um número de átomos correspondentes a um átomo-grama, e este número é o de Avogadro N_0 . Sendo e a representação da carga do elétron, obtém-se

$$F = N_0.e, \text{ logo } e = F/N_0, \quad (2.1)$$

Stoney obteve, para a carga eletrônica, o valor 1/16 do valor atual (MARTINS, 2001).

⁸ Obra original: *Physics*, de J. S. Bell. v. 1, p. 195, 1964.

Até aquela época, os fenômenos elétricos tinham sido produzidos através de processos puramente físicos. Porém, no final do século XVIII, o cientista italiano Alessandro Volta (1745-1827) demonstrou que era possível produzir eletricidade também através de processos químicos. O dispositivo criado por Volta ficou conhecido como a primeira pilha elétrica. Essa pilha era constituída por metais diferentes postos em contato com uma solução ácida. Desta forma, era possível se manter uma corrente elétrica constante e não apenas descargas elétricas. Como a natureza normalmente é uma via de mãos duplas, o inglês Humphry Davy (1778-1829) mostrou que não somente reações químicas poderiam produzir eletricidade, mas também a eletricidade poderia produzir reações químicas, processo esse conhecido por eletrólise e que é amplamente utilizado na indústria moderna.

Com a descoberta de Volta, foi possível se realizar em laboratórios experiências mais elaboradas. O século XIX marca o surgimento de motores elétricos e de geradores elétricos, em que teve importância capital o cientista Michael Faraday, considerado até hoje o maior cientista experimental de todos os tempos, tendo escrito vários artigos científicos sem a utilização de nenhuma fórmula matemática. *“Para a nossa história, as leis da eletrólise apresentam fundamental importância; a figura de Michael Faraday se destaca de modo absoluto na História da Ciência e, de maneira invulgar, por ter sido o verdadeiro deste importante capítulo da Física”*(MARTINS, 2001).

O trabalho de vários cientistas que contribuíram para a compreensão do eletromagnetismo foi compilado pelo físico escocês James Clerk Maxwell. O trabalho de Maxwell consolidou a compreensão da luz como sendo uma onda eletromagnética e permitiu, já no final do século XIX e início do século XX, que o homem entrasse na era das comunicações sem fio, com o brasileiro Landell de Moura (1861-1928) e o italiano Guglielmo Marconi (1874-1937).

Uma das coisas mais interessantes a respeito dessa breve revisão histórica é que a humanidade adquiriu uma grande compreensão dos fenômenos elétricos e magnéticos sem possuir um entendimento da relação entre a estrutura íntima da matéria e esses fenômenos. Em outras palavras, não se sabia qual era a característica da matéria que conferia a ela a propriedade de apresentar eletricidade e magnetismo, já que o modelo atômico reinante até a segunda metade do século XIX era o átomo de Dalton, que nada dizia a respeito da eletricidade.

Foi no final do século XIX, quando a Física passou por uma revolução, que descobertas importantes foram feitas revelando a natureza elétrica da matéria. Foi nessa época

que o físico inglês J. J. Thomson descobriu o elétron. Thomson ironicamente descreve sua descoberta

“Poderia alguma coisa à primeira vista parecer menos prática que um corpo que só existiria em vasos nos quais extraímos quase todo ar, exceto uma fração diminuta; o qual é tão pequeno que sua massa é um fragmento insignificante da massa de um átomo de hidrogênio, o qual por sua vez é tão pequeno que uma grande quantidade destes átomos, igual em número à população de todo o mundo, seria tão pequena para ser detectada por qualquer método conhecido da Ciência”(MARTINS, 2001, p. 24).

Além de descobrir o elétron, Thomson determinou experimentalmente o quociente entre a massa m e o valor absoluto da carga, representada por e .

$$\text{para o elétron: } \frac{m}{e} = 5,7 \cdot 10^{-12} \text{ kg} / C$$

Após seus trabalhos, foi necessário propor um novo modelo atômico que levasse em conta o elétron. Sendo a matéria neutra, Thomson propôs o modelo do “Pudim de Passas”. O “pudim” teria carga positiva e os elétrons, com carga negativa, seriam as passas. Thomson recebeu o Prêmio Nobel de Física, em 1906, pelos seus trabalhos sobre condução de eletricidade através dos gases (MARTINS, 2001).

O modelo de Thomson foi o primeiro modelo a levar em conta a natureza elétrica da matéria. Porém, a descoberta da radioatividade de Becquerel (1852-1908) e os experimentos de Ernest Rutherford (1871-1937) levaram a um novo modelo do átomo, constituído por partículas positivas em um núcleo denso e de dimensões desprezíveis, em comparação ao tamanho do átomo, e por elétrons, partículas negativas que se movimentavam em torno do núcleo. Rutherford ganha, em 1908, o Prêmio Nobel de Química, ao descrever a determinação da contagem de partículas alfa pelas cintilações produzidas numa tela de sulfeto de zinco (MARTINS, 2001).

A prova da natureza elementar da eletricidade e a primeira determinação precisa do valor da menor carga elétrica aparece no trabalho de Robert Andrews Millikan, com a celebre experiência da gota de óleo realizada, pacientemente, durante vários anos, de 1909 a 1917 (MARTINS, 2001).

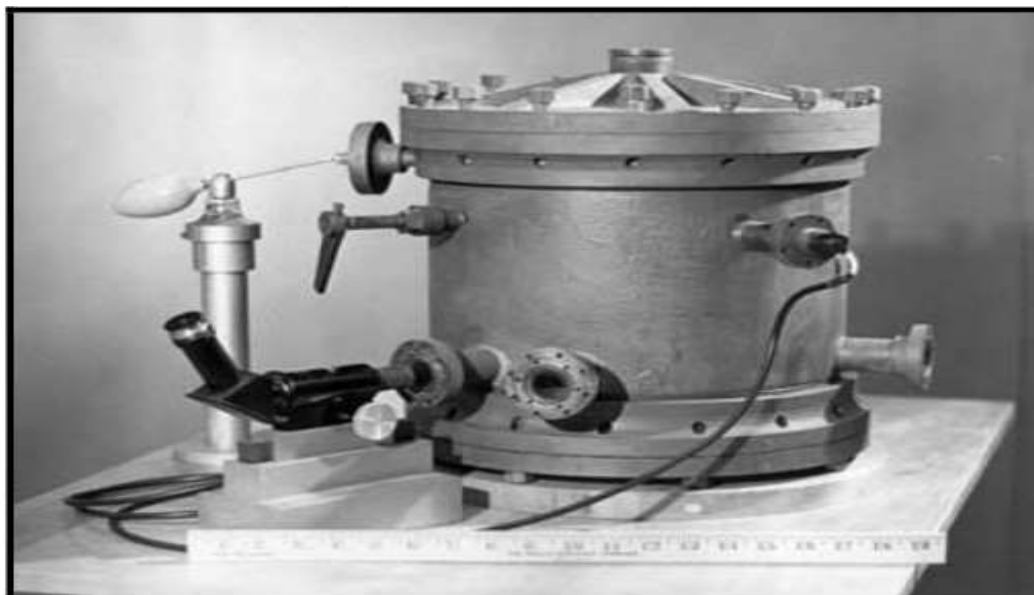


Figura 7 - Foto do vaso de latão que constitui parte do arranjo experimental utilizado por Robert A. Millikan para determinar a carga do elétron
Fonte: Robert A. Millikan, 1911, nº 4, p. 349-397.

Atualmente, depois dos trabalhos de Max Planck (1858-1947), Werner Heisenberg (1901-1976), Erwin Schrodinger (1887-1961), entre outros, o tratamento do átomo se dá através da Mecânica Quântica. Porém, mesmo nessa moderna teoria, eletricamente falando, o átomo ainda é composto de prótons e elétrons que possuem a mesma carga, em módulo, e sinais opostos.

Sabe-se hoje que a matéria é constituída por átomos e que estes, por sua vez, são formados basicamente por três partículas: o próton, o elétron e o nêutron. Em cada átomo, podemos distinguir duas regiões: um núcleo central muito denso onde estão os prótons e os nêutrons, e uma outra região envolvente, a eletrosfera, onde estão os elétrons. Estes últimos podem ser imaginados, num modelo simplificado do átomo, descrevendo órbitas elípticas em torno do núcleo.

Essas partículas que constituem o átomo são dotadas de massa. Próton e nêutron possuem massa quase iguais, enquanto o elétron é dotado de uma massa que chega a ser quase duas mil vezes inferior à dos outros dois. No entanto, essas massas são muito pequenas e não se poderia pensar que o elétron se mantém em órbita por causa de uma simples força gravitacional. Certamente, existe entre o núcleo e o elétron uma força, muito mais intensa que a gravitacional, responsável pela manutenção desta órbita elíptica do elétron em torno do núcleo. É a força elétrica. Inúmeras experiências feitas com partículas elementares levam à conclusão da seguinte propriedade:

- a) *elétron atrai próton;*
- b) *elétron repele elétron;*
- c) *próton repele próton.*

Por outro lado, nêutrons não apresentam nenhuma manifestação de atrair ou repelir outras partículas. Esta propriedade de interação entre prótons e elétrons, não manifestada pelos nêutrons, foi denominada *carga elétrica*.

Arbitrariamente, chamou-se de negativa a carga elétrica do elétron. Consequentemente, a carga elétrica do próton seria positiva, pois eles apresentam comportamentos elétricos opostos.

Existem muitas partículas elementares dotadas de carga elétrica, tais como mésons, píons etc. Verificou-se experimentalmente, que prótons e elétrons possuem a mesma quantidade de eletricidade, diferenciada unicamente pelo sinal. Esta quantidade é denominada carga elétrica elementar (e), pois representa a menor quantidade de eletricidade encontrada em partículas estáveis. Através da experiência, foi possível determinar o seu valor:

$$e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

A unidade de carga elétrica, no Sistema Internacional de Unidades de Medida, é o coulomb (C) em homenagem ao físico francês Charles Augustin de Coulomb, que comprovou experimentalmente em 1785 as ideias do cientista inglês Joseph Priestley, o descobridor do elemento oxigênio, que havia afirmado 10 anos antes que as forças de repulsão e atração entre as cargas elétricas deveriam ser regidas por uma lei semelhante à da gravitação universal.

Podemos assim escrever:

$$\text{Carga do elétron} = - 1,602 \times 10^{-19} \text{ C} = - e$$

$$\text{Carga do próton} = + 1,602 \times 10^{-19} \text{ C} = + e$$

Podemos generalizar a interação entre partículas eletrizadas, escrevendo:

Cargas elétricas de mesmo sinal repelem-se.

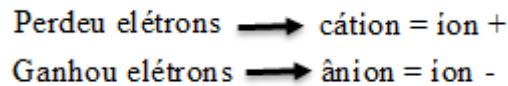
Cargas elétricas de sinais contrários se atraem.

A matéria é constituída por átomos que são, normalmente, eletricamente neutros. Possuindo o número de elétrons igual ao número de prótons. Não manifestando nenhuma

propriedade elétrica. É possível, porém, retirar ou acrescentar elétrons na eletrosfera do átomo, tornando-o um íon.

Se um átomo perder elétrons de sua eletrosfera, o número de prótons passará a predominar e o átomo torna-se um íon positivo (cátion). Por outro lado, se o átomo receber um ou mais elétrons na eletrosfera, torna-se um íon negativo (ânion).

Resumindo temos,



Retirando ou acrescentando elétrons na eletrosfera de alguns átomos que constituem um corpo neutro, é possível eletrizá-lo. Ou seja, um corpo está eletrizado quando o número total de prótons que possui for diferente do número total de elétrons. Concluimos então, que o corpo que perde elétrons fica eletrizado positivamente e, o corpo que ganha elétrons fica eletrizado negativamente.

A carga elétrica de um elétron ou de um próton é uma propriedade intrínseca da partícula, assim como o spin⁹ e a massa (TIPLER; MOSCA, 2006).

Seja n o número de carga elétrica em excesso de um corpo para determiná-lo, basta fazer a diferença entre o número de elétrons e o de prótons e tomá-la em valor absoluto:

$$n = |n_e - n_p| \quad (2.2)$$

A quantidade de carga elétrica Q de um corpo corresponde à quantidade total de elétrons que esse corpo ganhou ou perdeu em relação ao seu estado eletricamente neutro; para calculá-la, multiplicamos a quantidade de elétrons em excesso ou em falta pelo valor absoluto da carga elementar:

$$Q = \pm n \cdot e \quad (n \in \mathbb{Z}) \quad (2.3)$$

Como observamos anteriormente, um corpo muda de estado de eletrização por perder ou ganhar elétrons. Assim, a carga elétrica de um corpo é sempre um múltiplo inteiro da carga

⁹ Momento angular intrínseco de uma partícula que toma valores característicos para tipos diferentes de partículas.

elétrica do elétron, já que não é possível ceder ou retirar um número não natural de elétrons de um corpo, dizemos então, que a carga elétrica é quantizada¹⁰.

É importante saber que no núcleo atômico existem os *quarks down* de carga $(-1/3)e$, e os *quarks up* de carga $(+2/3)e$, o que não contraria a definição de carga elementar, visto que esse valor nunca foi diretamente observado. É por esse motivo que a carga elementar não pode ser considerada como $e/3$ (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

2.6 Força Elétrica

A força de interação entre duas partículas eletrizadas foi determinada e comprovada experimentalmente pelo físico e engenheiro francês Charles Augustin de Coulomb (1736-1806), por meio de uma de suas invenções, a balança de torção (TIPLER, MOSCA, 2006). Por uma questão de justiça, cabe expor aqui que a lei de forças foi primeiro inferida por Joseph Priestley que, por sua vez, repetiu as experiências feitas por Benjamin Franklin (NUSSENZVEIG, 2002).



Figura 8 - Imagem de uma balança de torção
Fonte: Kazuhito, Fuke, 2010, p. 33.

Após a descrição, para a *Académie de Sciences*, de sua balança de torção, Coulomb escreveu¹¹:

¹⁰ Uma grandeza é dita quantizada quando não pode assumir qualquer valor, e sim múltiplos inteiros de um mínimo. A palavra latina para esse tipo de mínimo é *quantum*, daí o nome quantizado.

¹¹ Obra original: Sobre a Constituição de Átomos e Moléculas. N. BOHR. Lisboa: Fundação C. Gulbenkian, 1963.

... a força repulsiva de duas pequenas esferas eletrizadas com a mesma eletricidade é inversamente proporcional ao quadrado da distância (entre os centros das duas esferas)(BOHR apud ROCHA, 2002).

Em outro comunicado à *Académie*, Coulomb completa:

... podemos concluir que a atração mútua do fluido elétrico chamado positivo e do fluido elétrico ordinariamente chamado negativo é inversamente proporcional ao quadrado das distâncias; o mesmo que encontramos em nossa primeira memória, que a repulsão mútua de um fluido elétrico de mesma natureza é inversamente proporcional ao quadrado da distância (BOHR apud ROCHA et al, 2002).

Nos experimentos de Coulomb, as esferas carregadas eram muito menores do que a distância entre elas, de modo que as cargas podiam ser consideradas como puntiformes. Coulomb usou o método de carregamento por indução para produzir esferas carregadas igualmente e para variar a quantidade de carga nas esferas. Por exemplo, iniciando com uma carga q_0 em cada esfera ele pôde reduzir a carga para $(1/2)q_0$ aterrando temporariamente uma esfera para descarregá-la e, em seguida, colocando as duas esferas em contato. Os resultados dos experimentos de Coulomb e de outros pesquisadores são resumidos na lei de Coulomb:

As forças de interação entre duas partículas eletrizadas possuem intensidades iguais e são sempre dirigidas segundo o segmento de reta que as une. Suas intensidades são diretamente proporcionais ao módulo do produto das cargas e inversamente proporcionais ao quadrado da distância entre as partículas.

Recordemos que se deve entender por partículas os copos de dimensões desprezíveis em comparação com as demais dimensões consideradas. A interação entre partículas eletrizadas manifesta-se através de forças de atração ou de repulsão, dependendo dos sinais das cargas.

O módulo da força eletrostática exercida por uma carga q_2 sobre outra q_1 a uma distância r , conforme figura 9, é expressa por:

$$\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}, \quad (2.4)$$

$$\text{logo } F \propto \frac{1}{r^2} \text{ ou ainda } F \propto |q_1 q_2|$$

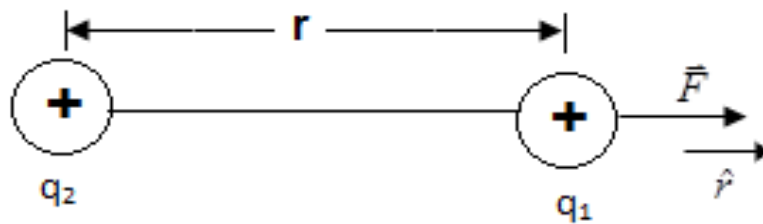


Figura 9 - A força eletrostática a que a partícula 1 está submetida pode ser descrita em termos de um vetor unitário \hat{r} na direção da reta que liga as duas partículas
Fonte: Elaborado pelo autor.

Sendo \hat{r} um vetor unitário na direção da reta que liga as duas partículas, r a distância entre as partículas e k uma constante determinada experimentalmente chamada constante eletrostática ou constante de Coulomb, cujo valor para o vácuo é

$$k = 8,99 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$$

A constante eletrostática k , pode ser substituída pelo valor $1/4\pi\epsilon_0$. Nesse caso podemos escrever a lei de Coulomb como:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \hat{r} \quad (2.5)$$

Em que ϵ_0 é a constante de permissividade, que tem o valor: $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$.

Podemos perceber que a expressão matemática que representa a lei de Coulomb é análoga a expressão para a lei da gravitação universal de Newton. Para a força gravitacional entre duas massa m_1 e m_2 separadas por uma distância r , temos:

$$\vec{F} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r} \quad (2.6)$$

Sendo G a constante gravitacional, cujo valor é: $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$

Até aqui discutimos a lei de Coulomb aplicada a um sistema de duas partículas carregadas. Quando o sistema é formado por três ou mais cargas o procedimento é aplicar o

princípio da superposição das forças (TIPLER; MOSCA, 2006), que pode ser enunciado como:

O efeito final da ação de várias cargas sobre uma outra carga é igual à soma vetorial dos efeitos individuais de cada uma dessas cargas sobre a carga em questão.

Logo, para calcularmos a força resultante sobre a partícula 1, e.g., é feita uma soma vetorial

$$\vec{F}_{1,total} = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14} + \vec{F}_{15} + \dots + \vec{F}_{1n} \quad (2.7)$$

Essa conclusão é uma consequência do princípio da superposição das forças, que é válida também para a força gravitacional.

Até os dias atuais, nenhuma exceção foi encontrada com relação a lei de Coulomb. *A lei é válida até mesmo no interior do átomos, onde descreve corretamente a força de atração entre o núcleo positivo e os elétrons negativos, enquanto a mecânica newtoniana deixa de ser válida nesse contexto e deve ser substituída pela mecânica quântica*¹²(HALLIDAY, 2012).

2.7 Campo Elétrico

Como no caso da força gravitacional, a força elétrica é uma força de campo, que age mesmo à distância, não havendo necessidade de contato entre os corpos carregados. Uma forma de explicar o aparecimento de tais forças é admitindo que uma carga elétrica altera as propriedades dos pontos do espaço nas suas redondezas, de modo a sensibilizar cargas próximas; desse modo, as cargas que estejam nessa região são capazes de experimentar tais propriedades. A interação entre cargas se dá dessa maneira.

Observe a figura abaixo, onde temos uma carga de valor Q e um ponto P distante de Q. Suponhamos que a propriedade criada por Q venha a ser a de exercer uma força F por unidade de carga no ponto P, conforme figura 10.

¹² A mecânica quântica começou no início do século 20, com o trabalho pioneiro de Max Planck e Niels Bohr, é um ramo da física que lida com o comportamento da matéria e da energia na escala de átomos e partículas subatômicas.

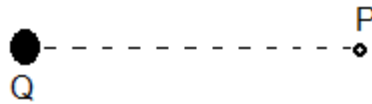


Figura 10 – Uma carga geradora Q e um ponto P
Fonte: Elaborado pelo autor.

Essa propriedade apresenta duas características importantes: está relacionada a este ponto P, e tem então caráter vetorial, pois dependendo da posição do ponto, a direção da força será determinada por um vetor correspondente. A outra característica é mais intrigante: a propriedade vale para o ponto P, mesmo que não haja qualquer carga nesta posição; isto significa que não depende da carga que será colocada nesta posição, mais unicamente da carga que a criou. Este é, então, o campo elétrico: uma propriedade associada a uma posição, criada por uma carga Q a certa distância. Esta propriedade determina a intensidade da força que será exercida sobre uma carga unitária, colocada nesta posição. “O campo elétrico é um campo vetorial, já que consiste em uma distribuição de vetores, um para cada ponto de uma região em torno de um objeto eletricamente carregado, como um bastão de vidro” (HALLIDAY, 2012).

Podemos definir o campo elétrico em um ponto P, como o da figura 10, colocando no ponto P uma carga elétrica positiva q_0 , denominada de carga de prova, determinamos a força eletrostática \vec{F} que age sobre a carga q_0 .

Se mudarmos a carga de prova ($q_0, q_1, q_2, \dots, q_n$), num dado ponto do campo elétrico, altera-se a força atuante ($\vec{F}_0, \vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$), mas a razão entre essas duas grandezas não se modifica.

$$\frac{\vec{F}_0}{q_0} = \frac{\vec{F}_1}{q_1} = \frac{\vec{F}_2}{q_2} = \dots = \frac{\vec{F}_n}{q_n} \quad (2.8)$$

A razão constante entre \vec{F} e a carga de prova q define o vetor campo elétrico \vec{E} no ponto por meio da equação

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (2.9)$$

Dessa forma temos o módulo do campo elétrico \vec{E} e a sua orientação é a mesma da força \vec{F} que age sobre a carga de prova, supostamente positiva. Como verificamos na figura 11, representamos o campo elétrico no ponto P como um vetor cuja orientação está em P.

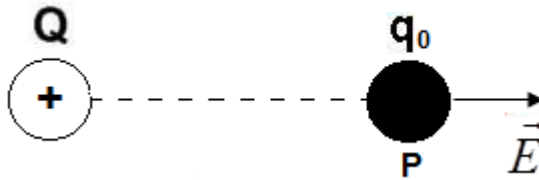


Figura 11 – Orientação do vetor campo elétrico
Fonte: Elaborado pelo autor.

Se a carga de prova q_0 for negativa, temos o campo elétrico \vec{E} em orientação oposta, como mostra a figura 12.

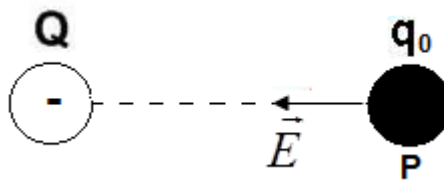


Figura 12 – Orientação do vetor campo elétrico
Fonte: Elaborado pelo autor.

Relativamente ao vetor \vec{F} , como mostra a figura 13, o sentido do vetor \vec{E} pode também ser visto da seguinte forma:

Se $q > 0$, \vec{E} e \vec{F} têm o mesmo sentido

Se $q < 0$, \vec{E} e \vec{F} têm sentidos opostos

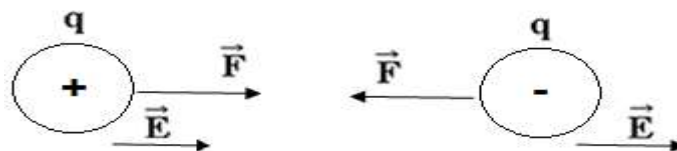


Figura 13 – Representação vetorial do campo elétrico para uma carga positiva e negativa
Fonte: Elaborado pelo autor.

Vimos então que uma carga puntiforme fixa Q produz, na região que a envolve, um campo elétrico cujos vetores \vec{E} indicam afastamento se $Q > 0$ e aproximação se $Q < 0$, como representado na figura 14.

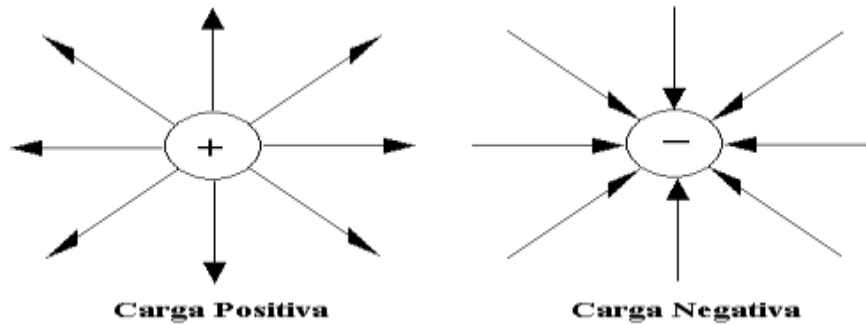


Figura 14 – Orientação do campo em relação ao sinal das cargas fontes
Fonte: BONJORNO & CLINTON, p. 482.

Para calcularmos a intensidade E do vetor campo elétrico gerado por uma carga puntual Q , não há necessidade da presença da carga de prova q , pois o campo independe dela, como veremos adiante. O valor de E varia de acordo com a distância d da carga Q , e é calculada como segue.

Igualando-se a expressão da força elétrica relacionada com o campo elétrico $\vec{F} = |q|\vec{E}$ com a expressão da lei de Coulomb $\vec{F} = k \frac{|q||Q|}{d^2}$, temos $|q|\vec{E} = k \frac{|q||Q|}{d^2}$ cancelando $|q|$ em cada membro, teremos finalmente

$$\vec{E} = k \frac{|Q|}{d^2} \quad (2.10)$$

A equação mostra matematicamente que o campo elétrico gerado por uma carga puntiforme positiva de módulo $|Q|$ depende exclusivamente do meio, com propriedades definidas pela constante eletrostática k , da distância d da carga ao ponto e do módulo da carga elétrica $|Q|$, responsável pela geração do campo. Lembrando que este campo não depende das cargas de prova que são colocadas em sua presença.

A representação gráfica do módulo do campo elétrico gerado por uma carga puntiforme em função da distância é mostrada na figura 15.

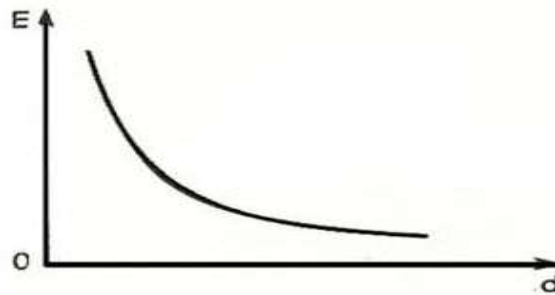


Figura 15 – Diagrama E x d (Campo versus distância)
Fonte: FUKU & KAZUHITO, p. 44.

Observa-se o decaimento do campo com o inverso do quadrado da distância, assim como na lei de Coulomb, o campo elétrico no ponto onde a carga se encontra ($d = 0$) é nulo. Pode-se dizer que a carga elétrica não sofre a ação do campo elétrico que ela mesma cria, caso contrário ela poderia acelerar-se sob a ação de uma força elétrica gerada por ela própria, o que viola a Lei da Inércia, que afirma que um corpo não pode, por si só, alterar a sua velocidade.

Quando tivermos várias cargas puntiformes fixas Q_1, Q_2, \dots, Q_n , cada uma delas irá gerar no ponto P, respectivamente, os vetores campos elétricos $\vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$.

O vetor campo elétrico resultante \vec{E}_R é a soma vetorial desses vetores, ou seja

$$\vec{E}_R = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n \quad (2.11)$$

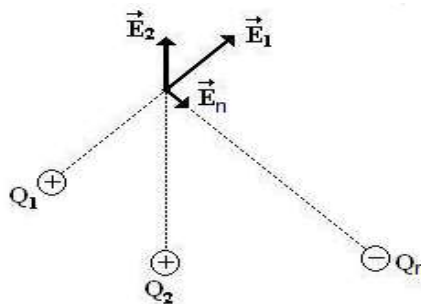


Figura 16 – Sistema de várias cargas
Fonte: FUKU & KAZUHITO, p. 45.

O vetor campo elétrico \vec{E} permite obter as características do campo elétrico em qualquer ponto ao redor da carga geradora. Entretanto, ele não oferece de imediato uma visão ampla do campo elétrico em torno de um corpo eletrizado.

“Sabemos que existe um campo elétrico numa região do espaço quando uma carga de prova colocada nesse ponto detecta a existência de uma força. Será possível visualizar de forma mais concreta o campo elétrico?” (NUSSENZVEIG, 2002, p. 20).

Com o objetivo de auxiliar a visualização do campo elétrico, introduz-se a ideia de linhas de força, sendo linhas imaginárias que indicam a direção e o sentido do campo elétrico na região onde ele existe. De acordo com Nussenzveig:

“Uma linha de força é definida como uma curva tangente em cada ponto à direção do campo nesse ponto. Assim, dada uma linha de força podemos determinar imediatamente a direção do campo em cada um dos seus pontos, bastando traçar a tangente à curva, e podemos também obter o sentido do campo, indicando uma orientação sobre cada linha” (NUSSENZVEIG, 2002, p. 20-21).

Na figura 17 está representado o vetor campo elétrico nos pontos P_1 e P_2 , fornecendo sua direção e sentido.

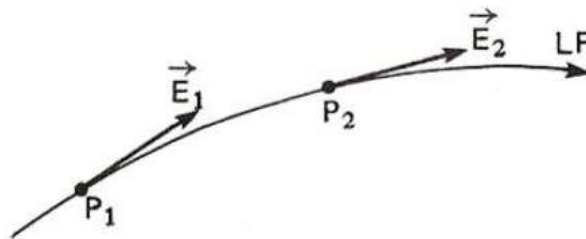


Figura 17 – Representação do vetor campo elétrico sob a linha de força
Fonte: FUKU & KAZUHITO, p. 46.

Desse modo, podemos também representar onde o campo é mais intenso por meio da maior densidade de linhas. Em regiões onde elas estão mais concentradas, o campo elétrico é mais intenso. Dessa forma, temos a representação gráfica do campo elétrico ao redor da carga geradora.

Quando a carga é positiva, as linhas de força são radiais de afastamento e, quando a carga é negativa, as linhas de força são radiais de aproximação. Quando as linhas são mais próximas entre si, temos um campo elétrico mais intenso, conforme figura 18.

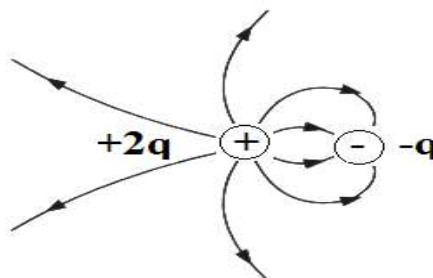


Figura 18 – Densidade de linhas de campo elétrico
Fonte: Elaborado pelo autor.

Podemos observar, na figura 18, que o número de linhas que saem da carga positiva $2q$ é o dobro do número de linhas que saem da carga negativa q , indicando um campo mais intenso próximo a carga de maior módulo.

As linhas de força sempre se iniciam em cargas positivas e terminam em cargas negativas. As figuras 19a e 19b representam linhas de força do campo elétrico formado por um sistema de duas cargas puntiformes.

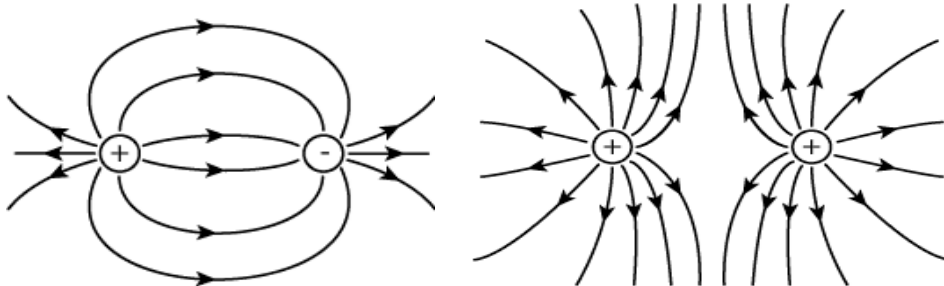


Figura 19a - Dipolo elétrico

Figura 19b – Duas cargas positivas

Fonte: BONJORNO & CLINTON, p. 482.

Devemos lembrar que o campo elétrico de uma carga puntiforme não é constante no espaço, variando com a distância. Em muitas situações práticas, no entanto, é conveniente trabalhar com campos elétricos constantes, nos quais o vetor \vec{E} mantenha a mesma intensidade, direção e sentido. Um campo com essas características é denominado uniforme.

Num campo elétrico uniforme, as linhas de força são retas paralelas entre si, e o espaçamento entre elas é constante. É o caso, e.g., do campo elétrico entre duas placas condutoras paralelas entre si, eletrizadas com cargas de mesmo módulo e de sinais contrários, veja a figura 20.

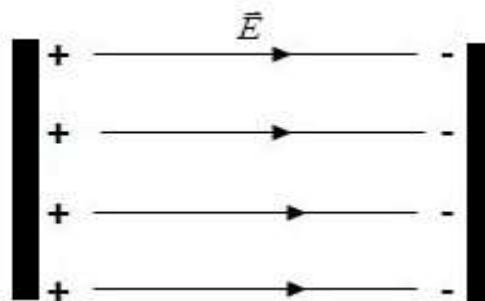


Figura 20 – Campo elétrico uniforme

Fonte: Elaborado pelo autor.

Se uma partícula eletricamente carregada for colocada na região onde existem um campo elétrico uniforme, ela ficará sujeita a ação de uma força elétrica constante, lhe conferindo uma aceleração constante dada pela segunda lei de Newton:

$$\vec{F} = m.\vec{a} , \quad (2.12)$$

$$\text{como } \vec{F} = \vec{E}.q \quad (2.13)$$

substituindo a (2.12) na (2.13) teremos,

$$\vec{a} = \frac{\vec{E}q}{m} , \quad (2.14)$$

onde m é a massa da partícula e q é a sua carga elétrica.

Quando eletrizamos um condutor, de qualquer formato, com uma quantidade de carga Q , a repulsão entre as cargas elementares as afasta o mais distante possível umas das outras. Teoricamente, isso corresponde a uma distribuição de cargas na superfície do condutor, na qual elas ficam em equilíbrio eletrostático. Um condutor eletrizado está em equilíbrio eletrostático quando nele não ocorre movimento ordenado de cargas elétricas.

Mas como comprovar que esse excesso de cargas do corpo eletrizado se distribui na superfície dos condutores em equilíbrio eletrostático? Para tanto, podemos recorrer a um procedimento experimental utilizando a esfera oca de Coulomb, veja a figura 21.



Figura 21 – Esfera oca de Coulomb

Fonte: <http://thesaurusonline.museus.ul.pt/ficha.aspx?t=o&id=974>.

Supondo a esfera condutora eletrizada, notamos que o corpo de prova não se eletriza quando toca a parte interna da esfera.

O conceito de equilíbrio eletrostático nos permite concluir que o campo elétrico no interior de um condutor eletrizado em equilíbrio é nulo, qualquer que seja o formato do corpo (oco ou maciço).

Podemos afirmar que se no interior do condutor houvesse campo elétrico diferente de zero, ele agiria nos elétrons livres provocando um movimento de cargas, o que é contrário ao conceito de condutor em equilíbrio eletrostático.

Uma aplicação prática dessa propriedade é a blindagem eletrostática, um dispositivo empregado na proteção de aparelhos contra influências elétricas. Constitui-se basicamente de uma capa ou rede metálica (gaiola de Faraday) que envolve o aparelho que se quer isolar, protegendo-o da presença de um campo elétrico. Um exemplo disso é o carro, cuja estrutura metálica isola o motorista de um raio.

Na superfície de um condutor eletrizado em equilíbrio, o campo elétrico é normal (perpendicular) à superfície e não nulo, como mostra a figura 22.

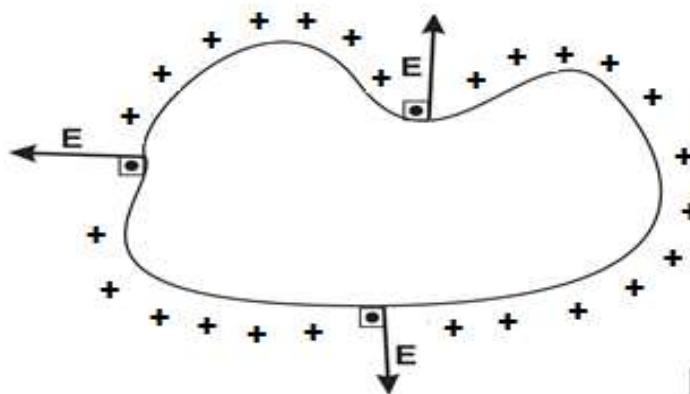


Figura 22 – Campo elétrico na superfície de um condutor em equilíbrio eletrostático

Fonte: Elaborado pelo autor.

Isso é fácil de entender, pois, se o vetor campo elétrico não fosse perpendicular à superfície, ele teria um componente tangencial que provocaria um movimento de cargas na superfície, contrariando novamente o conceito de condutor em equilíbrio. Isso é válido tanto para um condutor oco como para um condutor maciço.

Podemos então, caracterizar o campo elétrico para um condutor em equilíbrio eletrostático, da seguinte forma:

- *Não há movimento ordenado de cargas;*
- *A carga distribui-se na superfície do condutor, de forma a minimizar a repulsão elétrica;*
- *No interior do condutor, o campo elétrico é nulo;*
- *Na superfície do condutor, o campo elétrico é perpendicular à superfície.*

CAPÍTULO 3

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo descreve como foi realizada a investigação. Descreve a abordagem metodológica escolhida, assim como o contexto de estudo e os sujeitos participantes da pesquisa. Descreve, também, a aplicação de uma Sequência Didática, os instrumentos de coleta de dados e as técnicas utilizadas para analisar os dados coletados.

3.1 O Contexto de Estudo

O estudo foi realizado durante as aulas de Física em duas turmas da 3ª série do Ensino Médio, no período matutino, em uma escola pública estadual, da cidade de Pato Branco, PR. Não foi solicitada à escola nenhuma organização especial para que o estudo fosse realizado, ou seja, o desenvolvimento do projeto se deu em sala de aula sem a necessidade de um laboratório ou qualquer outro espaço físico.

3.2 Os Sujeitos da Pesquisa

A faixa etária dos alunos que participaram da pesquisa é bem restrita, indo dos 16 aos 17 anos e alguns desses estudantes trabalham no período vespertino. A amostra considerada neste estudo é constituída de 40 (quarenta) alunos, 20 (vinte) alunos da turma A e 20 (vinte) alunos da turma B. No total tínhamos 48 (quarenta e oito) alunos, mas devido ao grande número de faltas, 8 (oito) foram desconsiderados na pesquisa.

3.3 Aplicação da Sequência Didática

O quadro 1 (um) apresenta o cronograma de aplicação da Sequência Didática, a qual se encontra de forma detalhada no Apêndice A.

Quadro 1: Cronograma de aplicação da Sequência Didática

Aulas	Recursos utilizados	Estratégia e Procedimentos
1 e 2	Questionário 1	<p>O objetivo deste questionário era o de identificar os conhecimentos prévios dos alunos acerca da estrutura atômica.</p> <p>Após o questionário, o professor explanou sobre modelos atômicos e a estrutura atômica.</p>
3 e 4	<p>Experimento</p> <p>Questionário 2</p>	<p>Fazer o experimento do eletroscópio de folhas de forma demonstrativa.</p> <p>Construção em grupo de um eletroscópio de folhas pelos alunos.</p> <p>Espera-se que os alunos respondam ao questionário 2 aplicando os conceitos discutidos nas etapas anteriores.</p>
5 e 6	Capítulo 1 do texto “Introdução Ilustrada a Eletrostática”.	<p>Apresentação e entrega do texto ilustrado para cada aluno.</p> <p>Leitura individual do primeiro capítulo – Carga Elétrica e Processos de Eletrização.</p> <p>Aula expositiva.</p>
7 e 8	Atividade 1 – primeiro capítulo.	<p>Resolução e discussão de exercícios referente ao primeiro capítulo do texto ilustrado – Cargas elétricas e processos de eletrização.</p> <p>Discutir em pequenos grupos e em seguida com o restante da sala os conceitos utilizados na atividade 1.</p>
9 e 10	Capítulo 2 do texto “Introdução Ilustrada a Eletrostática”.	<p>Leitura individual do segundo capítulo – Força Elétrica.</p> <p>Aula expositiva.</p>
11 e 12	Atividade 2 – segundo capítulo.	Resolução e discussão de

		exercícios referente ao segundo capítulo do texto ilustrado – Força elétrica. Discutir em pequenos grupos e em seguida com o restante da sala os conceitos utilizados na atividade 2.
13 e 14	Capítulo três do texto “Introdução Ilustrada a Eletrostática”.	Leitura individual do terceiro capítulo – Campo Elétrico. Aula expositiva.
15 e 16	Atividade 3 – terceiro capítulo.	Resolução e discussão de exercícios referente ao terceiro capítulo do texto ilustrado – Campo elétrico. Discutir em pequenos grupos e em seguida com o restante da sala os conceitos utilizados na atividade 3.
17 e 18	Jogos didáticos - Jogo Eletrostático de Memória; - Quest Eletrostático, modelo apostas; - Quest Eletrostático, modelo nível de perguntas.	Apresentação dos jogos didáticos para os alunos. Dividir os alunos de forma que possam utilizar os três jogos didáticos – Jogos de Quest e Jogo da memória.
19	Questionário 3	Avaliação da aprendizagem.
20	Questionário 4	Avaliação dos recursos didáticos

Fonte: Elaborado pelo autor.

O objetivo inicial de nossa proposta, foi incentivar os alunos a descreverem os conhecimentos prévios que possuíam em relação a carga elétrica, as partículas próton, elétron e nêutron, assim como os conceitos de Força e de Campo. Para isso utilizamos um questionário (Apêndice A) referente a estrutura atômica para ser respondido individualmente, uma Atividade Experimental (eletroscópio de folhas) e um questionário a ser respondido em grupos, referente a Atividade Experimental. As atividades deste primeiro momento foram concluídas em quatro aulas.

Na aula 1 (um) o professor entregou para cada aluno um questionário para que respondessem individualmente, com o intuito de observar quais eram os conceitos prévios dos alunos referente a Carga Elétrica, partículas constituintes do átomo, Força Elétrica e Campo

Elétrico. Na aula 2 (dois) o professor explanou sobre os modelos atômicos e a estrutura atômica, com o objetivo de esclarecer algumas dúvidas e de motivar o aprendizado.

Na aula 3 (três) os alunos foram divididos em grupos compostos por quatro alunos e em seguida, receberam o roteiro (Apêndice A) para montagem do eletroscópio de folhas. Após os alunos terem lido o roteiro, o professor ao perceber um pouco de preocupação por parte de alguns, montou um eletroscópio de folhas passo a passo e, quando percebeu que os alunos se sentiam um pouco mais à vontade, pediu que os grupos montassem seu próprio eletroscópio. Na montagem e execução da atividade percebeu-se que os alunos estavam motivados, eles gostaram de executar a tarefa. Depois que o professor discutiu com cada grupo os fenômenos elétricos observados, foi aplicado o segundo questionário, com o objetivo de verificar se os alunos compreenderam os fenômenos envolvidos na Atividade Experimental.

Na aula 5 (cinco) foi apresentado aos alunos o texto ilustrado de Eletrostática e, comentado como seria a dinâmica de leitura e de atividades propostas. No primeiro momento o professor pediu que os alunos fizessem uma leitura individual do capítulo 1 (um) – Carga Elétrica e Processos de Eletrização, no segundo momento, aula 6 (seis), o professor explanou sobre carga elétrica e processos de eletrização, porém não houve tempo de terminar a explanação sobre o processo de eletrização por indução eletrostática, ficando assim para o próximo encontro.

Nas duas aulas seguintes, 7 (sete) e 8 (oito), o professor iniciou terminando a explanação sobre eletrização por indução, logo após entregou para cada aluno uma lista de exercícios (Apêndice A), correspondentes aos conceitos abordados no capítulo 1 (um). No primeiro momento, o professor deixou os alunos a vontade para resolverem os exercícios, só depois, na aula oito, ele comentou cada um dos exercícios propostos com os alunos. Os alunos participaram na discussão e resolução dos exercícios juntamente com o professor. O objetivo desses exercícios era o de aprofundar os conhecimentos já adquiridos com as atividades propostas anteriormente.

Na aula 9 (nove) os alunos foram orientados a fazer a leitura do capítulo 2 (dois) do texto ilustrado de Eletrostática – Força Elétrica x Força Gravitacional. Após a leitura, na aula 10 (dez), o professor explanou sobre o conceito de Força Elétrica (Lei de Coulomb) fazendo uma analogia com a Força Gravitacional (Lei de Newton).

Nas duas aulas seguintes, 11 (onze) e 12 (doze), o professor entregou para cada aluno uma lista de exercícios, correspondentes aos conceitos abordados no capítulo 2 (dois). No primeiro momento, aula 11 (onze), os alunos foram orientados a resolverem as atividades

(Apêndice A) sem a intervenção do professor, em seguida, na aula 12 (doze), o professor discutiu cada um dos exercícios propostos com os alunos. Percebeu-se que os alunos têm uma grande defasagem em matemática básica, devido a isso o professor detalhou com cuidado e fez o passo a passo a resolução de cada um dos exercícios. Abaixo destacamos algumas falas dos alunos ao receberem as atividades.

“Professor Silvio! É preciso resolver ou é só assinalar uma alternativa?” (Gustavo)

“Eu não sou boa em Física, não sei fazer conta” (Amanda)

“Minha nossa! Parece Grego! não entendo nada” (Emanuel)

“Na sua prova, vamos poder usar calculadora?” (Tatiane)

Na aula 13 (treze) o professor orientou os alunos a fazerem a leitura do capítulo 3 (três) do texto ilustrado de Eletrostática – Campo Elétrico. Após a leitura, na aula 14 (quatorze), o professor explanou sobre os conceitos abordados no capítulo três da apostila.

No momento seguinte, aula 15 (quinze), o professor entregou a cada um dos alunos uma lista de exercícios propostos (Apêndice A), para serem resolvidos e posteriormente, na aula 16 (dezesseis), discutidos com o professor. Novamente verificou-se o receio dos alunos ao trabalharem com a resolução de exercícios envolvendo a matemática. A análise vetorial para força elétrica e campo elétrico mostrou-se algo difícil para eles, nesse sentido o professor novamente resolveu os exercícios com calma e passo a passo.

Na aula 17 (dezesete) foi apresentado os Jogos Didáticos para os alunos. Percebeu-se a alegria e a vontade dos alunos em jogarem, estavam ansiosos, um aluno chegou a dizer, “nossa ninguém nunca fez isso com a gente”. Eles acharam os jogos muito bonitos. Foi perguntado a eles se já haviam jogado Quest, das duas turmas, 28 (vinte e oito) alunos disseram nunca ter jogado Quest. Já o jogo de memória, acreditamos por ser um jogo mais barato, muitos disseram já ter jogado, cerca de 24 (vinte e quatro) alunos entre as duas turmas.

Na metade da aula 17 (dezesete) após a apresentação dos jogos, de suas peças e regras, os alunos foram organizados em duplas, para os que queriam jogar Quest Eletrostático, tanto para o modelo apostas como para o modelo nível de perguntas, o restante jogou memória. Assim eles foram se revezando para que tivessem a oportunidade de jogar todos até o final da aula 18 (dezoito).

Na aula 19 (dezenove) os alunos responderam a atividade de avaliação de aprendizado (Apêndice A), com o intuito de verificar se os mesmos conseguiram adquirir significados referente aos conceitos Físicos abordados na Sequência Didática.

Para finalizar a aplicação da Sequência Didática, os alunos responderam, na aula 20 (vinte), a uma avaliação dos materiais didáticos/instrucionais utilizados na Sequência Didática, encontra-se no Apêndice A.

3.4 Oficina para Professores de Física da Rede Pública de Educação Básica Pertencentes ao NRE de Campo Mourão

Com o intuito de verificarmos se os professores de Física, do Núcleo Regional de Educação de Campo Mourão, usariam nosso Produto Educacional em sua prática pedagógica, foi realizada uma oficina onde apresentamos nossa Sequência Didática. Esta apresentação ocorreu nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, campus Campo Mourão, no dia 07 de maio de 2016 às 11h00min.

Conforme a apresentação se desenrolava, os professores, ao todo 18, eram questionados quanto a sua prática em sala de aula, se já haviam trabalhado com Histórias em Quadrinhos, com jogos didáticos e também se já haviam montado com seus alunos um eletroscópio de folhas.

Ficamos impressionados em perceber, por meio de suas respostas, que a grande maioria nunca montou um eletroscópio de folhas, nunca usou Histórias em Quadrinhos tão pouco fez uso de Jogos Didáticos em suas aulas de Física.

Ao perguntarmos a eles se utilizariam nosso produto educacional, a resposta foi sim, todos naquele momento se interessaram, gostaram da proposta e se sentiram a vontade para nos parabenizar falando o quanto gostaram e quão bonito era nosso produto.

Inicialmente foi aplicado um questionário aos professores participantes, sujeitos da pesquisa, com a intenção de obtermos suas características como professores de Física. Abaixo tabulamos as informações obtidas por meio do questionário.

A tabela 1, fornece o número de participantes por sexo.

Tabela 1 – Sexo dos participantes

Sexo	Número de ocorrências
-------------	------------------------------

Masculino	11
Feminino	6
Não informou	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tivemos um número grande de participantes do sexo masculino, 11 ao todo, quando comparados com os participantes de sexo feminino, 6 ao todo, enquanto 1 não opinou.

A tabela 2, fornece a faixa etária dos participantes.

Tabela 2 – Faixa etária dos participantes

Idade	Número de ocorrências
Abaixo dos trinta anos	1
Entre 30 e 39 anos	5
Entre 40 e 49 anos	5
Entre 50 e 60 anos	4
Não informou	3

Fonte: Elaborado pelo autor.

Podemos perceber, analisando a tabela 2, que a faixa etária é bem diversificada.

Na tabela 3, temos a relação das disciplinas que os participantes encontram maior dificuldade em lecionar.

Tabela 3- Disciplinas com dificuldade em lecionar

Em qual disciplina você encontra mais dificuldade para lecionar?	Número de ocorrências
---	------------------------------

Física 1	1
Física 2	3
Física 3	7
Ciências do 9 ^o ano	2
Sem dificuldade	5

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando a tabela 3, fica claro que os professores tem mais dificuldade em lecionar a disciplina de Física 3, ou seja, Eletromagnetismo.

Na tabela 4, temos o tempo de docência em Física dos participantes.

Tabela 4 - Tempo de docência em Física

Tempo de docência em Física	Número de ocorrências
Entre 1 e 9 anos	10
Entre 10 e 19 anos	5
Entre 20 e 29 anos	3
Acima de 30 anos	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na tabela 4, pudemos visualizar que a maioria dos professores que estão em busca de aperfeiçoamento de sua prática pedagógica, possuem um tempo de serviço inferior a 10 anos, sendo o menor entre os demais participantes. Ou seja, quanto maior o tempo de serviço, menor a quantidade de professores que buscam aperfeiçoamento em sua prática pedagógica.

Na tabela 5, temos a avaliação dos participantes quanto ao uso da Sequência Didática. A grande maioria dos participantes disseram que usariam o Produto Educacional proposto.

Tabela 5 – Aprovação do Kit Didático de Eletrostática

Uso do Kit Didático para o ensino de Eletrostática	Número de ocorrências
---	------------------------------

Usaria	10
Não opinou	4
Outros recursos apresentados	4

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na tabela 6 mostramos o número de ocorrências de escolas com e sem laboratório de Física.

Tabela 6: Uso de laboratório de Física

Em sua escola existe um laboratório de Física?	Número de ocorrências
Sim	12
Não	6
Não opinou	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Podemos notar, analisando a tabela 6, que 50% dos participantes lecionam em escolas que possuem um espaço físico destinado ao laboratório de Física.

Observando as informações da tabela 7, percebemos que os professores não fazem uso da ludicidade no ensino de Física.

Tabela 7: Recursos didático

Recursos didáticos utilizados em sala de aula	Número de ocorrências
Histórias em Quadrinhos	1
Jogos Didáticos	0
Outros (quadro negro, projetor, experiências, filmes, livro didático)	17

Fonte: Elaborado pelo autor.

CAPÍTULO 4

ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Resultados do Questionário de Identificação de Conhecimentos Prévios

Nesta seção serão apresentados e analisados os resultados do questionário para verificação dos conhecimentos prévios dos alunos, aplicado no início da Sequência Didática, participaram da pesquisa 40 alunos.

4.1.1 Análise da questão 1

Para a questão 1 “Você já ouviu falar em átomos? Descreva o que você sabe, foi solicitado aos alunos que descrevessem o que sabiam sobre o átomo. Na tabela 8, estão representadas as respostas com maior número de frequência.

Tabela 8 – Respostas da questão 1

Questão 1	Número de ocorrências
Você já ouviu falar em átomos?	
Sim	40
Não	0
Não lembro	0
Descreva o que você sabe.	
Menor partícula formando a matéria	18
Partícula Indivisível	10
Partícula de energia	8
Outras	4

Fonte: Elaborado pelo autor.

Verifica-se que todos (100%) dos alunos já ouviram falar de átomo, porém nem todos tem a ideia de que o átomo é a unidade básica da matéria. Alguns trazem a ideia de partícula indivisível e indestrutível do modelo atômico de Dalton. E ainda, alguns alunos associam o átomo a uma forma de energia.

4.1.2 Análise da questão 2

Para a questão 2 “Você já ouviu falar em carga elétrica? Onde encontrá-la?”, mostramos na tabela 9 a ocorrência das respostas fornecidas pelos alunos.

Tabela 9 – Resultados da questão 2

Questão 2	Número de ocorrências
Você já ouviu falar em carga elétrica?	
Sim	22
Não	6
Não lembro	12
Onde encontrá-la?	
Corrente elétrica	18
Aparelhos elétricos	10
Bateria do celular	8
Outras	4

Fonte: Elaborado pelo autor.

Podemos perceber, que um número significativo de alunos já ouviu falar em carga elétrica. Ao responderem aonde encontrá-las, percebemos que muitos associam a carga elétrica a corrente elétrica ou aparelhos elétricos encontrados em suas residências.

4.1.3 Análise da questão 3

Para a questão 3 “Já ouviu falar em força elétrica? E em força gravitacional?”, temos o resultado na tabela 10.

Tabela 10 – Resultado da questão 3

Questão 3	Número de ocorrências
“Já ouviu falar em força elétrica? E em força gravitacional?”	
Força Gravitacional	28
Força Elétrica	4
As duas	8

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota-se, pelos dados da tabela 3, que a maioria dos alunos lembraram-se da Força Gravitacional, a qual estudaram no primeiro ano do Ensino Médio.

4.1.4 Análise da questão 4

“Já ouviu falar em Campo Elétrico? E Campo Gravitacional?”

Tabela 11 – Resultado da questão 4

Questão 4	Número de ocorrências
------------------	------------------------------

“Já ouviu falar em Campo Elétrica? E Campo Gravitacional?”	
Campo Gravitacional	30
Campo Elétrico	6
Os dois	4

Fonte: Elaborado pelo autor.

Fica claro, analisando o resultado na tabela 11, que a grande maioria dos alunos lembravam do Campo Gravitacional estudado na Mecânica.

4.1.5 Análise da questão 5

Quais partículas encontram-se no núcleo do átomo? Qual partícula orbita o núcleo atômico?

Tabela 12 – Resultado da questão 5

Questão 5	Número de ocorrências
Quais partículas encontram-se no núcleo do átomo?	
Prótons e Nêutrons	19
Elétrons e Prótons	5
Elétrons e nêutrons	3
Não respondeu	13
Qual partícula orbita o núcleo atômico?	
Elétrons	18
Prótons	6
Nêutrons	3
Não respondeu	13

Fonte: Elaborado pelo autor.

Percebe-se, pelos resultados na tabela 12, que muitos dos alunos não conhecem a estrutura atômica.

4.2 Resultados da Avaliação de Aprendizagem

Nesta seção serão apresentados e analisados os resultados da avaliação de aprendizagem final. A avaliação do desempenho do aluno deve fornecer evidências de aprendizagem significativa ou seja, de captação de significados e capacidade de explicar e de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema.

Esta avaliação foi realizada por meio do **Questionário 3** (Apêndice A), o qual é constituído por cinco questões discursivas.

4.2.1 Análise da questão 1

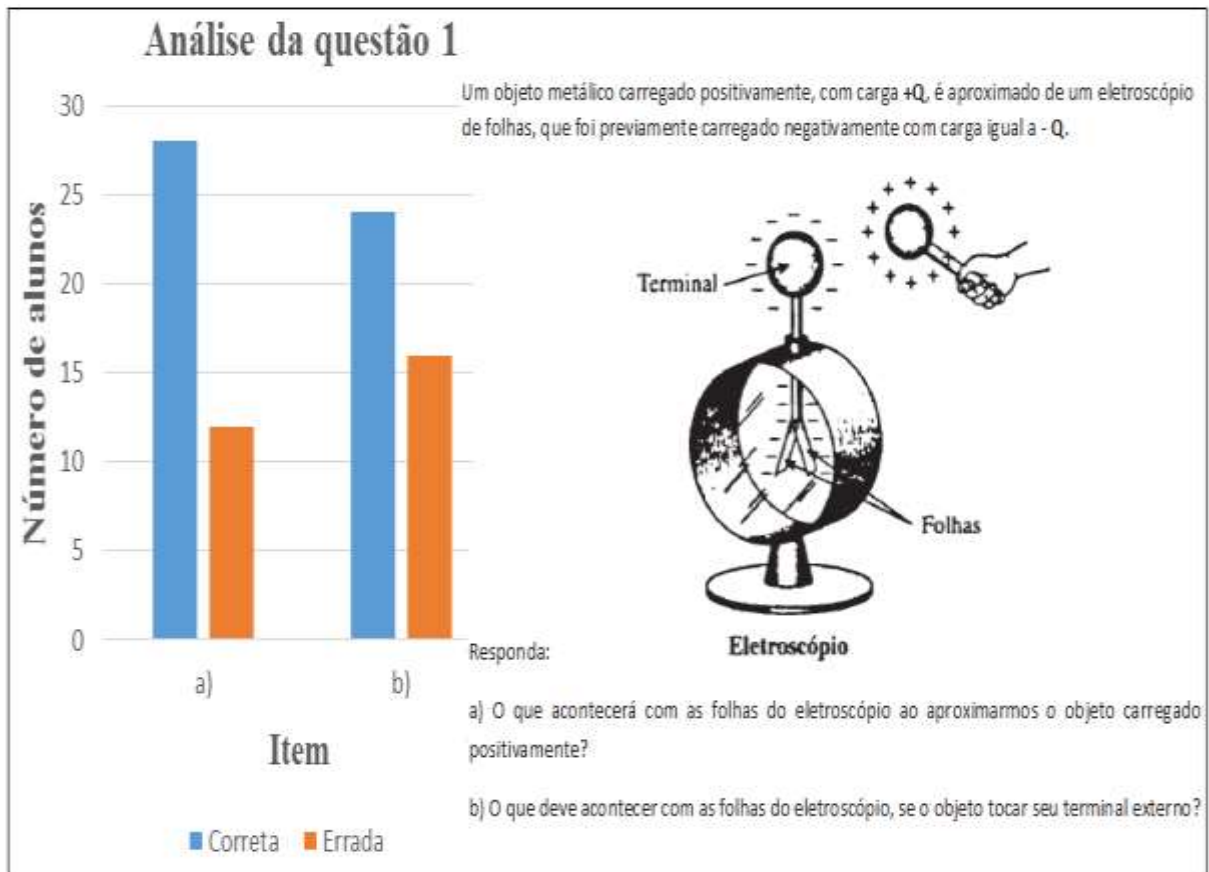


Gráfico 1 – Resposta dos alunos para a questão 1 do questionário 3
Fonte: Elaborado pelo autor.

Percebemos, observando o gráfico 1, que um número significativo dos alunos, responderam corretamente o item a e o item b, com um número de acertos maior para o item a.

4.2.2 Análise da questão 2

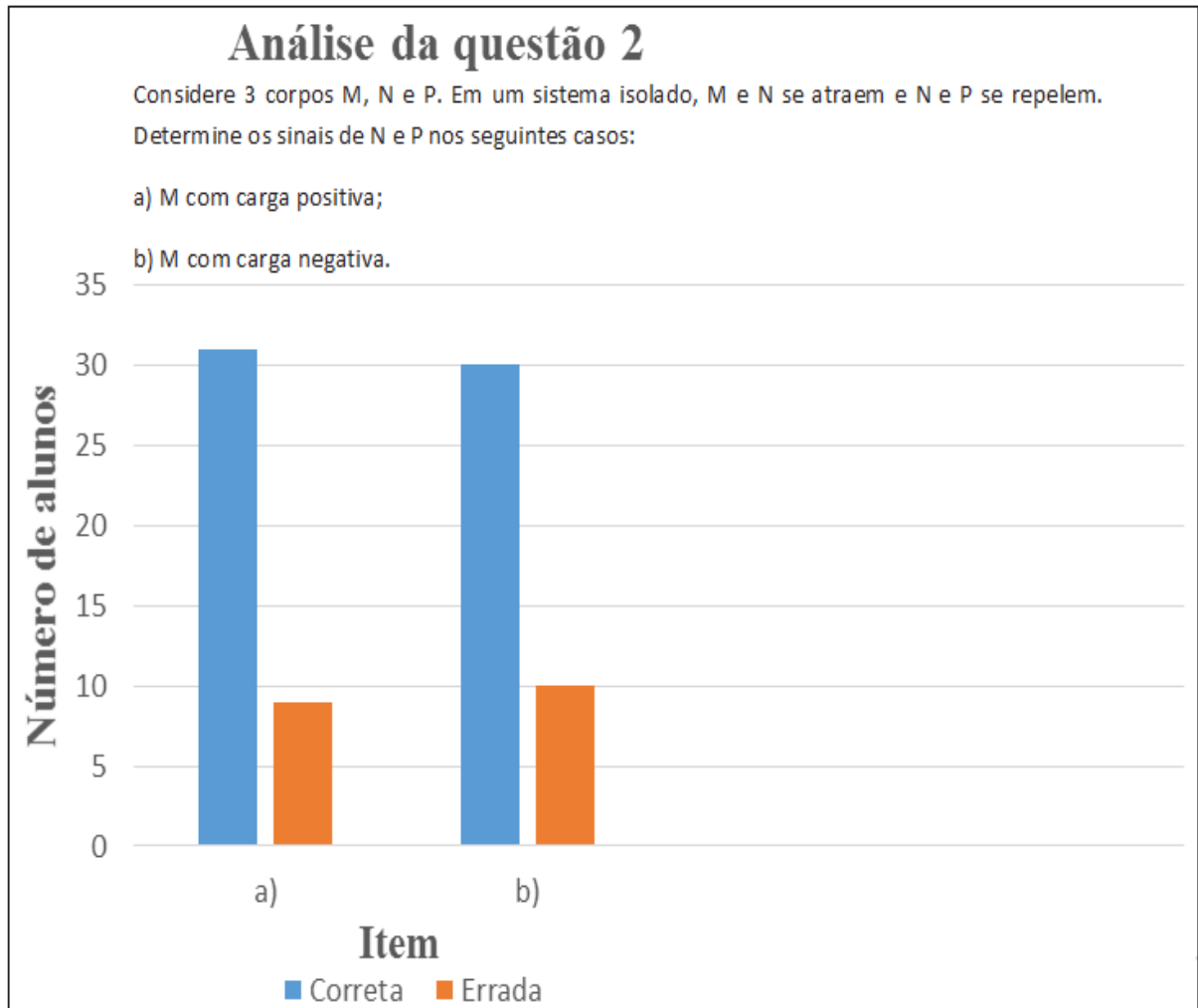


Gráfico 2 – Resposta dos alunos para a questão 2 do questionário 3

Fonte: Elaborado pelo autor.

O gráfico 2 mostra que os alunos adquiriram significados de conceitos em relação a situação de eletrização e ação mútua entre partículas ou corpos eletrizados.

4.2.3 Análise da questão 3

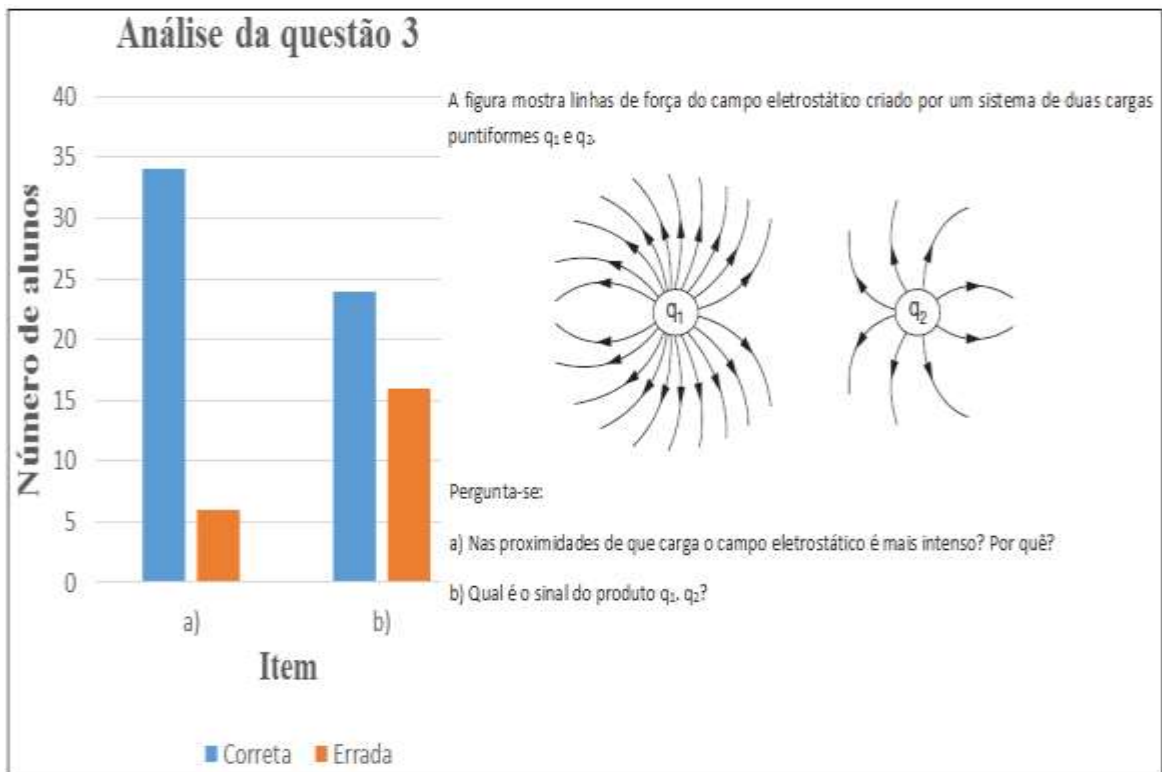


Gráfico 3 – Resposta dos alunos para a questão 3 do questionário 3
Fonte: Elaborado pelo autor.

Como fica claro do gráfico 3, os alunos tiveram uma frequência maior de acertos no item a. Ficando evidente o ganho de significados por parte dos alunos, quanto aos conceitos de densidade de linha de campo.

Notamos, pelo resultado do item b, que os alunos encontraram dificuldades em perceber que as linhas de força tendem a se afastar indicando que as duas cargas são positivas, pois, caso contrário elas sairiam de uma carga e entrariam na outra carga.

4.2.4 Análise da questão 4

Gráfico 4 – Resposta dos alunos para a questão 4 do questionário 3

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando o gráfico 4, notamos um número grande de acertos para os três itens, identificando ganhos de significados por parte dos alunos no que se refere ao conceito de movimento de partículas eletrizadas no interior de um Campo Elétrico.

4.2.5 Análise da questão 5

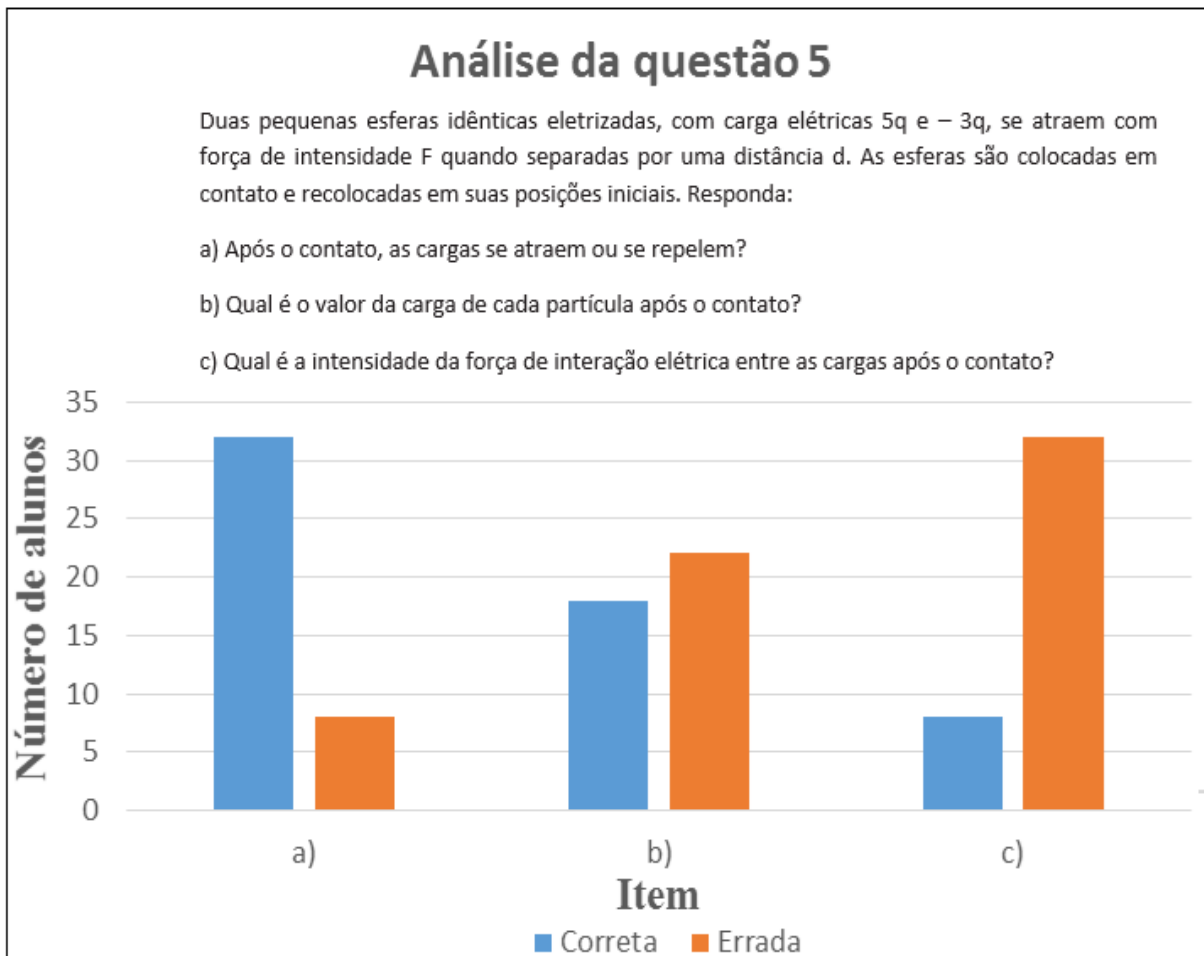


Gráfico 5 – Respostas dos alunos para a questão 5 do questionário 3
 Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando o gráfico 5, percebemos que alunos adquiriram significados quando se tratando do princípio da atração e repulsão. Já as respostas dos itens b e c mostraram que os alunos têm dificuldades ao se depararem com uma situação problema envolvendo concepções matemáticas.

4.3 Resultados da Avaliação dos Recursos Didáticos

O modelo do questionário utilizado foi retirado de uma dissertação de mestrado proposto originalmente por VIEIRA (2014, p.134), o objetivo deste questionário é permitir que os alunos avaliem os recursos didáticos utilizados na Sequência Didática. O questionário é composto por 9 questões, sendo que as 7 primeiras são respondidas por meio de uma escala

Likert. Nesta escala os alunos especificam seu nível de concordância com uma afirmação: 1 (Péssimo), 2 (Ruim), 3 (Regular), 4 (Bom) e 5 (Ótimo). O questionário foi respondido por 36 alunos, onde os resultados são informados no gráfico 6.

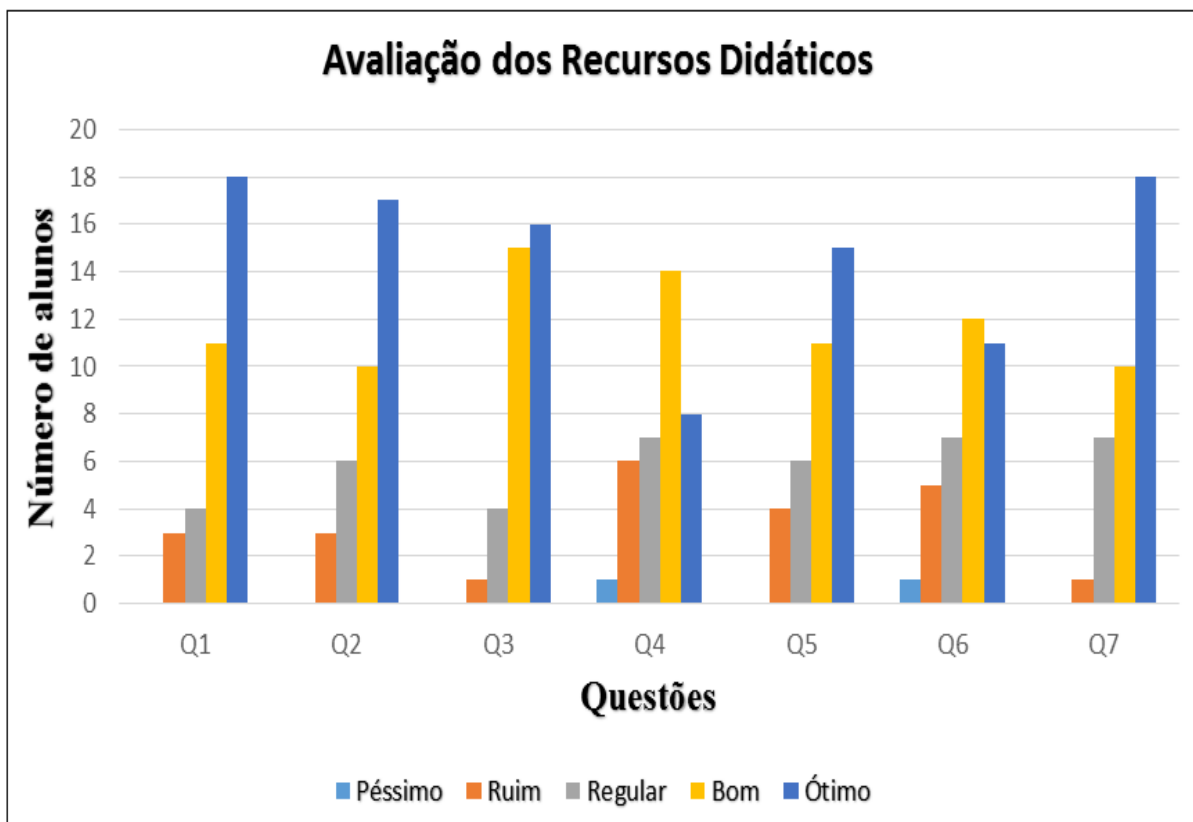


Gráfico 6 - Resultado das questões (1 a 7) da avaliação, feita pelos alunos, referente aos recursos didáticos

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando o gráfico 6, percebe-se que o nível de satisfação dos alunos quanto ao material utilizado na Sequência Didática foi grande, estando, para todas as perguntas, as respostas entre bom e ótimo. Isso indica que o material produzido foi muito bem aceito pelos alunos. Em se tratando de uma metodologia de ensino de Física, é possível afirmar que o resultado foi positivo.

A questão 8, que perguntava aos alunos quais recursos didáticos utilizados em aula eles mais gostaram, foi respondido por 36 alunos. O resultado encontra-se na tabela 13.

Tabela 13 – Resultado da questão 8 da avaliação dos recursos didáticos.

Questão 8	Número de ocorrências

Quais dos recursos utilizados nas aulas você mais gostou? Por quê?	
Atividade Experimental	28
Apostila Ilustrada de Eletrostática	26
Exercícios Propostos	10
Jogos Didáticos	32
Porque?	
A aula torna-se mais interessante.	18
Permitiram que compreendesse melhor o conteúdo estudado.	12

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando a tabela 13, percebemos que o recurso que os alunos menos se identificaram, foram os exercícios propostos, nós acreditamos que seja pelo fato da maioria dos alunos terem uma grande dificuldade em matemática e interpretação, levando-os a insegurança no momento de resolver exercícios.

Foi solicitado aos alunos, questão 9, que escrevessem sugestões, críticas ou elogios referentes a Sequência Didática. Dos 36 alunos que responderam o questionário, 28 fizeram críticas, sugestões ou elogios e 8 não opinaram. O Quadro 2 mostra as respostas dos alunos, classificadas em: Elogio, sugestão e crítica. Os erros ortográficos permanecem tais como eles escreveram.

Quadro 2 – Respostas dos alunos para a questão 9

Respostas dos alunos	Classificação
“Foi interessante, só falta mais aula para fazer mais”	Elogio e critica.
“Eu gostei muito tinha que ser assim sempre”	Elogio
“Foi muito bom, parabéns professor Silvio”	Elogio
“Você é esforçado foi muito bom”	Elogio

“Os outros professores deveriam fazer como o senhor fez, gostei muito e aprendi bastante”	Crítica e elogio
“Porque o professor não deu aula pra nós antes é muito bom”	Elogio
“Eu achei ótimo, deveria ter mais aulas de física assim, você é dedicado”	Elogio
“Aprendi bastante, vou lembrar dessas aulas”	Elogio
“Eu participei mais nas aulas e entendi um pouco o conteúdo, foi bom”	Elogio
“Foi pouco tempo para o jogo”	Crítica
“Gostei muito dos jogos e da apostila, poderia fazer para o outro conteúdo também”	Elogio e Sugestão
“Gostei bem bacana, o senhor é um bom professor, só precisa falar mais baixo e devagar”	Elogio e Crítica
“As perguntas do quest apostas eram complicadas”	Crítica
“O jogo de memória é muito legal, o quest é bom mais tem que ser inteligente pra joga e ganha”	Elogio
“Eu prefiro jogar quest individual não em dupla “	Crítica - Sugestão
“Os exercícios eram chatos e os jogos foi muito legal”	Crítica e Elogio
“O professor explica muito bem só que eu acho a física muito complicada mas gostei de tudo”	Elogio
“Suas aulas são muito boas, aprendi muito espero aprender mais, gostei de todos os	Elogio

jogos e da apostila em quadrinhos”	
“Pouco tempo para jogar professor, mas gostei bastante é bacana”	Crítica e Elogio
“Muito bom, espero que tenhamos mais”	Elogio e Sugestão
“Eu não sou boa em matemática”	?
“Você fala muito rápido, mas gostei muito do material”	Crítica e Elogio
“O jogo de quest nível de perguntas é muito bom, parabéns fez um bom trabalho”	Elogio
“Não gosto de física mas você é legal”	Elogio ?
“Precisaria ter mais aulas, foi muita aula teórica e pouco tempo para jogar, mas gostei é bem bacana”	Crítica e Elogio
“Eu gostei muito da apostila e dos jogos, o eletroscópio foi bom”	Elogio
“As aulas foram muito produtivas, parabéns professor, gostei de tudo”	Elogio
“Aprendi muito e com certeza vou gostar mais de física agora”	Elogio
“Você é muito bom, que pena que deu aula pra nos só agora no terceiro ano, gostei de tudo”	Elogio

Fonte: Elaborado pelo autor.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi produzido com o objetivo de investigar a ocorrência da Aprendizagem Significativa na perspectiva de Moreira a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, aplicando-se uma Sequência Didática, na qual foram desenvolvidos os conceitos de Carga Elétrica, Força Elétrica e Campo Elétrico.

Os resultados da pesquisa corroboram a necessidade de superarmos um ensino de Física descontextualizado e sem significados para o aluno, em favor de um ensino em que o aluno seja capaz de ser sujeito de seu aprendizado, tornando-se mais participativo e receptivo a aprendizagem.

A análise qualitativa das atividades realizadas pelos alunos ao longo do estudo revelou que os mesmos se apropriaram, gradualmente, dos conceitos trabalhados na Sequência Didática e foram capazes de aplicá-los de forma adequada ao solucionarem as situações-problema propostas. Além disso, a utilização conjunta da Atividade Experimental, História em Quadrinhos e Jogos Didáticos proporcionou momentos de discussões em grupos e com todos os alunos das duas turmas, promovendo a Negociação de Significados dos conceitos estudados.

Os resultados do questionário de avaliação da aprendizagem mostra que os alunos, ao expressarem seu entendimento do conceito de Carga Elétrica, Força Elétrica e Campo Elétrico, apresentam indícios de aprendizagem mecânica; porém ao aplicarem este conhecimento para solucionar ou explicar situações-problema, observa-se indícios de que a aprendizagem foi significativa. Não podemos deixar de registrar o quanto os alunos se mostraram temerosos ao se confrontarem com situações problemas que necessitavam do uso da matemática.

Os resultados obtidos no questionário de avaliação dos recursos instrucionais indicaram que o uso do experimento, da apostila ilustrada de Eletrostática e dos jogos didáticos contribuíram para despertar o interesse dos alunos no estudo dos conteúdos abordados na Sequência Didática. De acordo com Ausubel (2003), um dos requisitos para que ocorra Aprendizagem Significativa é a pré-disposição do aluno em aprender significativamente e, felizmente, essa pré-disposição ocorreu por parte da maioria dos alunos.

Os resultados da aplicação da Sequência Didática, fornecem indicativos de sucesso ao buscar-se introduzir de forma significativa os conceitos de Carga Elétrica, Força Elétrica e Campo Elétrico utilizando os pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimento: Uma perspectiva cognitivista**. 1. ed. Lisboa: Paralelo Editora, 2003.

AZEVEDO, M. C. P. S. **Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula**. In: CARVALHO, A.M. P. (Org). Ensino de Ciências – Unindo a Pesquisa e a Prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p.19-33.

BRASIL: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica: (2002) Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. **Ciência da Natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília/DF/BRA: MEC/SEMTEC.

BRASIL: **Parâmetros curriculares para o ensino médio Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica, Brasília, 2006, p. 140.

BONJORNO, Regina A (et al.). **Física Completa**: volume único; ensino médio-2 ed.- São Paulo: FTD, 2001.

BONJORNO, J. R.; C. M. RAMOS. **Física História & Cotidiano**, volume único. 2ª ed. – São Paulo: FTD, 2005. – (Coleção delta).

CALAZANS, Flávio M. A. **Histórias em quadrinhos na escola** – São Paulo: Paulus, 2004.

CAGNIN, A. L. **Os Quadrinhos**, São Paulo: Editora Ática, 1975.

FUKE, Luiz Felipe; KAZUITO, Yamamoto. **Física para o ensino médio**, volume 3. 1ª ed. – São Paulo: Saraiva, 2010.

HALLIDAY, D., RESNICK, R. & WALKER, J. **Fundamentos de Física 3 – Eletromagnetismo**, v. 3. 9ed. Editora LTC. Rio de Janeiro. 2012.

HUIZINGA, J. HOMO LUDENS: **o jogo como elemento da cultura**. 2.ed. Trad. João Paulo Monteiro. São Paulo: Perspectiva, 1990.

KISHIMOTO, Tizuko Morchida. **O jogo e a educação infantil**. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

MARTINS, Jader Benuzzi. **A história do átomo – de Demócrito aos quarks**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2001.

MENDES DA SILVA, Luiz Cezar; SANTOS, Wilma Machado Soares; CARDOZO DIAS, Penha Maria (2011), “**A Carga Específica do Elétron (Um Enfoque Histórico e Experimental)**”, Revista Brasileira de Ensino de Física, 33, art.1601.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa**. Brasília: Ed. UnB, 1999. p.130.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física: a teoria de aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências**. Porto Alegre, Ed. Da Universidade, UFRGS, 1983.

MOREIRA, M. A., MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2001.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

NEVES, Marcos Cesar Danhoni; PEREIRA, Ricardo Francisco. (org.) **Divulgando a ciência: de brinquedos, jogos e do vôo humano**. Maringá: Massoni, 2006.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. v.3. São Paulo: Edgard Blucher. 2002.

TIPLER, P. & MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. Vol. II. 5a Edição, Editora LTC, 2006. Brasil.

O QUE É AFINAL APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA? Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueeafinal.pdf>. Acesso em: 26/05/2016.

PCN+, **Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. p.81.

PENTEADO, Paulo Cesar M. TORRES, Carlos Magno A. **Física Ciência e tecnologia**. v.3. São Paulo: Moderna, 2005.

PEREIRA, R. F. **Desbravando o Sistema Solar: um jogo educativo para o ensino e a divulgação da Astronomia**. In: NEVES, M.C.D. (org); et al. Da Terra, da Lua e Além. Maringá: Massoni, 2007.

RAMA, Ângela; VERGUEIRO, Waldomiro (orgs). **A linguagem dos quadrinhos: uma “alfabetização” necessária**. 3. ed. Como usar as histórias em quadrinhos na sala de aula. São Paulo: Contexto, 2006. p. 31-64.

RAMOS, E. M. F. **Brinquedos e Jogos no Ensino de Física**, Dissertação de Mestrado, São Paulo: IFUSP, 1990.

ROBERT A. Millikan; **“The Isolation of an Ion, A Precision Measurement of its Charge, and the Correction of Stokes’s Law”** , Physical Review, vol. XXXII, n^o4, pp. 349-397, (1911).

ROCHA, J. F. et al. (Orgs.) **Origens e Evolução das Ideias da Física**. Salvador: Editora da Universidade Federal da Bahia, 2002. 372p.

RODRIGUES, M. **O Desenvolvimento do Pré-Escolar e o jogo**. São Paulo: ícone, 1992.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. de A. **Teoria da cores de Newton: um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula**. In: Revista Ciência e Educação. V. 9, n. 1, p. 53-65, Campinas, 2003.

TERRAZAN A. **"Física Moderna e Contemporânea no Segundo Grau"**. Em: Abordagens de Física Moderna e Contemporânea no 2^o grau: Por quê? Como? Niterói: Instituto de Física, UFF/CAPES/FAPERJ, 1996.

_____. **A linguagem dos quadrinhos: uma “alfabetização” necessária**. In: RAMA, Ângela; VERGUEIRO, Waldomiro (orgs). **Como usar as histórias em quadrinhos na sala de aula**. São Paulo: Contexto, 2006. p. 31-64.

APÊNDICE A - Produto Educacional

UM KIT DIDÁTICO PARA O ENSINO DE ELETROSTÁTICA

SUMÁRIO

A.1 APRESENTAÇÃO.....	73
A.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	75
A.3 ROTEIRO DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL.....	78
A.4 TEXTO ILUSTRADO DE ELETROSTÁTICA.....	83
A.4.1 Capítulo 1.....	84
A.4.2 Capítulo 2.....	99
A.4.3 Capítulo 3.....	107
A.5 EXERCÍCIOS PROPOSTOS.....	117
A.5.1 Carga Elétrica e Processos de Eletrização.....	117
A.5.2 Força Elétrica.....	120
A.5.3 Campo Elétrico.....	123
A.6 JOGOS DIDÁTICOS.....	126
A.6.1 Quest Eletrostático Modelo Apostas.....	126
A.6.1.1 Regras.....	127
A.6.1.2 Fichas de apostas.....	129
A.6.1.3 Cartas.....	130
A.6.2 Quest Eletrostático Nível de Perguntas.....	145
A.6.2.1 Regras.....	146
A.6.2.2 Cartas.....	148
A.6.3 Jogo da Memória.....	179
A.6.3.1 Regras.....	179
A.6.3.2 Peças.....	180
A.7 QUESTIONÁRIOS.....	186
A.7.1 Atividade Experimental.....	186
A.7.2 Identificação dos conhecimentos prévios.....	187
A.7.3 Avaliação de Aprendizagem.....	188
A.7.4 Avaliação dos Recursos Didáticos.....	190
REFERÊNCIAS.....	191

A.1 APRESENTAÇÃO

A Eletrostática é a área da Eletricidade que se interessa em estudar as cargas elétricas em repouso. De maneira mais geral, ela estuda a situação na qual as cargas elétricas, que se encontram distribuídas em determinado objeto, estão em equilíbrio. Este é o sentido da palavra *estática* agregado ao termo *eletro*, formando a palavra Eletrostática.

Ensinar Eletrostática no Ensino Médio está se tornando um grande desafio, isto se deve ao fato de que os alunos sofrem com uma grande defasagem no que se refere à leitura, interpretação e o uso de conhecimentos básicos de matemática.

Esta realidade nos levou ao encontro de uma proposta de ensino de Eletrostática, objetivando maior motivação e participação dos alunos, proporcionando, portanto, um ambiente propício para o processo de aprendizagem. Para isso, elaboramos uma Sequência Didática com um enfoque lúdico, fazendo uso de:

- uma Atividade Experimental – o eletroscópio de folhas – fazendo o papel de organizador prévio, ou seja, servindo como uma espécie de ancora para a nova aprendizagem;
- um texto ilustrado em forma de quadrinhos, dividida em três capítulos:

1. Carga Elétrica e Processos de Eletrização;
2. Força Elétrica;
3. Campo Elétrico.

- três Jogos Didáticos:

1. Quest Eletrostático modelo apostas;
2. Quest Eletrostático nível perguntas;
3. Jogo da Memória.

A Atividade Experimental não exigiu nem um aparato sofisticado ou caro, nem mesmo um laboratório de Física, a qual foi realizada em sala de aula e praticamente sem custo algum. A apostila de Eletrostática em forma de Quadrinhos e os jogos didáticos, foram todos

confeccionados no Microsoft Word, não precisando de nenhum programa computacional complexo e caro. Os tabuleiros dos dois jogos de Quest foram feitos no Word, posteriormente salvos em PDF e mandados para impressão numa gráfica local, com dimensões 30 cm x 40 cm, onde o custo de cada um dos tabuleiros foi de R\$ 28,00, um custo baixo se pensarmos que terá uma durabilidade longa, sendo possível aproveitá-lo com muitas turmas de terceiros anos do Ensino Médio. As cartas, no total de 185, foram feitas também no Word e imprimidas em casa, para que tenham uma grande durabilidade mandamos plastificar, tendo um custo de R\$ 120,00. Já as peças do jogo de memória, também feitas em Word posteriormente salvas em PDF e impressas em PVC com dimensões 5 cm x 5 cm, onde as 46 peças que compõem o jogo tiveram um custo de R\$ 150,00, lembrando que também terá uma grande durabilidade.

Este material é logicamente significativo, ou seja, segundo Moreira (1983, p. 25-26) é não arbitrário e não aleatório, de modo que possa ser relacionado, de forma substantiva e não arbitrária, a ideias correspondentemente relevantes que se situem dentro do domínio da capacidade humana de aprender. Dessa forma o objetivo desse produto educacional é proporcionar uma Aprendizagem Significativa no ensino de Física, especificamente em Eletrostática.

A.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A.2.1 Conteúdos da Sequência Didática

- a) Carga elétrica e Processos de Eletrização;
- b) Força Elétrica;
- c) Campo Elétrico.

A.2.2 Objetivos da Sequência Didática

- a) Apropriar-se dos conceitos de Carga Elétrica, Força Elétrica e Campo Elétrico como entidades Físicas necessárias para descrição dos Fenômenos Eletrostáticos;
- b) Descrever de forma adequada a Força Elétrica e o Campo Elétrico, assim como suas formas de representação (Vetorial e Linhas de Força);
- c) Identificar e explicar o fenômeno da Atração e Repulsão entre corpos eletrizados e corpos eletrizado e neutros (Princípio da Atração e Repulsão);
- d) Aplicar os conceitos de Força Elétrica e Campo Elétrico e os princípios a ele relacionados na solução de situações-problema;
- e) Identificar as aplicações tecnológicas em que a Força Elétrica e o Campo Elétrico desempenham um papel fundamental.

A.2.3 Atividades iniciais (aulas 1 e 2)

Inicialmente, objetivando a identificação de conhecimentos prévios, os alunos deverão responder ao **Questionário 1** (Apêndice A). Posteriormente o professor fará uma explanação sobre os modelos atômicos e a estrutura atômica, com a intenção de reforçar os conceitos ou ideias já existentes na estrutura cognitiva de seus alunos.

A.2.4 Situações-problemas iniciais (aulas 3 e 4)

Nesta etapa, tendo em mãos as principais concepções apresentadas pelos alunos no Questionário1, apresentar situações que relacionem os conhecimentos prévios dos alunos com os tópicos objetos da Sequência Didática. Para isso foram utilizadas seguintes etapas:

- Iniciar entregando, aos alunos, um roteiro para construção de um eletroscópio de folhas, dividindo os alunos em grupos de quatro ou cinco componentes.
- Construir o eletroscópio de folhas de forma demonstrativa. Apresentar imagens semelhantes a do experimento, com o uso de livro didático e imagens buscadas na internet. Neste momento direcionar algumas perguntas para as equipes, como:
 - a) Porquê as folhas de alumínio se comportam dessa forma?
 - b) Por qual motivo o balão, após ser esfregado no cabelo, faz com que as folhas de alumínio se afastem?
 - c) Que força faz com que as folhas se abram? Como ela surge?

A.2.5 Utilização do texto “Introdução Ilustrada a Eletrostática” (da aula 5 até a aula 16)

No início da aula 5, os alunos receberão o texto ilustrado de Eletrostática, os mesmos são informados de como será a dinâmica de leitura e estudo. Terminada a explicação os alunos deverão fazer a leitura individual do primeiro capítulo - Carga Elétrica e Processos de Eletrizacão – após a leitura, o professor inicia sua explanação, aula 6, ao mesmo tempo que vai questionando os alunos referente ao tema tratado no capítulo 1, perguntas como:

- a) Quais são as partículas que constituem o átomo?
- b) O que você entendeu por carga elétrica?
- c) Quando podemos dizer que um corpo encontra-se eletricamente neutro? E eletrizado?
- d) Todas as partículas constituintes da matéria possuem carga elétrica?
- e) Qual partícula orbita o núcleo do átomo?

Nas aulas 7 e 8, os alunos são divididos em grupos, cada grupo receberá uma lista de exercícios, com o objetivo de aprofundamento dos conceitos estudados no capítulo 1 do texto (Carga Elétrica e Processos de Eletrizacão). Deixar os alunos discutirem em suas respectivas equipes somente depois o professor discute os exercícios com os grupos.

Na aula 9, os alunos são orientados a fazer a leitura individual do capítulo 2 do texto. Após a leitura o professor inicia sua explanação, aula 10, questionando os alunos quanto ao tema tratado no capítulo 2, com perguntas como:

- a) O que é a Força Elétrica? Quais são as suas características?
- b) A Força Elétrica tem alguma semelhança com a Força Gravitacional?
- c) Como as partículas conseguem interagir mesmo à distância?

Nas aulas seguintes, 11 e 12, os alunos são divididos em grupos e recebem uma lista de exercícios correspondentes aos conceitos estudados no capítulo 2. Os alunos devem buscar resolver os exercícios em seus grupos para depois discutir os resultados com o professor e o restante da sala.

Na aula 13 os alunos farão a leitura do capítulo 3 do texto ilustrado de Eletrostática. Após a leitura, aula 14, o professor fará uma explanação referente aos conceitos contidos no capítulo 3 (Campo Elétrico).

Nas aulas seguintes, 15 e 16, os alunos farão, em grupos, a resolução dos exercícios propostos no capítulo 3, para posterior discussão com professor e o restante da sala de aula.

A.2.6 Jogos Didáticos (aulas 17 e 18)

Iniciar a aula apresentando os Jogos Didáticos aos alunos, mostrar seus componentes, explicar suas regras e comentar com os mesmos a importância do uso dos Jogos Didáticos para o Ensino de Física. Após a apresentação dos jogos os alunos são organizados em duplas, para jogar o Jogo Quest Eletrostático modelo apostas e o Jogo Quest Eletrostático modelo nível de perguntas. Os restante dos alunos jogam o Jogo da Memória.

Conforme os jogos vão acabando, faz-se necessário o rodizio dos alunos, para que todos usufruam dos três jogos propostos.

A.2.7 Avaliação Individual

Nesta etapa, será solicitado aos alunos que respondam, individualmente, o **Questionário 3** (Apêndice A) constituído de quatro questões abertas nas quais os alunos terão a oportunidade de expressar livremente sua compreensão dos conceitos abordados nesta unidade de ensino. Esta atividade deverá ocupar uma aula.

A.2.8 Avaliação da Sequência Didática

Será solicitado aos alunos que respondam ao **Questionário 4** (Apêndice A), que consiste na avaliação dos recursos didáticos utilizados na Sequência Didática.

A.3 ROTEIRO EXPERIMENTAL

Colégio
ROTEIRO DE EXPERIMENTO (ELETROSCÓPIO DE FOLHAS)

A.3.1 Materiais Utilizados (ver figura 1)



Figura 1- Materiais utilizados
Fonte: Acervo do pesquisador

- 1 pote de vidro com tampa (vidro de conserva);
- 40 cm de fio de cobre (1,5 mm de diâmetro);
- 1 alicate;
- 1 pistola de cola quente;
- 1 bastão de cola quente;
- 1 folha de papel alumínio;
- 1 tesoura;
- 1 fita métrica (ou trena);
- 1 balão de festa;
- 1 prego;
- 1 martelo;
- cabelo.

A.3.2 Procedimentos de Montagem

A montagem do experimento será dividida em algumas etapas, descritas a seguir:

A.3.2.1 Preparando o Pote

Inicia-se a preparação do pote furando a tampa para passar o fio condutor de cobre. Fura-se a tampa no centro utilizando o prego e martelo de modo a ser possível o encaixe do fio no furo como indicado na figura.



Figura 2 – Furando a tampa.
Fonte: Acervo do pesquisador.

A.3.2.2 Preparando o Fio

Antes de encaixar o fio na tampa, desencapa-se as extremidades do fio utilizando o alicate como mostrado na figura 3.

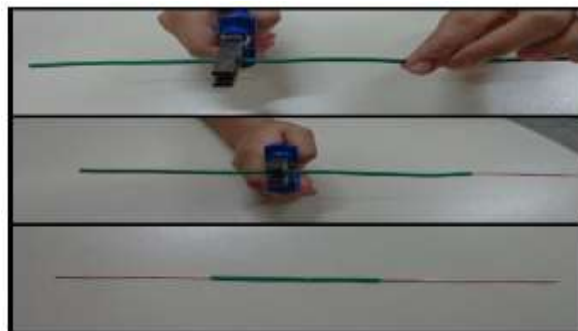


Figura 3 – Desencapando o fio de cobre.
Fonte: Acervo do pesquisador.

Depois de desencapado, fixa-se o fio na tampa pelo orifício feito anteriormente, como mostra a figura 4.

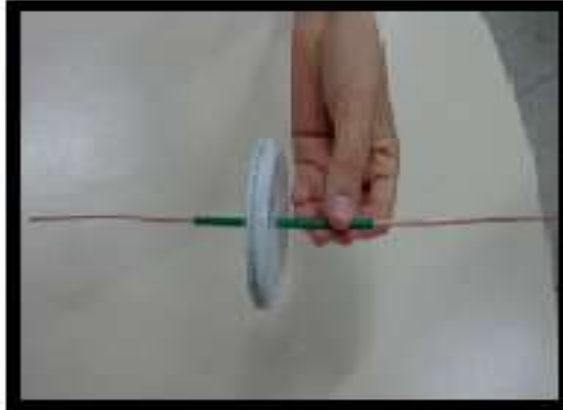


Figura 4 – Fixando o fio de cobre na tampa.
Fonte: Acervo do pesquisador.

Depois de suas extremidades estarem desencapadas, ainda utilizando o alicate entorta-se a parte inferior descoberta do fio em forma de jota, como mostra a figura 5.

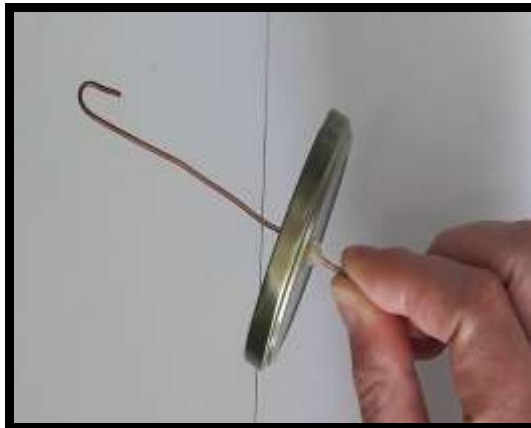


Figura 5 – Dobrando o fio em forma de J.
Fonte: Acervo do pesquisador.

Então na parte superior fixe uma bolinha de papel alumínio, como indicado na figura 6.



Figura 6 – Encaixando a bolinha de papel alumínio.
Fonte: Acervo do pesquisador.

A.3.2.3 Fixando o Fio na Tampa

Feitas essas etapas, é necessário fixar o fio na tampa do pote. Para isso utiliza-se cola quente. Passe a cola nas partes em que o fio encontra a tampa, tanto na parte de dentro quanto na de fora como mostra a figura 7.



Figura 7 – Fixando o fio na tampa.
Fonte: Acervo do pesquisador.

A.3.2.4 Finalizando

Para finalizar, corta-se um pedaço de papel alumínio aproximadamente 8 cm de comprimento e 1,5 cm de largura, (depende da altura do pote, o papel não pode encostar no fundo), depois dobre-o no meio e corte as bordas, deixando-as arredondadas. Essas folhinhas de papel alumínio vão ser penduradas na parte inferior do fio como indicada na figura 8.

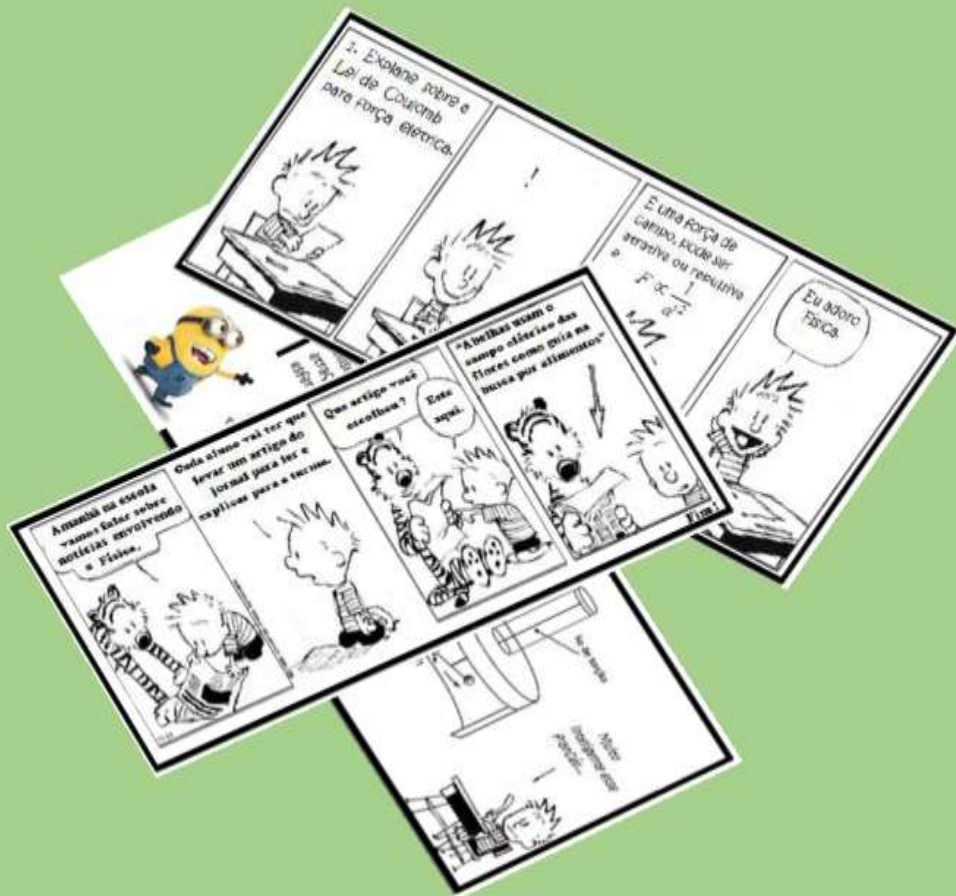


Figura 8 – Cortando as folhas de papel alumínio e finalizando o eletroscópio.
Fonte: Acervo do pesquisador.

A.4 TEXTO ILUSTRADO DE ELETROSTÁTICA

INTRODUÇÃO ILUSTRADA À

ELETROSTÁTICA



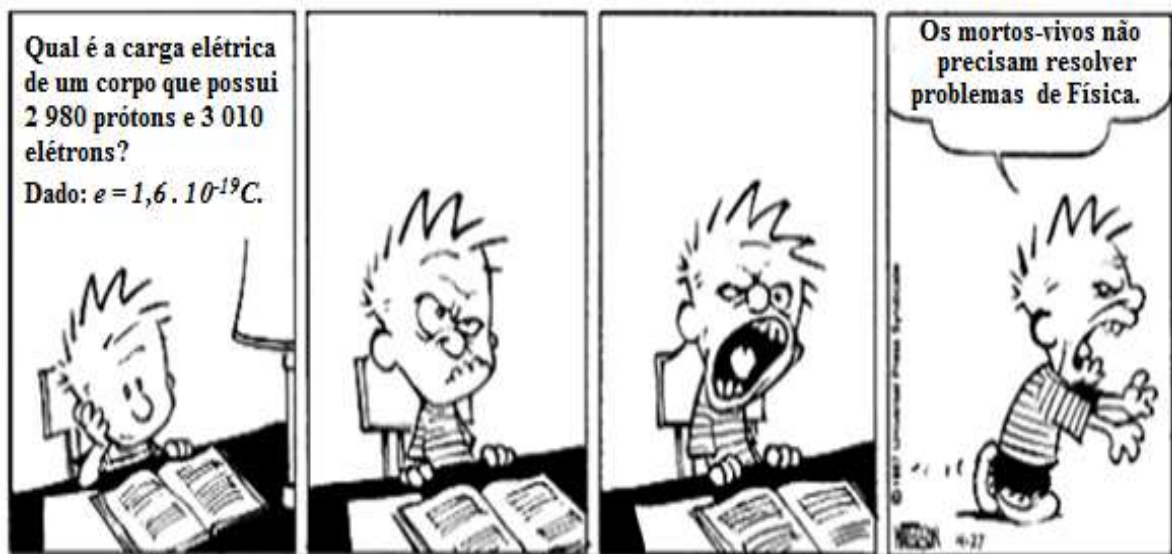
Silvio Marcos Pilatti
Adriana da Silva Fontes
Fernanda Peres Ramos

UTFPR – CM

A.4.1 Capítulo 1

CAPÍTULO 1

CARGA ELÉTRICA E PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO



Observação ...
Calvin precisa urgente de café.



Silvio Marcos Pilatti
Adriana da Silva Fontes
Fernanda Peres Ramos

Eletrostática em Quadrinhos

Calvin e

Bob
em

Eletrizante



Um pouco de história...

De acordo com a história, Tales de Mileto, por volta do século VI a.C., teria sido a primeira pessoa a observar fenômenos elétricos e a tentar dar-lhes alguma explicação científica.



Tales teria verificado que um pedaço de âmbar (resina vegetal) adquiria o estranho poder de atrair fragmentos de objetos leves ao ser esfregado em algum tecido.

** Em grego, âmbar é elétron. Foi a partir dessa palavra que surgiram os termos elétron, eletricidade e seus derivados.*

Continuando...

A segunda fase da história da eletricidade começou com William Gilbert (1544-1603), contemporâneo de Galileu. Gilbert foi considerado pelo físico italiano o criador do método experimental.

Sempre gostei de história.



Ele retomou as experiências de Tales verificando que, além do âmbar, vários outros corpos podiam ser eletrizados por atrito, adquirindo a capacidade de atrair pequenos objetos.

Veja!
A ciência é uma construção humana...





Mais um pouco de história...

Foi o físico alemão Otto Von Guericke (1602-1686) que, reproduzindo as experiências de Gilbert, constatou haver duas espécies de "corpos elétricos"...

Estou de boa !... O que ele quer dizer?

pois, ao mesmo tempo que atraem objetos leves, alguns desses corpos se atraem mutuamente, enquanto outros se repelem, após serem atritados.

Estou de boa !


As primeiras explicações...

Vou anotar tudo! Pode cair na prova.

Na Continuidade dos estudos sobre fenômenos elétricos, surge a seguir o nome do físico inglês Stephen Gray (1686-1736). Ele verificou que a eletricidade dos corpos pode ser conduzida por meio de fios ligando os corpos.

Em suas experiências, Gray percebeu que alguns dos fios conduziam bem a eletricidade e chamou-os de condutores. Aos que não conduziam ou conduziam mal a eletricidade deu o nome de isolantes.

*Entre os condutores, estão os metais, como o cobre, o ferro, o alumínio; entre os isolantes, destacam-se entre outros, a seda, a madeira, o enxofre, a lã, o vidro e a borracha.



Continuando a aula ...

Inúmeras experiências realizadas pelo físico francês Charles Du Fay (1698-1739) mostraram que, entre os materiais, havia basicamente dois comportamentos diferentes.

Tomando-se um mesmo material (a lã, por exemplo), bastões de vidro comportavam-se de modo diverso dos de resina, como o âmbar. Após o atrito, dois bastões de vidro repeliam-se, enquanto um bastão de vidro e um de resina atraíam-se.

Estudar Física assim é muito legal! Estou aprendendo muito...

Continua...



Como é bom saber de onde vem todo o conhecimento que temos hoje !!!

Prosseguindo...

Repetindo os procedimentos com outros materiais, Du Fay verificou que alguns comportavam-se como o vidro e outros comportavam-se como a resina.

Devido a estes fatos, propôs que deveriam existir dois tipos de eletricidade: a do vidro, que chamou de eletricidade vítrea, e a da resina, que chamou de eletricidade resinosa.

Das experiências de Du Fay originou-se o chamado princípio da atração e repulsão.

"Corpos com eletricidades de mesmo tipo se repelem e corpos com eletricidades de tipos diferentes se atraem."



Benjamin Franklin !!!

O cientista norte-americano Benjamin Franklin (1706-1790) foi quem criou os termos eletricidade positiva - para designar a eletricidade vítrea - e eletricidade negativa para designar a eletricidade resinosa.

Essa troca de nomes teve em vista a teoria do fluido elétrico que ele elaborou. Segundo essa teoria, um corpo neutro possui uma quantidade normal de fluido elétrico, não manifestando nenhuma propriedade elétrica.

Legal!



Continua...

Havendo excesso desse fluido, o corpo comporta-se como o vidro atritado em lã, tendo eletricidade positiva (fluido elétrico a mais). Se o corpo apresentar falta do fluido, comporta-se como a resina atritada em lã, apresentando eletricidade negativa (fluido elétrico a menos).

Que perigo...

Há inúmeras outras contribuições de Franklin à Física. A mais conhecida é a invenção do para-raios, que se originou da *perigosa* experiência que fez, empinando um pipa de papel num dia de tempestade.



Bob!!!
O que sabemos hoje?

Boa pergunta
Calvin.



Tudo começou
com o elétron...

Preciso de ajuda na
minha tarefa. O que é
um elétron?



Em casa...

É uma partícula
elementar.



A ideia do fluido elétrico e dos tipos de eletricidade permaneceram por muito tempo, e a ciência da eletricidade desenvolveu-se bem, sem que se soubesse a real natureza dos fenômenos elétricos.



Apenas a partir de 1887, com a descoberta do elétron, partícula elementar constituinte da matéria, é que se pode começar a explicar o que acontecia de fato quando um corpo se eletrizava.



Oi !!!

Eu sou o elétron

Tenho carga elétrica negativa, aproximadamente $-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

A minha massa é muito pequena, aproximadamente $9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

Me movo na eletrosfera, uma região em torno do núcleo do átomo onde estão os prótons e os nêutrons.

A partir de agora, vocês irão me conhecer um pouco melhor.

Bom estudo !



Todos os corpos são constituídos por átomos...

Átomo ?



"Os átomos são partículas infinitamente pequenas que constituem toda a matéria no universo. Ao longo do tempo, a ideia de como seria a estrutura atômica foi mudando de acordo com as novas descobertas feitas pelos cientistas."

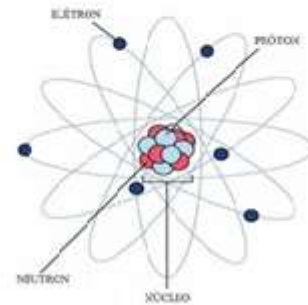
Legal...





Continuando...

O modelo planetário do átomo, apresentado em 1911 por Ernest Rutherford (1872-1937), admite que cada átomo possui um núcleo central, constituído de nêutrons — partículas sem carga elétrica — e prótons — partículas portadoras de carga elétrica positiva. Em torno do núcleo, existe a eletrosfera, formada de elétrons — partículas portadoras de carga elétrica negativa —, que giram ao redor do núcleo. O átomo é eletricamente neutro, por possuir prótons e elétrons em quantidades iguais.



Tem mais,
veja...



... são os elétrons que podem se movimentar de um corpo para outro, portanto, a eletrização de um objeto é devida a um excesso de elétrons ou a uma falta de elétrons, considerando-o inicialmente neutro.

O corpo com excesso de elétrons está negativamente eletrizado ou apresenta quantidade de carga elétrica negativa.

Aquele com falta de elétrons está eletrizado positivamente ou apresenta quantidade de carga elétrica positiva.


É interessante
notar que...



... a eletricidade ou carga elétrica positiva, que corresponderia a um excesso de fluido elétrico, na verdade corresponde a uma falta de elétrons...

enquanto a eletricidade ou carga elétrica negativa, que corresponderia a uma falta de fluido elétrico, corresponde, na realidade, a um excesso de elétrons.

Tome nota disso,
é muito importante !



Corpo neutro: possui o número de elétrons igual ao número de prótons.

Corpo carregado negativamente: possui o número de elétrons maior do que o número de prótons.

Corpo carregado positivamente: possui o número de elétrons menor do que o número de prótons.

A carga elétrica do próton é positiva e igual a $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

A carga elétrica do elétron é negativa e igual a $-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$


Importante !

Massa do elétron: $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Massa do próton: $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

A massa do nêutron é praticamente igual a massa do próton....

**Elétrons e prótons tem cargas iguais em módulo.*



Estou anotando tudinho...

Importante...

O módulo dessas Cargas Costuma ser denominado Carga elétrica elementar (**e**), Valendo, portanto:

$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$


A carga elétrica não existe em quantidades contínuas, sendo sempre múltipla da Carga elementar **e**...

* A unidade de medida para Carga elétrica é o Coulomb (C), em homenagem ao físico francês Charles A. Coulomb.

Como um corpo eletrizado está sempre com excesso ou falta de um certo número **n** de elétrons, o módulo de sua carga **Q** é múltiplo inteiro da carga elementar:

$Q = n \cdot e$

Dizemos que a carga elétrica é quantizada !!!



Princípio da quantização

Vamos analisar um exemplo...

(Unicatu-SP) Uma esfera metálica tem carga elétrica negativa de valor igual a $3,2 \cdot 10^{-4} \text{ C}$. Sendo a carga do elétron igual a $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, determine o número de elétrons em excesso na esfera.

Resolução

Vamos isolar n na expressão $Q = n \cdot e$:

Dados:

$$Q = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ C}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$n = ?$$

$$Q = n \cdot e \Rightarrow n = \frac{Q}{e}$$

Substituindo os dados na expressão, teremos:

$$n = \frac{Q}{e} \quad n = \frac{3,2 \cdot 10^{-4}}{1,6 \cdot 10^{-19}}$$

$$n = 2 \cdot 10^{25} \text{ elétrons}$$

Não parece complicado !



Faizamos bastante em carga elétrica. Mas não compreendi o que ela é...



É uma propriedade inerente (faz parte) de algumas partículas elementares, como os elétrons e os prótons, fazendo com que elas interajam entre si com uma força de natureza elétrica...

Obs: Esta é uma explicação básica para a física clássica, é a eletrodinâmica quântica que descreve melhor o que vem a ser a carga elétrica...

Preste atenção! Vou tentar esclarecer.





Muita atenção ...

Quando atritamos dois corpos distintos, eletricamente neutros e que possuam uma facilidade mínima de ganhar ou perder elétrons, eles serão eletrizados...

Se observarmos a série triboelétrica, quando um pano de lã é esfregado num bastão de vidro, verifica-se a passagem de elétrons do vidro para a lã...



...logo o bastão de vidro fica eletrizado positivamente, por ter perdido uma quantidade de elétrons, e a lã fica eletrizada negativamente, por tê-los recebido.



A série triboelétrica, é uma tabela que ordena alguns materiais de acordo com a sua facilidade de perder elétrons.

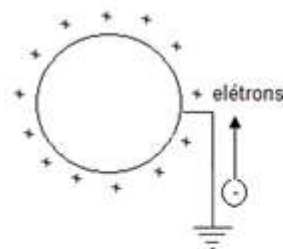


O algodão ficará eletrizado negativamente, se for atritado com o vidro, e eletrizado positivamente, se for atritado com qualquer material que esteja abaixo dele na tabela.

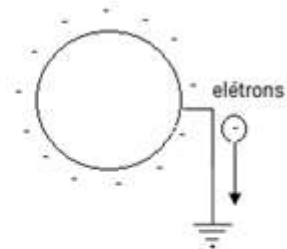
Substância
Vidro
Mica
Lã
Pele de gato
Seda
Algodão
Ebonite
Cobre
Enxofre
Celulósido

Uma observação importante...

Um condutor eletrizado perde sua eletrização (descarrega-se) ao ser ligado à terra.



Representação de aterramento de condutor eletrizado positivamente.



Representação de aterramento de condutor eletrizado negativamente.

Eletrização por contato...

Outra maneira simples de se eletrizar um corpo é a eletrização por contato.



Quando dois corpos são encostados ou ligados por fios, pode haver passagem de elétrons de um para o outro.

Para que se realize esse tipo de eletrização, os corpos e os fios devem ser condutores.

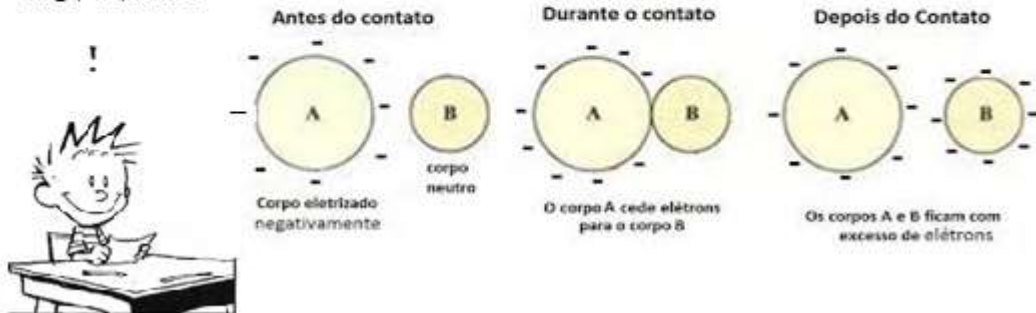
Parece simples!



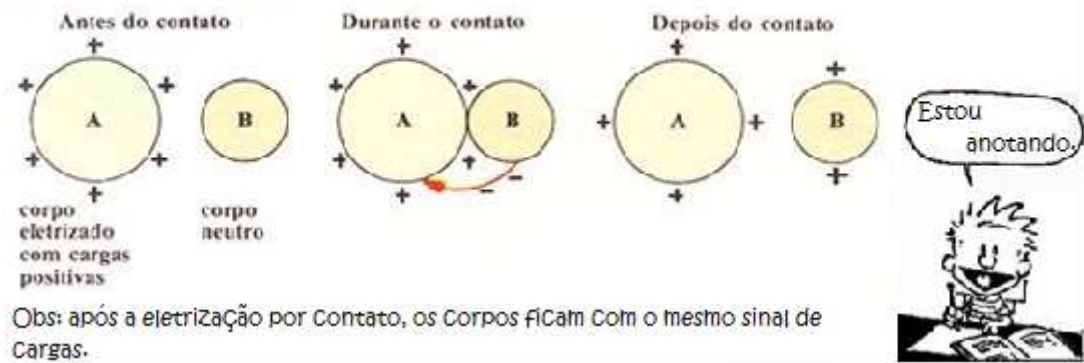
Continua...

Por exemplo:

...se um corpo eletrizado negativamente (excesso de elétrons) é encostado em outro, neutro, parte de seus elétrons passará para este, que também ficará eletrizado negativamente.



...se esse primeiro corpo estivesse eletrizado positivamente (falta de elétrons), ele retiraria elétrons do corpo neutro, de maneira que ambos ficariam com falta de elétrons e, portanto, eletrizados positivamente.



Mais um princípio da eletrostática...

A carga se conserva: A carga total, ou seja, a soma da negativa com a positiva, não pode mudar em um sistema isolado.

$$\sum_{inicial} Q = \sum_{final} Q'$$

ou

$$Q_A + Q_B + \dots + Q_N = Q'_A + Q'_B + \dots + Q'_N$$

Antes Depois

São equivalentes!



Quando um bastão de vidro neutro eletrizou-se, passando na lã, a carga negativa gerada na lã equivale à positiva no bastão.

* O símbolo \sum , esta indicando soma.

Se Considerarmos dois condutores, A e B, com as mesmas dimensões, a carga final de cada um após o contato é dada pela expressão:

$$Q_F = \frac{Q_A + Q_B}{2}$$

Obs: A carga elétrica é distribuída na superfície dos condutores... logo para dimensões maiores, maior a quantidade de carga.

Se os condutores, A e B, tiverem diferentes dimensões, a carga final de cada um será dada pela expressão:

$$Q_A = \frac{R_A}{R_A + R_B} (Q_A + Q_B)$$

e

$$Q_B = \frac{R_B}{R_B + R_A} (Q_B + Q_A)$$

Atenção !!!

$$Q_F = \frac{Q + 2Q}{2}$$



Vamos analisar um exemplo...

Um corpo eletrizado com carga $Q_A = -5 \cdot 10^{-9} \text{C}$ é colocado em contato com outro corpo com carga $Q_B = 7 \cdot 10^{-9} \text{C}$. Qual é a carga dos dois objetos após ter sido atingido o equilíbrio eletrostático?

I Love Physics.



Resolução

Dados:

$$Q_A = -5 \cdot 10^{-9} \text{C}$$

$$Q_B = 7 \cdot 10^{-9} \text{C}$$

$$Q = ?$$

Substituindo os dados:

$$Q = \frac{Q_A + Q_B}{2}$$

$$Q = \frac{-5 \cdot 10^{-9} + 7 \cdot 10^{-9}}{2}$$

$$Q = \frac{2 \cdot 10^{-9}}{2}$$

$$Q = 1 \cdot 10^{-9} \text{C}$$

Mas...



É possível criar pares de cargas a partir de **nada !!!**

De nada ... salvo a energia necessária, óbvio!

Logo agora que eu achei que tudo estava fazendo sentido. Droga...

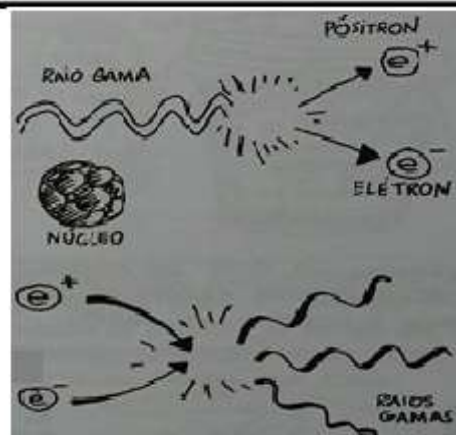


Isso pode acontecer quando um raio Gama, uma radiação de energia muito alta, passa perto de um núcleo.

Ele, o Gama, pode desaparecer, dando lugar a um par de partículas de cargas opostas, um elétron, negativo, e um pósitron, que é como um elétron positivo.

Da mesma forma, esses dois poderiam se aniquilar reciprocamente, ao se encontrarem, dando origem a raios Gama.

"No entanto, processo físico algum pode criar uma carga só !!"



*O pósitron é a anti-partícula do elétron...

Eletrização por indução...

Quando um corpo carregado é aproximado de um condutor neutro, ocorre o fenômeno da indução eletrostática, que provoca a separação das cargas do corpo neutro.



Ótima observação !!!

Bob! Não tem nenhuma figura como representação?



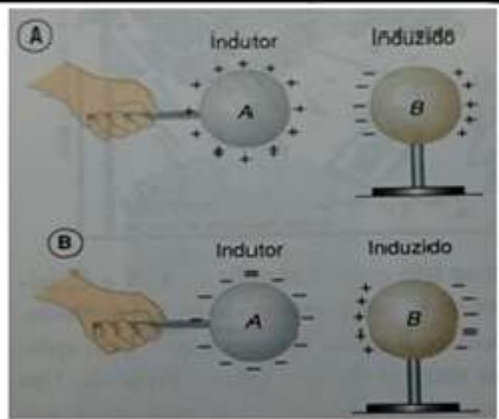
Continuando...

Prosseguindo! observe...



As figuras ao lado ilustram o fenômeno de indução em duas situações:

- quando a carga do corpo carregado (chamado indutor) é positiva (figura A), e
- quando o corpo carregado tem carga negativa (figura B).




tem mais...

... na parte mais próxima (proximal) do Condutor inicialmente neutro (Chamado induzido), desenvolvem-se Cargas de sinal Contrário à do Corpo Carregado e, na parte mais distante (distal), Cargas de mesmo sinal.

... Isso acontece porque a Carga do Indutor exerce ação de atração ou de repulsão sobre os elétrons do induzido. Em ambas as situações, a separação de Cargas desaparece quando o indutor é afastado, isto é, o Condutor readquire seu estado inicial.

É simples!



Susie, você quer aprender sobre indução eletrostática!

É a separação das Cargas por indução ... O fenômeno da indução explica...

Eu não quero estudar Calvin.

Deve ser deprimente atravessar a vida sem propósito.

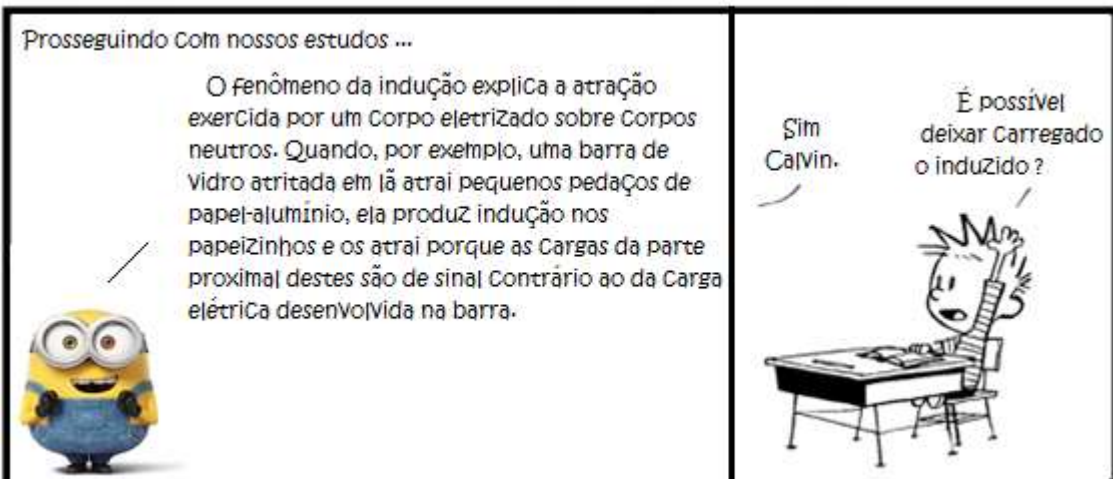


Prosseguindo com nossos estudos ...

O fenômeno da indução explica a atração exercida por um corpo eletrizado sobre corpos neutros. Quando, por exemplo, uma barra de vidro atritada em lã atrai pequenos pedaços de papel-alumínio, ela produz indução nos papelzinhos e os atrai porque as Cargas da parte proximal destes são de sinal contrário ao da carga elétrica desenvolvida na barra.

Sim Calvin.

É possível deixar carregado o induzido?



Ótima pergunta Calvin !!!


Vejamos...

Uma maneira de deixar permanentemente Carregado o induzido é ligá-lo à terra, antes de afastar o indutor.

Essa ligação pode ser feita simplesmente encostando o dedo no induzido: elétrons do induzido escoam-se para a terra ou elétrons da terra dirigem-se para o induzido.

Desfazendo a ligação com a terra e, em seguida, afastando o indutor, teremos o induzido Carregado com carga elétrica de sinal contrário à carga elétrica do indutor.

Obs: após a eletrização por indução eletrostática, os corpos ficam com cargas de sinais opostos.



Viva!!! Encerramos aqui o primeiro Capítulo de nossos estudos sobre eletrostática

Espero que tenham gostado...

Para o próximo encontro...

Aqui diz que o próximo encontro é sobre a Lei de Coulomb !!!

Força elétrica !!!



Fim !!!

A.4.2 Capítulo 2

CAPÍTULO 2

FORÇA ELÉTRICA



HeHe... O Calvin não tem jeito mesmo...




Silvio Marcos Pilatti
Adriana da Silva Fontes
Fernanda Peres Ramos

Eletrostática em Quadrinhos

Calvin e
Bob
em

Coulomb x Newton



Esperto? Coulomb teria que perder 60 pontos de QI pra ser considerado esperto?

Medidas precisas feitas por Charles Coulomb (1736-1806) mostraram que as forças elétricas decrescem com o quadrado da distância, tanto quanto a gravidade. A Lei de Coulomb para a eletrostática se parece muito com a Lei de Newton para a gravitação.

* Sheldon Cooper físico teórico da série "The Big Bang Theory".

" Por que razão uma interação muitas ordens de grandeza mais forte do que a gravitacional só foi investigada muito depois desta e não se manifesta de forma mais diretamente perceptível?

A razão é que, enquanto a força gravitacional é sempre atrativa, as forças elétricas podem ser tanto atrativas como repulsivas. O análogo da massa gravitacional, a carga elétrica, manifesta-se de duas formas diferentes, que convençamos chamar de *positiva* ou *negativa*, levando à possibilidade de atração ou repulsão, e a matéria é normalmente neutra, cancelando os efeitos das interações elétricas."



(NUSSENZVEIG, 1997, v.3, p. 3)

Vamos iniciar com a força Coulombiana...



Algo fascinante para a época!

...hora de esclarecer...

Realizando experiências com um dispositivo chamado balança de torção, o físico francês Charles Augustin de Coulomb conseguiu medir a intensidade de forças de atração e de repulsão entre duas pequenas esferas carregadas eletricamente

Analisando os resultados obtidos, Coulomb estabeleceu a lei que leva o seu nome.

"Lei de Coulomb"

Muito inteligente esse francês...

Observe a figura abaixo...

Atração

Q_1 F_e Q_2

d

Cargas de sinais contrários

Repulsão

Q_1 F_e Q_2

d

Cargas de mesmo sinal

A força elétrica pode ser atrativa ou repulsiva!

* Cargas de sinais contrários atraem-se e, Cargas de sinais iguais repelem-se.

Revisando o Princípio da Atração e Repulsão...

Assim fica fácil!!!!

ATRAÇÃO SINAIS OPOSTOS

REPULSÃO MESMO SINAL

Lembre-se...

... a força elétrica é uma força de campo, ou seja, as cargas elétricas interagem entre si mesmo à distância.

Fonte: Gonick, L., e Huffman, A., Introdução ilustrada à Física, São Paulo: HARBRA, 1994. p. 108.

* Mais adiante, veremos que essa interação a distância só é possível graças a uma região do espaço em torno das cargas, chamada de campo elétrico.

SEM SINAL!

Continuando...

Ele verificou que as forças elétricas apresentavam intensidades diretamente proporcionais aos módulos das cargas dos corpos que estavam interagindo e inversamente proporcionais ao quadrado da distância entre seus centros.

Expressando matematicamente a Lei de Coulomb, temos:

$$F = k \frac{Q_A Q_B}{d^2}$$

Onde estão os números? Isso é uma sopa de letrinhas...



Para concluir...

Calma Calvin !!!
Vou lhe explicar.



$$F = k \frac{Q_A Q_B}{d^2}$$

Cada "letra" na expressão matemática, representa uma grandeza física...

Legenda:

F: força elétrica entre as cargas elétrica A e B;

k: constante eletrostática (no vácuo o seu valor é aproximadamente $9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$);

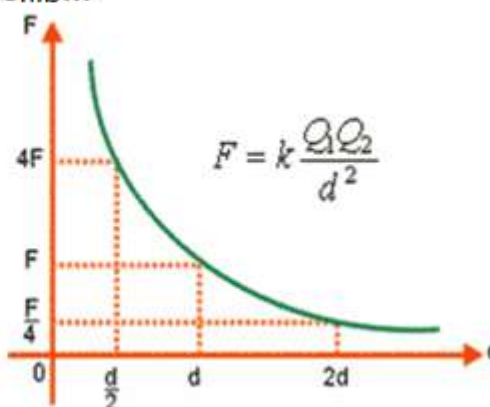
d: distância entre as cargas elétricas;

Q_A e Q_B : cargas elétricas.

Representação gráfica da lei de Coulomb...

Representando a força de interação elétrica em função da distância entre duas cargas puntiformes, obtemos uma hipérbole cúbica ou equilátera.

Obs: Cargas puntiformes, possuem dimensões desprezíveis.



Vamos analisar um exemplo:

Duas Cargas pontuais, no vácuo ($K = 9 \cdot 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$), $q_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ e $q_2 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, estão separadas por uma distância de 10 cm. Nessas condições, a intensidade da força repulsiva entre elas é:

- a) 2,7 N
b) 3,3 N
c) 4,8 N
d) 5,4 N
e) 6,5 N

Dados:

$$K = 9 \cdot 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$$

$$q_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_2 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$d = 10 \text{ cm.}$$

$$F = ? \quad \rightarrow \quad 1 \cdot 10^{-1} \text{ m}$$

$$F = k \frac{q_1 q_2}{d^2}$$



Continuando...

Substituindo os dados na expressão $F = k \frac{q_1 q_2}{d^2}$, teremos:

$$F = 9 \cdot 10^9 \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{(1 \cdot 10^{-1})^2}$$

$$F = 9 \cdot 10^9 \frac{6 \cdot 10^{-12}}{1 \cdot 10^{-2}}$$

$$F = 9 \cdot 10^9 \cdot 6 \cdot 10^{-10}$$

$$F = 54 \cdot 10^{-1}$$

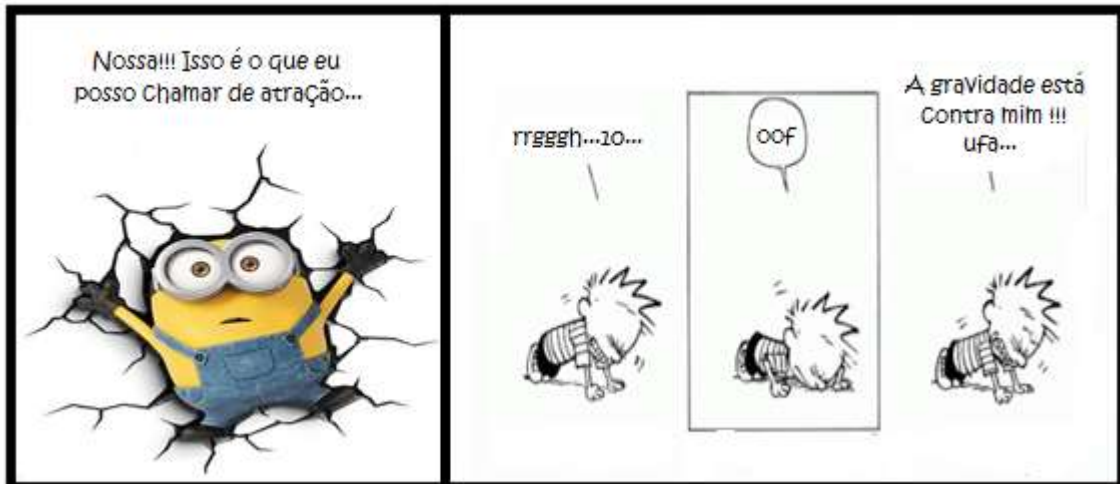
$$\therefore \boxed{F = 5,4 \text{ N}}$$

Vou ter que revisar a matemática básica...



Agora é a vez da força Newtoniana...

A Terra exerce uma atração sobre os objetos que estão sobre sua superfície. O físico inglês Isaac Newton (1643-1727) se deu conta de que esta força se estendia até a Lua e produzia a aceleração centrípeta necessária para manter a Lua em órbita. O mesmo acontece com o Sol e os planetas. Então Newton formulou a hipótese da existência de uma força de atração universal entre os corpos em qualquer parte do Universo.



... assim Newton enunciou...

Dois corpos atraem-se com forças proporcionais a suas massas e inversamente proporcionais ao quadrado da distância entre seus centros.

Matematicamente, temos:

$$F = G \frac{Mm}{d^2}$$

Representação gráfica da lei de Newton...

Representando a força de interação gravitacional em função da distância entre duas massas, obteremos como gráfico uma hipérbole cúbica.

Me parece familiar.

Dando nome as letras...

Como na Lei de Coulomb, cada letra na expressão matemática representa uma grandeza física.



$$F = G \frac{Mm}{d^2}$$

Legenda:

F: força gravitacional;

M e m: massas;

d: distância entre o centro dos corpos;

G: constante gravitacional.

$$(G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2)$$

Vamos analisar um exemplo:

Um melão de massa 2 kg e uma melância de massa 5 kg, estão separados por uma distância de 10 cm. Nessas condições, a intensidade da força de atração gravitacional entre elas é: (Dado: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$)

- a) $6,67 \cdot 10^{-9}$
 b) $6,67 \cdot 10^{-8}$
 c) $6,67 \cdot 10$
 d) $6,67 \cdot 10^9$
 e) $6,67 \cdot 10^8$

Resolução

Dados:

$$\begin{aligned} m &= 2 \text{ kg} \\ m &= 5 \text{ kg} \\ d &= 10 \text{ cm} \rightarrow 1 \cdot 10^{-1} \text{ m} \\ G &= 6,67 \cdot 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2 \\ F &= ? \end{aligned}$$

$$F = G \frac{Mm}{d^2}$$



Continuando...

Substituindo os dados na expressão $F = G \frac{m \cdot m}{d^2}$, teremos:

$$F = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{2 \cdot 5}{(1 \cdot 10^{-1})^2}$$

$$F = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 10 \cdot 10^2$$

$$F = 66,7 \cdot 10^{-9}$$

$$F = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{10}{1 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{F = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ N}}$$

Eu preciso resolver mais exemplos.



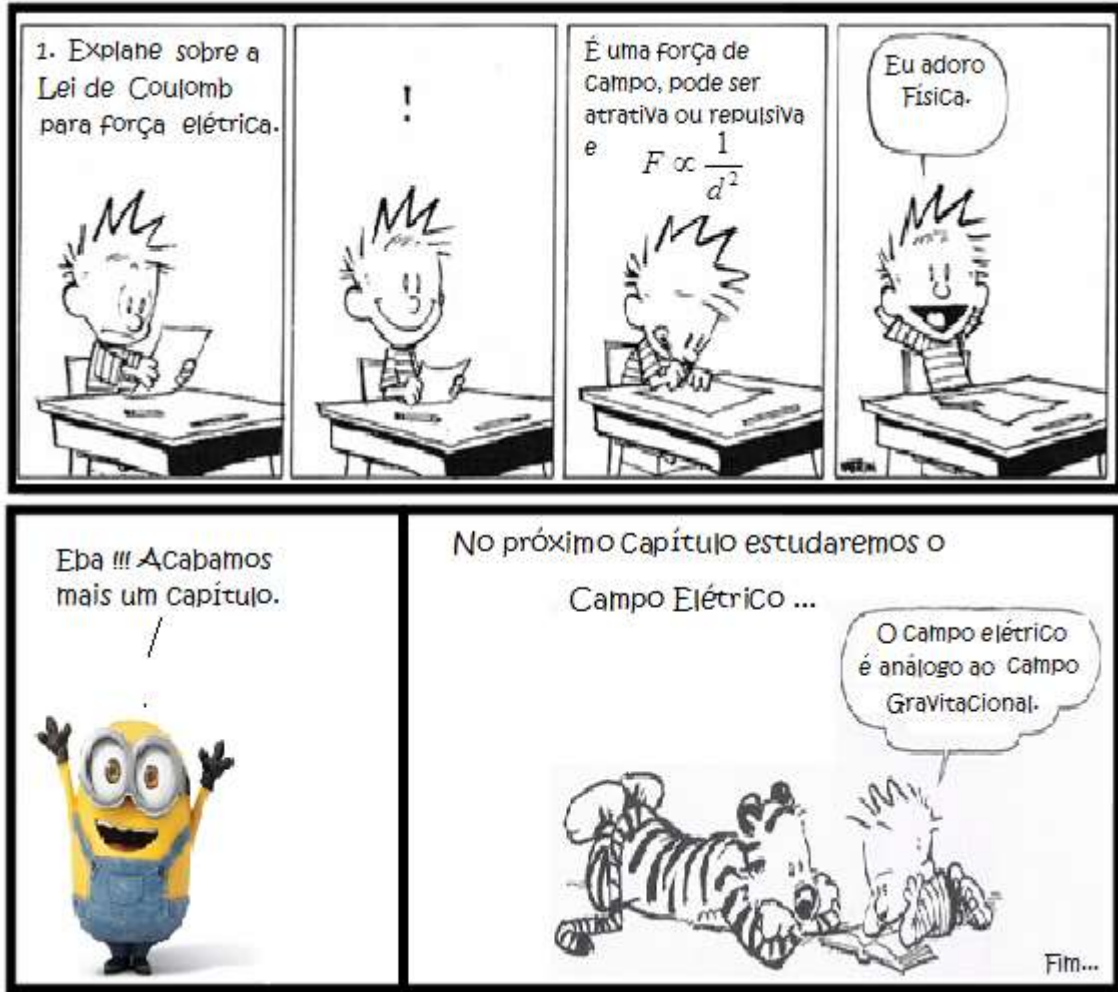
Recapitulando...

As forças Coulombiana e Newtoniana são análogas, pois:

- As duas são forças de campo;
- As duas são forças proporcionais ao inverso do quadrado da distância.

Mas atenção: A força elétrica pode ser atrativa ou repulsiva, enquanto a força gravitacional é apenas atrativa.





A.4.3 Capítulo 3

CAPÍTULO 3

CAMPO ELÉTRICO



O Calvin é muito folgado ... Desse jeito ele não passa em Física.

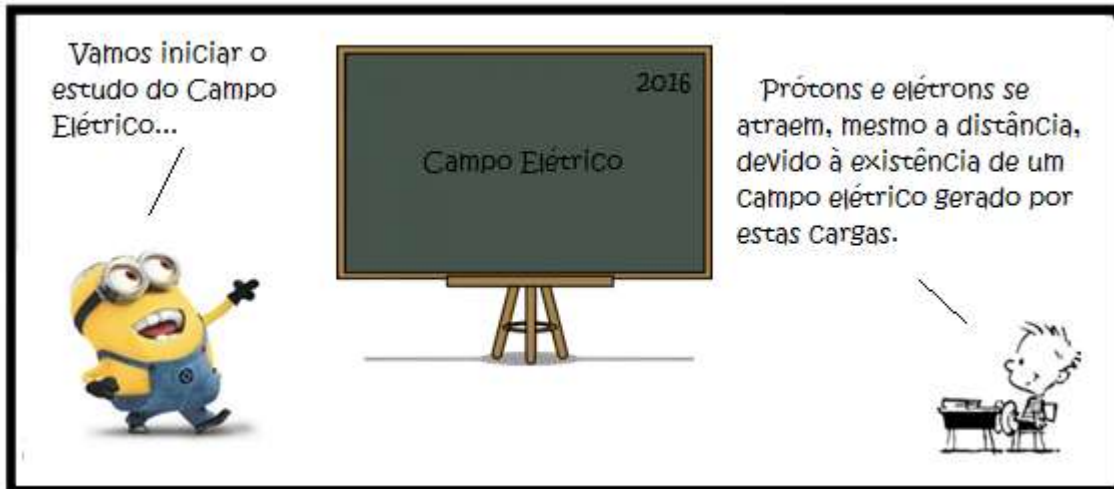


Silvio Marcos Pilatti
Adriana da Silva Fontes
Fernanda Peres Ramos

Eletrostática em Quadrinhos

Calvin e
Bob
em

Campo de Força



Mas é claro! você já sabia disso...

Na natureza, um dos tipos mais comuns de força são as forças de campo. O efeito dessas forças pode ser sentido mesmo a distância, ainda que não haja contato entre os corpos. Um modelo que se mostrou extremamente eficiente para explicar a ação de tais forças é o modelo de campo.



Vamos usar uma analogia com a Força Gravitacional...



A Terra exerce uma força sobre a Lua, um corpo a milhares de quilômetros de distância. De forma semelhante, uma carga elétrica exerce forças sobre outras cargas espacialmente separadas dela.

Essas forças cruzam o espaço mais rápido que um viciado em cafeína, louco para tomar o cafezinho da manhã.



Enquanto isso...

PreCiso de ajuda na minha tarefa. O que é um campo elétrico?



É o campo onde os jogadores levam choque.



Talvez eu consiga um ponto por originalidade.



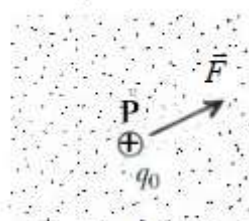
Dizemos que em um ponto do espaço existe um campo elétrico quando uma carga q_0 (carga de prova), colocada nesse ponto, for solicitada por uma força de origem elétrica.



Obs: **Carga de prova** é uma carga elétrica de valor conhecido utilizada para detectar a existência de um campo elétrico.

O campo elétrico \vec{E} em qualquer ponto do espaço é definido em termos da força eletrostática \vec{F} que seria exercida em uma carga de prova positiva q_0 colocada nesse ponto:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$



Obs: Se a carga de prova for negativa, usamos o seu módulo: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{|q_0|}$

Proseguindo ...

Assim o módulo do campo elétrico \vec{E} no ponto P é:

$$E = \frac{F}{q_0}$$

Qual é a intensidade da força elétrica sentida por q_0 ?

Onde:

E: intensidade do campo elétrico;

F: força elétrica;

q_0 : carga de prova.



Eu isolo a força F e escrevo $F = E \cdot q_0$

Vamos praticar...

(UNISEP) Em um ponto de um campo elétrico, o vetor campo elétrico tem direção horizontal, sentido da direita para a esquerda, e intensidade 10^5 N/C . Coloque-se, nesse ponto, uma carga puntiforme de $-3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$. Determine a intensidade da força elétrica que atua na carga.

Dados:

$$E = 10^5 \text{ N/C}$$

$$q = -3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$F = ?$$

A força \vec{F} que atua na carga tem intensidade:

$$F = E \cdot |q|$$

$$F = 10^5 \cdot 3 \cdot 10^{-6}$$



$$F = 0,3 \text{ N}$$



Fácil!

Campo Elétrico gerado por cargas puntiformes

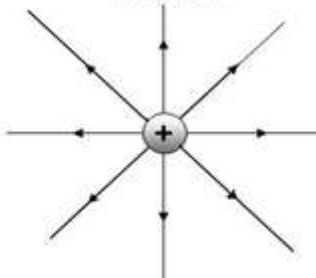


Significa que suas dimensões são desprezíveis.



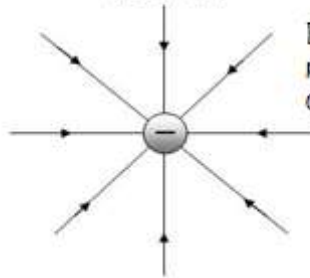
Anote em seu Caderno ...

POSITIVA



"na carga positiva o campo elétrico sai da carga"

NEGATIVA



"na carga negativa o campo elétrico entra na carga"

Olhe aí!
Duas cargas elétricas puntiformes geradoras de campo elétrico



Campo Elétrico e a Lei de Coulomb...

Para determinar o Campo elétrico produzido a uma distância d de uma Carga puntiforme Q , colocamos uma Carga de prova q_0 nesse ponto. De acordo com a Lei de Coulomb, o módulo da força eletrostática que age sobre q_0 é dado por

$$F = K \frac{Qq_0}{d^2} \quad (\text{I})$$

$$F = E \cdot q_0 \quad (\text{II})$$

Substituindo II em I e cancelando q_0 , teremos:

$$E q_0 = K \frac{Qq_0}{d^2} \Rightarrow E \cancel{q_0} = K \frac{Q\cancel{q_0}}{d^2} \Rightarrow \boxed{E = K \frac{Q}{d^2}}$$

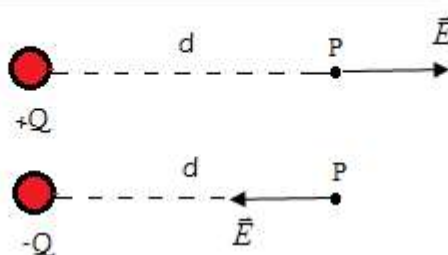
Temos que melhorar isso.



$$\boxed{E = K \frac{|Q|}{d^2}}$$

Legenda:

- |E|: módulo do vetor campo elétrico;
- K: constante eletrostática do meio;
- |Q|: módulo da carga elétrica "geradora";
- d: distância entre a carga e um ponto considerado.



Uma análise vetorial é bem importante...



Atividade para praticar ...

(PUC) Os pontos de uma determinada região do espaço estão sob ação única de uma Carga positiva pontual Q . Sabe-se que em um ponto P, distante 2 m da Carga Q , a intensidade do Campo elétrico é igual a $1,8 \cdot 10^4$ N/C. Determine o Valor da Carga elétrica Q .

Dado: $K_0 = 9 \cdot 10^9$ N.m²/C²

Vamos resolver um problema para fixar...



Observe com atenção...

Dados:

$$\begin{aligned} d &= 2\text{m} \\ E &= 1,8 \cdot 10^4 \text{ N/C} \\ K &= 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \\ Q &=? \end{aligned}$$

Nunca vi
tanto
número...



Vamos isolar Q :

$$E = K \frac{Q}{d^2}$$

$$E d^2 = K Q$$

Logo, teremos

$$Q = \frac{E d^2}{K}$$

Substituindo os dados na expressão:

$$Q = \frac{1,8 \cdot 10^4 \cdot 2^2}{9 \cdot 10^9}$$

$$Q = \frac{7,2 \cdot 10^4}{9 \cdot 10^9}$$

$$Q = 0,8 \cdot 10^4 \cdot 10^{-9}$$

Portanto: $Q = 8 \cdot 10^{-5} \text{ C}$

As linhas de campo são muito importantes para representar as características do vetor campo elétrico.



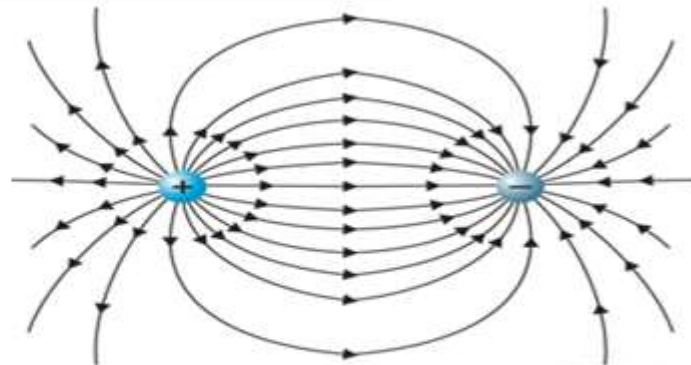
Linhas de Campo Elétrico

O cientista inglês Michael Faraday, que introduziu a ideia de campos elétricos no século XIX, imaginava que o espaço nas vizinhanças de um corpo eletricamente carregado era ocupado por *linhas de força*. Embora não se acredite mais na existência dessas linhas, hoje conhecidas como *linhas de campo elétrico*, elas são uma boa maneira de visualizar os campos elétricos.

A imaginação
é tudo!

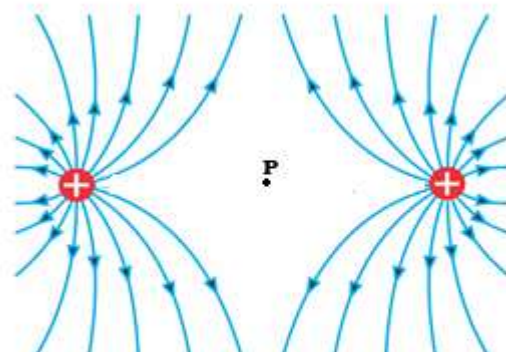


Observando o Dipolo Elétrico, podemos notar as linhas de campo saindo da carga positiva e indo em direção a carga negativa.



Obs: Dipolo Elétrico é o par de Cargas elétricas de mesmo valor porém de sinais Contrários.

A figura ao lado mostra as Linhas de Campo para duas Cargas pontuais positivas iguais. As Cargas se repelem. As linhas terminam em Cargas negativas distantes.



Obs: O Campo Elétrico no ponto P é nulo ($E = 0$).

Para partículas pontuais, solitárias e eletrizadas, as linhas de campo são radiais.

As linhas de campo elétrico nunca se cruzam.

O número de linhas de campo que saem da carga positiva é o dobro do número que chega à negativa. Isso ocorre porque o número de linhas de campo em cada partícula deve ser proporcional à sua carga.

Linhas de campo mais próximas indica campo mais intenso...

Em A a densidade de linhas é maior do que em B.

$E_A > E_B$

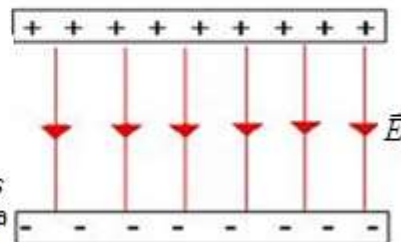


Campo Elétrico Uniforme

Para fechar nossos estudos...



É o caso, por exemplo, do campo elétrico entre duas placas metálicas paralelas, eletrizadas com cargas de sinais contrários. O vetor \vec{E} é constante, perpendicular às placas e orientado da placa positiva para a negativa.



Importante! Tome nota...

As cargas submetidas exclusivamente a campos elétricos uniformes executam movimento uniformemente variado (MUV), já que a aceleração é constante e dada por:

$$a = \frac{qE}{m}$$

Legenda:

- a: aceleração da carga;
- q: carga elétrica;
- E: módulo do vetor campo elétrico;
- m: massa da partícula.

Não me parece tão difícil...



Vamos analisar um exemplo.

(PUC) Uma partícula de massa $2,0 \cdot 10^{-27}$ kg e carga de $4,0 \cdot 10^{-19}$ C é abandonada em um campo elétrico uniforme de intensidade $3,0 \cdot 10^2$ N/C. Determine o valor da aceleração da partícula.

Resolução

Dados:

$$m = 2,0 \cdot 10^{-27} \text{ kg};$$

$$q = 4,0 \cdot 10^{-19} \text{ C};$$

$$E = 3,0 \cdot 10^2 \text{ N/C};$$

$$a = ?$$

Substituindo os dados na expressão $a = \frac{qE}{m}$, teremos:

$$a = \frac{4 \cdot 10^{-19} \cdot 3 \cdot 10^2}{2 \cdot 10^{-27}}$$

$$a = \frac{12 \cdot 10^{-17}}{2 \cdot 10^{-27}}$$

$$a = 6 \cdot 10^{-17} \cdot 10^{27}$$

$$a = 6 \cdot 10^0$$

$$a = 6 \text{ m/s}^2$$

Estou ficando bom...



Amanhã na escola vamos falar sobre notícias envolvendo a Física.



Cada aluno vai ter que levar um artigo do jornal para ler e explicar para a turma.



Que artigo você escolheu?

Este aqui.



"Abelhas usam o campo elétrico das flores como guia na busca por alimentos"



Fim!

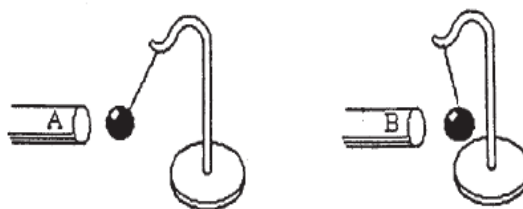
A.5 EXERCÍCIOS PROPOSTOS

A.5.1 Carga Elétrica e Processos de Eletrização

Colégio	
Nomes: _____ _____ _____	Data: ___/___/___
	Turma: _____

Esta atividade tem o objetivo de investigar o seu conhecimento sobre alguns fenômenos que envolvem a Carga Elétrica e os Processos de Eletrização.

1. (UEPI) Um pêndulo eletrostático sofre atração elétrica por um bastão *A* e repulsão elétrica por outro bastão, *B*, conforme indica a figura.



Assinale, entre as alternativas adiante, qual a que melhor representa a relação entre as cargas elétricas dos bastões *A* e *B* e do pêndulo eletrostático.

- O pêndulo pode estar eletricamente neutro.
- Se *A* for eletricamente positivo, o pêndulo pode ser positivo ou neutro.
- Se *A* for negativo, o pêndulo pode ser positivo.
- Se *B* for negativo, o pêndulo pode ser negativo ou neutro.
- A* e *B* podem ter cargas de mesmo sinal e o pêndulo ser neutro.

2. (Vunesp) Em 1990 transcorreu o cinquentário da descoberta dos “chuveiros penetrantes” nos raios cósmicos, uma contribuição da Física brasileira que alcançou repercussão internacional.

O Estado de S. Paulo, 21 out. 1990, p. 30.

No estudo dos raios cósmicos, são observadas partículas chamadas píons. Considere um pión com carga elétrica $+e$ se desintegrando (isto é, se dividindo) em duas outras partículas: um múon com carga elétrica $+e$ e um neutrino. De acordo com o Princípio de Conservação da Carga, o neutrino deverá ter carga elétrica:

- $+e$
- $-e$
- $+2e$
- $-2e$
- nula.

3. (CEFET) Em um corpo de prova mediu-se a carga de $7,209 \cdot 10^{-19} \text{C}$. Baseados no princípio de quantização de carga elétrica, podemos afirmar que:

- a) o corpo está positivamente carregado.
- b) o corpo está negativamente carregado.
- c) o corpo está quase sem carga.
- d) a medida está indicando a carga de vários prótons.
- e) a medida está errada e não merece confiança.

4. (Fatec-SP) Uma pequena esfera metálica está eletrizada com carga de $8,0 \cdot 10^{-8} \text{C}$. Colocando-a em contato com outra idêntica, mas eletricamente neutra, o número de elétrons que passa de uma esfera para outra é: (Dado: carga elementar $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$.)

- a) $4,0 \cdot 10^{12}$
- b) $4,0 \cdot 10^{11}$
- c) $4,0 \cdot 10^{10}$
- d) $2,5 \cdot 10^{12}$
- e) $2,5 \cdot 10^{11}$

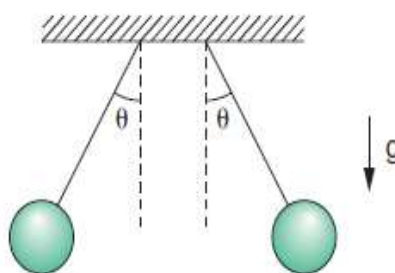
5. (Efoa-MG) Um sistema é constituído por um corpo de massa M , carregado positivamente com carga Q , e por outro corpo de massa M , carregado negativamente com carga Q . Em relação a este sistema pode-se dizer que:

- a) sua carga total é $-Q$ e sua massa total é $2M$.
- b) sua carga total é nula e sua massa total é $2M$.
- c) sua carga total é $-2Q$ e sua massa total é $2M$.
- d) sua carga total é $-Q$ e sua massa total é nula.
- e) sua carga total é nula e sua massa total é nula.

6. (UDESC) Duas esferas idênticas, A e B , feitas de material condutor, apresentam as cargas $+3e$ e $-5e$, e são colocadas em contato. Após o equilíbrio, a esfera A é colocada em contato com outra esfera idêntica C , a qual possui carga elétrica de $+3e$. Assinale a alternativa que contém o valor da carga elétrica final da esfera A .

- a) $+2e$
- b) $-1e$
- c) $+1e$
- d) $-2e$
- e) $0e$

7. (Furg-RS) A figura mostra duas esferas metálicas de massas iguais, em repouso,



suspensas por fios isolantes.

O ângulo do fio com a vertical tem o mesmo valor para as duas esferas. Se ambas as esferas estão eletricamente carregadas, então elas possuem, necessariamente, cargas:

- a) de sinais contrários
- b) de mesmo sinal
- c) de mesmo módulo
- d) diferentes
- e) positivas

8. (Cesgranrio) Um pedaço de cobre eletricamente isolado contém $2 \cdot 10^{22}$ elétrons livres, sendo a carga de cada um igual a $1,6 \cdot 10^{-19}$ C. Para que o metal adquira uma carga de $3,2 \cdot 10^{-9}$ C, será preciso remover, desses elétrons livres, um em cada:

- a) 10^4
- b) 10^{12}
- c) 10^{20}
- d) 10^8
- e) 10^{16}

9. (PUC) Uma esfera metálica tem carga elétrica negativa de valor igual a $3,2 \cdot 10^{-4}$ C. Sendo a carga do elétron igual a $1,6 \cdot 10^{-19}$ C, pode-se concluir que a esfera contém:

- a) $2 \cdot 10^{15}$ elétrons.
- b) 200 elétrons.
- c) um excesso de $2 \cdot 10^{15}$ elétrons.
- d) $2 \cdot 10^{10}$ elétrons.
- e) um excesso de $2 \cdot 10^{10}$ elétrons.

10. (Fafi-MG) Dizer que a carga elétrica é quantizada significa que ela:

- a) só pode ser positiva.
- b) não pode ser criada nem destruída.
- c) pode ser isolada em qualquer quantidade.
- d) só pode existir como múltipla de uma quantidade mínima definida.
- e) pode ser positiva ou negativa.

A.5.2 Força Elétrica

Colégio	
Nomes: _____ _____ _____	Data: ___/___/___
	Turma: _____

Esta atividade tem o objetivo de investigar o seu conhecimento sobre alguns fenômenos que envolvem a Força Elétrica.

1. (ITA) Três cargas elétricas puntiformes estão nos vértices A, B e C de um triângulo retângulo isósceles. Sabe-se que a força que atua sobre a carga localizada no vértice C do ângulo reto tem a mesma direção que a da reta AB. Aplicando-se a Lei de Coulomb a essa situação, conclui-se que:

- as cargas localizadas em A e B são de sinais contrários e de valores absolutos iguais.
- as cargas localizadas nos pontos A e B têm valores absolutos diferentes e sinais contrários.
- as três cargas são de valores absolutos iguais.
- as cargas localizadas nos pontos A e B têm o mesmo valor absoluto e o mesmo sinal.
- nenhuma das afirmações acima é verdadeira.

2. (PUC-SP) As cargas elétricas puntiformes Q_1 e Q_2 , posicionadas em pontos fixos conforme o esquema abaixo, mantêm, em equilíbrio, a carga elétrica puntiforme q alinhada com as duas primeiras.



De acordo com as indicações do esquema, o módulo da razão $\frac{Q_1}{Q_2}$ é igual a:

- $\frac{2}{3}$
- $\frac{3}{2}$
- 2
- 9
- 36

3. (FEI) Duas cargas elétricas puntiformes positivas e iguais a Q estão situadas no vácuo a 3 m de distância. Sabe-se que a força de repulsão entre as cargas tem intensidade 0,1 N.

Qual é o valor de Q ? (Dado: $k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$)

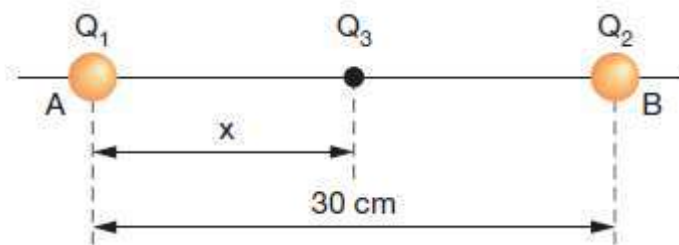
- a) $1 \cdot 10^{-3} \text{ C}$ b) $1 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ c) $3 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ d) $3 \cdot 10^8 \text{ C}$ e) $1 \cdot 10^{-5}$

4. (PUC) Duas esferas metálicas idênticas, de dimensões desprezíveis, eletrizadas com cargas elétricas de módulos Q e $3Q$ atraem-se com força de intensidade $3,0 \cdot 10^{-1} \text{ N}$ quando colocadas a uma distância d , em certa região do espaço. Se forem colocadas em contato e, após o equilíbrio eletrostático, levadas à mesma região do espaço e separadas pela mesma distância d , a nova força de interação elétrica entre elas será:

- a) repulsiva de intensidade $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ N}$
 b) repulsiva de intensidade $1,5 \cdot 10^{-1} \text{ N}$
 c) repulsiva de intensidade $2,0 \cdot 10^{-1} \text{ N}$
 d) atrativa de intensidade $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ N}$
 e) atrativa de intensidade $2,0 \cdot 10^{-1} \text{ N}$

5. (FEI – SP) Duas cargas elétricas puntiformes Q_1 e $Q_2 = 4Q_1$ estão fixas nos pontos A e B, distantes 30 cm. Em que posição (x) deve ser colocada uma carga $Q_3 = 2Q_1$ para ficar em equilíbrio sob ação somente de forças elétricas?

- a) $x = 5 \text{ cm}$
 b) $x = 15 \text{ cm}$
 c) $x = 25 \text{ cm}$
 d) $x = 10 \text{ cm}$
 e) $x = 20 \text{ cm}$



6. (UEL) A força de repulsão entre duas cargas elétricas puntiformes, que estão a 20 cm uma da outra, é 0,03 N. Esta força aumenta para 0,06 N se a distância entre as cargas for alterada para:

- a) 5 cm b) 10 cm c) 14 cm d) 28 cm e) 40 cm

7. (Mackenzie) Dois corpúsculos eletrizados com cargas elétricas idênticas estão situados no vácuo ($k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$) e distante 1,0 cm um do outro. A intensidade da força de interação eletrostática entre eles é $3,6 \cdot 10^2 \text{ N}$. A carga elétrica de cada um desses corpúsculos pode ser:

- a) $9 \mu\text{C}$ b) $8 \mu\text{C}$ c) $6 \mu\text{C}$ d) $4 \mu\text{C}$ e) $2 \mu\text{C}$

8. (Fuvest) A uma distância d uma da outra, encontram-se duas esferinhas metálicas idênticas, de dimensões desprezíveis, com cargas $-Q$ e $+9Q$. Elas são postas em contato e, em seguida, colocadas à distância $2d$. A razão entre os módulos das forças que atuam após o contato e antes do contato é:

- a) $\frac{2}{3}$ b) $\frac{4}{9}$ c) 1 d) $\frac{9}{2}$ e) 4

9. (ITA) Uma carga puntiforme $-Q_1$ de massa m percorre uma órbita circular de raio R em torno de outra carga $+Q_2$ fixa no centro do círculo. A velocidade angular ω de $-Q_1$ é:

- a) $\omega = (4\pi\epsilon_0 Q_1 Q_2) / (mR)$
 b) $\omega = [(Q_1 Q_2) / (4\pi\epsilon_0 m R^3)]^{1/2}$
 c) $\omega = [(Q_1 Q_2 R^3) / (4\pi\epsilon_0)]^2$
 d) $\omega = (Q_1 m R) / (4\pi\epsilon_0 Q_2)$
 e) $\omega = (Q_2 m R) / (4\pi\epsilon_0 Q_1)$

10. (UDESC) Duas partículas eletrizadas idênticas são mantidas fixas, isoladas e distanciadas 1,0 cm entre si. Suas massas e cargas elétricas são, respectivamente, 3,0 g e $\sqrt{0,67} \times 10^{-6}$ C. A razão entre os módulos das forças eletrostática e gravitacional existentes entre ambas as partículas é:

- a) $1,0 \times 10^{13}$
 b) $1,0 \times 10^7$
 c) $2,0 \times 10^{-6}$ C/N
 d) $1,0 \times 10^{14}$ C²/m²
 e) $1,0 \times 10^{-12}$ N

A.5.3 Campo Elétrico

Colégio	
Nomes: _____ _____ _____	Data: ___/___/___
	Turma: _____

Esta atividade tem o objetivo de investigar o seu conhecimento sobre alguns fenômenos que envolvem Campo Elétrico.

1. (Fuvest) Sobre uma partícula carregada atuam exclusivamente as forças devidas aos campos elétrico e gravitacional terrestres. Admitindo que os campos sejam uniformes e que a partícula caia verticalmente, com velocidade constante, podemos afirmar que:

- a) a intensidade do campo elétrico é igual à intensidade do campo gravitacional.
- b) a força devida ao campo elétrico é menor, em módulo, do que o peso da partícula.
- c) a força devida ao campo elétrico é maior, em módulo, do que o peso da partícula.
- d) a força devida ao campo elétrico é igual, em módulo, ao peso da partícula.
- e) a direção do campo elétrico é perpendicular à direção do campo gravitacional.

2. (Fatec) Uma partícula de massa $1,0 \cdot 10^{-5} \text{kg}$ e carga elétrica $2,0 \mu\text{C}$ fica em equilíbrio quando colocada em certa região de um campo elétrico.

Adotando-se $g = 10 \text{ m/s}^2$, o campo elétrico naquela região tem intensidade, em N/C, de:

- a) 500
- b) 0,050
- c) 20
- d) 50
- e) 200

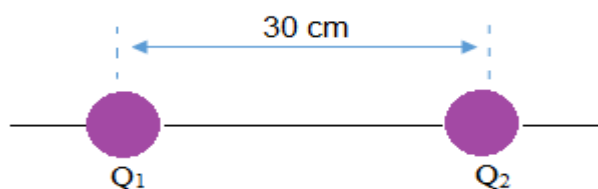
3. (Unip) Uma partícula de massa m e carga positiva Q parte do repouso, sob ação exclusiva de uma força eletrostática constante. A partícula atinge uma velocidade de intensidade v após percorrer uma distância d . O vetor campo elétrico associado à força eletrostática tem intensidade dada por:

- a) $\frac{mv^2}{Qd}$
- b) $\frac{2mv^2}{Qd}$
- c) $\frac{mv^2}{2Qd}$
- d) $\frac{mv^2}{4Qd}$
- e) $\frac{Qv^2}{2md}$

4. (Mackenzie) Existem um campo elétrico uniforme no espaço compreendido entre duas placas metálicas eletrizadas com cargas opostas. Um elétron (massa m , carga $-e$) parte do repouso, da placa negativa, e incide, após um tempo t , sobre a superfície da placa oposta que está a uma distância d . Desprezando-se as ações gravitacionais, o módulo do campo elétrico \vec{E} entre as placas é:

- a) $\frac{4md}{et^2}$ b) $\frac{d}{2met^2}$ c) $\frac{md}{2et^2}$ d) $\frac{2md}{et^2}$ e) $\frac{md}{et^2}$

5. (Ucsal) Duas cargas elétricas puntiformes, $Q_1 = 1\mu\text{C}$ e $Q_2 = -16\mu\text{C}$, estão fixas a uma distância de 30 cm uma da outra, conforme a figura abaixo:



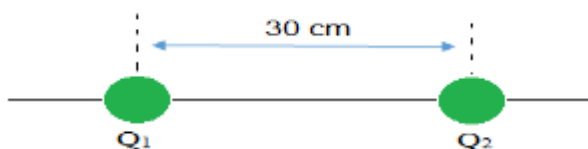
Sobre a reta que passa por Q_1 e Q_2 , o vetor campo elétrico resultante é nulo em um ponto:

- a) à esquerda de Q_1 .
 b) entre Q_1 e Q_2 , mais próximo de Q_2 .
 c) entre Q_1 e Q_2 , mais próximo de Q_1 .
 d) entre Q_1 e Q_2 , a 15 cm de Q_2 .
 e) à direita de Q_2 .

6. (ITA) Em uma região do espaço onde existe um campo elétrico uniforme \vec{E} , dois pêndulos simples de massas $m = 0,20$ kg e comprimento ℓ são postos a oscilar. A massa do primeiro pêndulo está carregada com $q_1 = +0,20$ C e a massa do segundo pêndulo com $q_2 = -0,20$ C. São dados que a aceleração da gravidade local é $g = 10,0$ m/s², que o campo elétrico tem mesma direção e sentido que \vec{g} e sua intensidade é $|\vec{E}| = 6,0$ V/m. A razão p_1/p_2 , entre os períodos p_1 e p_2 dos pêndulos 1 e 2, é:

- a) 1/4 b) 1/2 c) 1 d) 2 e) 4

7. (Ucsal) Duas cargas elétricas puntiformes, $Q_1 = 1,0 \mu\text{C}$ e $Q_2 = -16 \mu\text{C}$, estão fixas a uma distância de 30 cm uma da outra, conforme a figura abaixo:



Sobre a reta que passa por Q_1 e Q_2 , o vetor campo elétrico resultante é nulo em um ponto:

- à esquerda de Q_1 .
- entre Q_1 e Q_2 , mais próximo de Q_1 .
- entre Q_1 e Q_2 , mais próximo de Q_2 .
- entre Q_1 e Q_2 , a 15 cm de Q_2 .
- à direita de Q_2 .

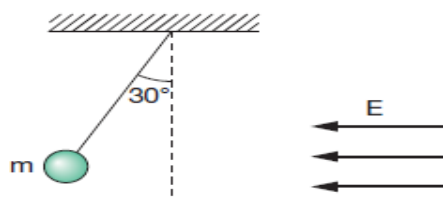
8. (UFJF-MG) Uma gotícula de óleo, de massa $m = 9,6 \cdot 10^{-15} \text{ kg}$ e carregada com carga elétrica $q = -3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, cai verticalmente no vácuo. Num certo instante, liga-se nesta região um campo elétrico uniforme, vertical e apontando para baixo. O módulo deste campo elétrico é ajustado até que a gotícula passe a cair com movimento retilíneo e uniforme. Nesta situação, qual o valor, em N/C, do módulo do campo elétrico?

- $3,0 \cdot 10^5$
- $5,0 \cdot 10^3$
- $2,0 \cdot 10^7$
- $8,0 \cdot 10^{-3}$
- $1,0 \cdot 10^{-5}$

9. (UCS-RS) Uma carga elétrica q fica sujeita a uma força elétrica de 4,0 mN ao ser colocada num campo elétrico de 2,0 kN/C. O valor da carga elétrica q , em microcoulomb (μC), é de:

- 4,0
- 1,0
- 3,0
- 0,5
- 2,0

10. (UFAC) Uma carga elétrica de $1 \mu\text{C}$ suspensa de um fio inextensível e sem massa está equilibrada, na posição mostrada na figura, pela ação de um campo eletrostático de intensidade 10^7 V/m . O ângulo formado entre o fio e a direção vertical é de 30° . Qual é o valor da tensão no fio?



A.6 JOGOS DIDÁTICOS

A.6.1 Quest Eletrostático Modelo Apostas

Quest Eletrostático

$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.99 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$

$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$

$e^- + e^+ \rightarrow \gamma + \gamma$

$q = nH, \quad H = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$

$F = qE$

$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$

Quest Eletrostático

INICIAIS

- CG** conhecimentos gerais de eletrostática.
- CE** campo elétrico.
- FE** força elétrica.
- CB** conhecimentos básicos de eletrostática.

A.6.1.1 Regras

Quest Eletrostático

Apostas

REGRA

Participantes: 2 a 4 duplas de jogadores (de 4 a 8 jogadores).

Materiais de apoio: Calculadora, lápis, borracha, papel e cronômetro.

COMPONENTES

1 tabuleiro

1 baralho com 62 cartas

20 fichas de pontuação (5 para cada dupla de jogadores)

4 peões

1 cronômetro

CADA TEMA DEVE SER ASSIM ENTENDIDO:

CG – Conhecimentos Gerais de Eletrostática

CE – Campo Elétrico

FE – Força Elétrica

CB – Conhecimentos Básicos de Eletrostática

OBJETIVO

Chegar primeiro, com seu peão, à última casa do tabuleiro e responder corretamente à última pergunta.

PREPARAÇÃO

Quando for jogar pela primeira vez, destaque cuidadosamente as fichas de pontuação, separe-as conforme a cor, e entregue um conjunto de 5 fichas para cada dupla.

Cada dupla deve pegar um peão da mesma cor das suas fichas e colocá-lo na primeira casa **INÍCIO** do tabuleiro.

As cartas devem ser embaralhadas e colocadas ao lado do tabuleiro formando um monte de compras.

Todas as perguntas têm alternativas A e B, onde apenas uma está correta e marcada em negrito e com asterisco.

COMO JOGAR

As duplas decidem entre si qual responderá à primeira pergunta. A casa INÍCIO permite a cada dupla, na sua vez, escolher o tema da pergunta que deseja responder.

A dupla à esquerda da dupla que vai responder pega a primeira carta do monte e faz a pergunta.

FICHAS DE PONTUAÇÃO

Antes de responder, a dupla de jogadores deve escolher entre as fichas de pontuação que tem em mãos quantos pontos deseja ganhar, caso acerte a resposta.

A ficha deverá ser descartada no centro do tabuleiro e ficará lá até que as fichas de todas as duplas de jogadores tenham sido descartadas.

Nesse momento, é preciso usar um pouco de estratégia porque, caso acerte, a dupla andará com seu peão no tabuleiro tantas casas quantos pontos forem os pontos obtidos.

Caso a dupla responda à pergunta antes de descartar sua ficha, ela sofre penalidade, descartando uma ficha sem ver o conteúdo.

Ao final de 5 rodadas, todos recuperam suas fichas e continuam o jogo dessa forma, até que uma dupla vença a partida.

TEMPO PARA RESPOSTA

Para respostas de perguntas teóricas, o tempo máximo é de 1 minuto.

Para respostas que exigem um desenvolvimento matemático, o tempo máximo é de 4 minutos.

RESPOSTA ERRADA

Ao dar uma resposta errada, a dupla deverá permanecer na mesma casa e responder na rodada seguinte a outra pergunta sobre o mesmo tema, perdendo na rodada a ficha de pontuação escolhida.

TABULEIRO

Todas as casas do tabuleiro estão marcadas com o tema da pergunta que será feita a dupla.

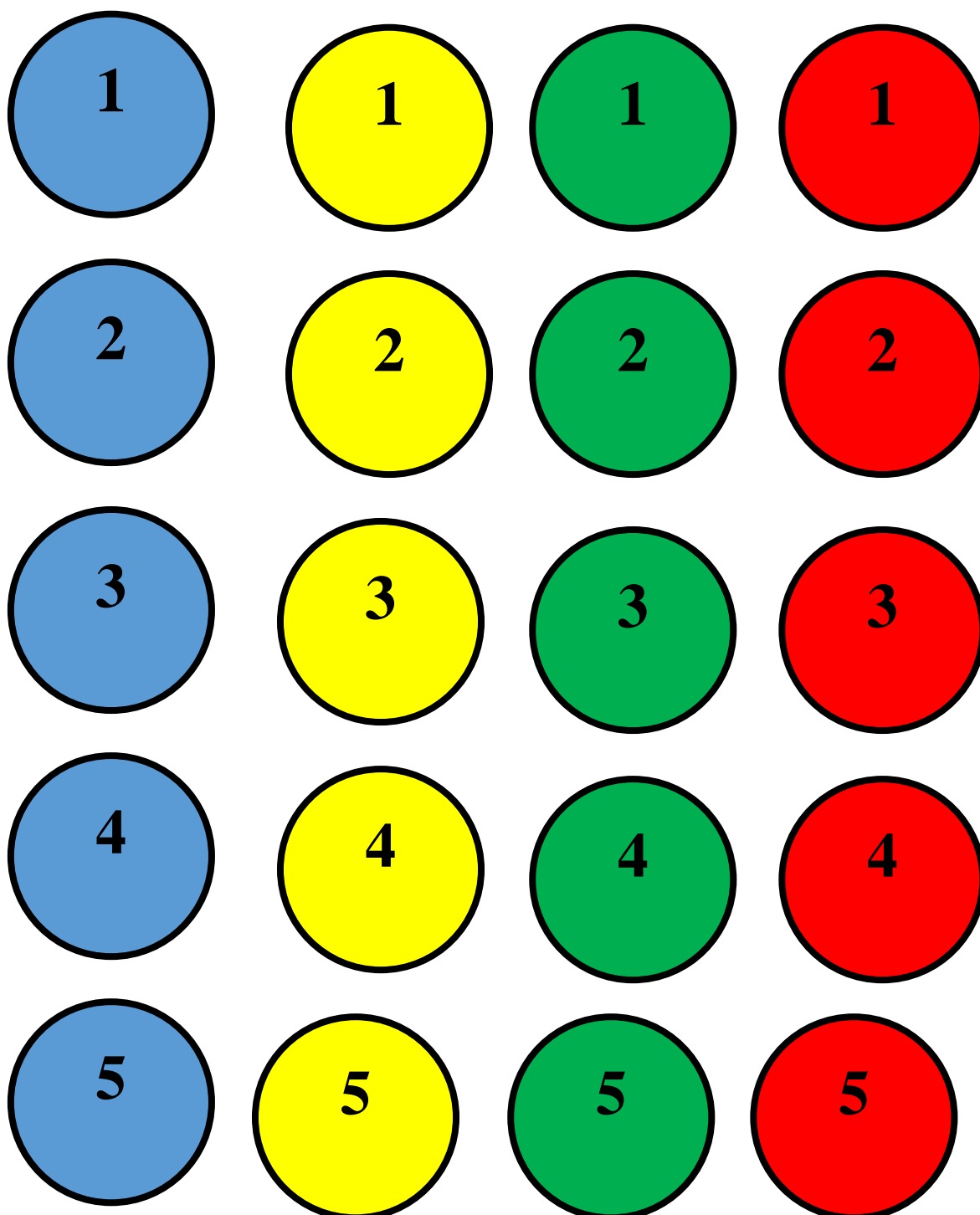
Nas casas marcadas com dois temas, a dupla poderá escolher a qual deseja responder.

Na última casa do tabuleiro, a dupla deverá responder a um tema escolhido pelas outros duplas em comum acordo.

VENCEDOR

Vence o jogo a primeira dupla a chegar com seu peão à última casa do tabuleiro e responder corretamente à última pergunta.

A.6.1.2 Fichas de apostas



A.6.1.3 Cartas

Quest Eletrostático

CE: Em dois vértices de um triângulo equilátero de lado 0,3 m se encontram duas cargas positivas $Q = 4\mu\text{C}$. Qual é o módulo do vetor campo elétrico resultante no outro vértice.

*A) $4\sqrt{3} \cdot 10^5 \text{ N/C}$

B) $4\sqrt{2} \cdot 10^5 \text{ N/C}$

FE: Duas cargas puntiformes, $Q_1 = 5 \cdot 10^{-6}\text{C}$ e $Q_2 = -4 \cdot 10^{-6}\text{C}$, no vácuo, estão separadas por uma distância de 0,3 m. Determinar a força elétrica entre elas. (Dado $K_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$)

*A) 2 N

B) 4 N

CG: Num campo uniforme, as superfícies equipotenciais são:

A) paralelas às linhas de força e perpendiculares entre si.

*B) **perpendiculares às linhas de força e paralelas entre si.**

CB: Na eletrização por contato, os corpos ficam eletrizados com cargas de:

A) sinais contrários.

*B) **mesmo sinal.**

Quest Eletrostático

CE: Uma carga elétrica q fica sujeita a uma força elétrica de 4,0 mN ao ser colocada num campo elétrico de 2,0 kN/C. O valor da carga elétrica q , em coulombs, é de:

A) $3 \cdot 10^{-5}$

*B) $2 \cdot 10^{-6}$

FE: A força elétrica entre um próton e um elétron é aproximadamente:

A) 10^{39} vezes menor que a força gravitacional.

*B) **10^{39} vezes maior que a força gravitacional.**

CG: No interior de um condutor esférico, o potencial elétrico é:

*A) **igual ao potencial da superfície.**

B) igual a zero.

CB: Um átomo eletricamente neutro contém o mesmo número de:

*A) **prótons e elétrons.**

B) prótons e nêutrons.

Quest Eletrostático

CE: O campo elétrico é uma grandeza física:

A) Escalar.

*B) **Vetorial.**

FE: Duas cargas elétricas puntiformes estão separadas por uma distância de 0,04 m e se repelem com uma força de $27 \cdot 10^{-4}\text{N}$. Suponha que a distância entre elas tenha sido aumentada para 0,12 m. A força entre as cargas aumentou ou diminuiu? Quantas vezes?

A) aumentou três vezes.

*B) **diminuiu nove vezes.**

CG: A unidade de medida no SI para o campo elétrico é:

A) N/m

*B) **N/C**

CB: A massa do elétron é:

A) igual a massa do nêutron.

*B) **menor que a massa do próton.**

Quest Eletrostático

CE: Desejando medir a intensidade do campo elétrico num ponto **P**, a pessoa colocou, nesse ponto, uma carga $q = 2 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ e verificou que sobre ela atuava uma força $F = 5 \cdot 10^{-2}\text{N}$. Qual é, então, a intensidade do campo em **P**?

*A) **$2,5 \cdot 10^5 \text{ N/C}$**

B) $2,0 \cdot 10^5 \text{ N/C}$

FE: A força elétrica é:

A) uma força de contato.

*B) **uma força de campo.**

CG: O potencial elétrico é uma grandeza física:

*A) **escalar.**

B) vetorial.

CB: A parte central de um átomo, o núcleo, é constituído basicamente por duas partículas:

A) elétron e nêutron.

*B) **próton e nêutron.**

Quest Eletrostático

CE: A força eletrostática \vec{F} que age sobre uma partícula carregada submetida a um campo elétrico \vec{E} tem o mesmo sentido que \vec{E} se a carga q da partícula for:

- A) negativa. ***B) positiva.**

FE: Dois prótons de uma molécula de hidrogênio distam cerca de $1 \cdot 10^{-10}$ m. Qual o módulo da força elétrica que um exerce sobre o outro, em unidades de 10^{-9} N?

- *A) 23** B) 28

CG: Num campo elétrico, transporta-se uma carga puntiforme de $2\mu\text{C}$ de um ponto X até um ponto Y. O trabalho da força elétrica é de $-6 \cdot 10^{-5}$ J. Qual é a ddp entre os pontos X e Y?

- *A) - 30 V** B) 30 V

CB: Considere quatro objetos eletrizados, A, B, C e D. Verifica-se que A repele B e atrai C. Por sua vez, C repele D. Sabendo-se que D está eletrizado positivamente, qual é o sinal da carga de B?

- A) positivo.
***B) negativo.**

Quest Eletrostático

CE: A força eletrostática \vec{F} que age sobre uma partícula carregada submetida a um campo elétrico \vec{E} tem sentido contrário ao de \vec{E} se a carga q da partícula for:

- *A) negativa.**
B) positiva.

FE: Uma pequena esfera recebe uma carga de $40 \mu\text{C}$, e outra esfera de diâmetro igual, localizada a 20 cm de distância, recebe uma carga de $-10 \mu\text{C}$. Qual a força de atração entre elas?

- A) 80 N ***B) 90 N**

CG: Uma condutor eletrizado está em equilíbrio eletrostático quando nele:

- A) ocorre movimento ordenado de cargas elétricas.
***B) não ocorre movimento ordenado de cargas elétricas.**

CB: Sobre indução eletrostática, podemos afirmar que:

- A) há separação de cargas no indutor devido ao induzido neutro.
***B) há separação de carga no induzido devido ao indutor eletrizado.**

Quest Eletrostático

CE: As linhas de campo elétrico:

- A) se aproximam das cargas positivas e se afastam das cargas negativas.

***B) se afastam das cargas positivas e se aproximam das cargas negativas.**

FE: Duas esferas igualmente carregadas, no vácuo, repelem-se mutuamente quando separadas a uma certa distância. Triplicando a distância entre as esferas, a força de repulsão entre elas torna-se:

- *A) 9 vezes menor.**

B) 9 vezes maior.

CG: Uma carga de $2\mu\text{C}$ equivale a:

- A) $2 \cdot 10^{-9}$ C

***B) $2 \cdot 10^{-6}$ C**

CB: Um pente eletrizado por atrito adquiriu uma carga negativa de $3,2 \cdot 10^{-10}$ C. O número de elétrons em excesso nesse pente é maior ou menor do que a população do Brasil?

- *A) maior.**

B) menor.

Quest Eletrostático

CE: O campo elétrico no interior de um condutor eletrizado em equilíbrio é nulo:

- A) apenas em condutores esféricos.

***B) qualquer que seja o formato do corpo.**

FE: Representando a força de interação elétrica em função da distância entre duas cargas puntiformes, obteremos como gráfico uma:

- *A) hipérbole equilátera.**

B) reta.

CG: Durante uma tempestade, um raio atinge um ônibus que trafega por uma rodovia. Os passageiros e o motorista:

***A) não sofrerão dano físico em decorrência desse fato, pois a carroceria metálica do ônibus atua como blindagem.**

B) serão atingidos pela descarga elétrica, em virtude de a carroceria metálica ser boa condutora de eletricidade.

CB: Quando estabelecemos um caminho entre um objeto e a Terra constituído unicamente por materiais condutores, dizemos que o objeto está:

- A) desmagnetizado. ***B) aterrado.**

Quest Eletrostático

CE: A aceleração de uma partícula de massa “m” e carga elétrica “q” quando, a partir do repouso, percorre uma distância “d”, numa região onde existe um campo elétrico uniforme de módulo “E”, é:

*A) $\frac{qE}{m}$

B) $\frac{qm}{E}$

FE: A força elétrica entre um próton e um elétron é:

*A) **atractiva.**

B) repulsiva.

CG: No SI o potencial elétrico é medido em:

*A) **J/C**

B) V/m

CB: Um corpo eletricamente neutro:

A) é desprovido de carga elétrica.

*B) **possui o mesmo número de cargas positivas e negativas.**

Quest Eletrostático

CE: Em um ponto do espaço, pode existir campo elétrico sem que aí exista força elétrica?

A) não.

*B) **sim.**

FE: Três cargas elétricas, Q_1 , Q_2 e Q_3 , são colocadas nos vértices de um triângulo equilátero de lado 60 cm. Qual é a intensidade da resultante das forças que agem na carga Q_3 ?

*A) $\sqrt{7} \cdot 10^{-1}$

B) $7 \cdot 10^{-1}$

CG: O potencial elétrico é definido como:

*A) **energia por unidade de carga.**

B) energia por unidade de massa.

CB: Nos materiais não condutores, também conhecidos como isolantes, as cargas:

A) se movem facilmente.

*B) **não podem se mover.**

Quest Eletrostático

CE: Uma carga elétrica puntiforme de $4 \mu\text{C}$ é colocada em um ponto **P** no vácuo, ficando sujeita a uma força elétrica de intensidade 1,2 N. Qual é a intensidade do campo elétrico nesse ponto?

A) 30 000 N/C

*B) **300 000 N/C**

FE: Qual é a intensidade da força elétrica entre duas cargas de 1C cada uma, situadas no vácuo a 1 m uma da outra? (Dado: $K_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$)

*A) **$9 \cdot 10^9 \text{ N}$**

B) $9 \cdot 10^5 \text{ N}$

CG: Um próton é acelerado por uma diferença de potencial de 1MV. Qual o aumento da sua energia cinética? (Dado: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$)

*A) **$1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$**

B) $3,2 \cdot 10^{-12} \text{ J}$

CB: O nanocoulomb é um submúltiplo da unidade de:

A) força elétrica.

*B) **carga elétrica.**

Quest Eletrostático

CE: Considere uma carga puntiforme, fixa, de $5\mu\text{C}$, no vácuo.

Determine o vetor campo elétrico criado por essa carga num ponto **A** localizado a 0,2 m da carga.

A) $1,125 \cdot 10^6 \text{ N/C}$, de aproximação.

*B) **$1,125 \cdot 10^6 \text{ N/C}$, de afastamento.**

FE: As forças elétricas obedecem ao princípio da:

*A) **ação e reação.**

B) inércia.

CG: O elétron-volt é uma unidade de mediada para a grandeza física escalar:

A) potencial elétrico.

*B) **energia.**

CB: Em um corpo de prova mediu-se a carga de $7,209 \cdot 10^{-19}\text{C}$. Baseados no princípio de quantização de carga elétrica, podemos afirmar que:

A) a medida está indicando a carga de vários prótons.

*B) **a medida está errada e não merece confiança.**

Quest Eletrostático

CE: Um campo elétrico é dito uniforme quando uma carga de prova, nele colocada, fica sujeita a uma força cuja intensidade é:

A) variável.

***B) constante, não nula.**

FE: A lei que permite calcular a força exercida por partículas carregadas é chamada de:

A) Lei da Atração e da Repulsão.

***B) Lei de Coulomb.**

CG: A respeito de um condutor eletrizado e em equilíbrio eletrostático, qual das afirmações não é verdadeira?

***A) A carga do condutor está concentrada em seu centro.**

B) O campo elétrico em seu interior é nulo, apesar de estar eletrizado.

CB: Quantos elétrons em excesso tem o corpo eletrizado com carga -16 nC ?

A) $1 \cdot 10^{10}$

***B) $1 \cdot 10^{11}$**

Quest Eletrostático

CE: O campo elétrico é análogo ao:

A) campo de pressão.

***B) campo gravitacional**

FE: A força de repulsão entre duas cargas elétricas puntiformes, que estão a 20 cm uma da outra, é 0,030 N. Esta força aumentará para 0,060 N se a distância entre as cargas for alterada para:

A) 12 cm

***B) 14 cm**

CG: Quando duas partículas eletrizadas com cargas que se repelem são aproximadas, a energia potencial do sistema formado pelas partículas:

A) diminui.

***B) aumenta.**

CB: Sempre que um condutor for eletrizado por indução:

***A) sua carga será de sinal oposto ao da carga do corpo indutor.**

B) sua carga será de sinal igual ao da carga do corpo indutor.

Quest Eletrostático

CE: Duas placas planas, paralelas, eletrizadas uniformemente com cargas de sinais contrários, criam no espaço entre elas:

***A) um campo elétrico uniforme.**

B) um campo elétrico variável.

FE: Sejam F_1 e F_2 as forças de atração ou repulsão entre duas cargas elétricas. É correto afirmar que os sentidos das forças F_1 e F_2 :

A) serão opostos somente quando as cargas tiverem sinais iguais.

***B) serão sempre opostos, quaisquer que sejam os sinais das cargas.**

CG: Qual é a capacidade de um condutor que possui carga de $2 \mu\text{C}$ e potencial de 800 V?

***A) $2,5 \cdot 10^{-9}\text{F}$**

B) $4,0 \cdot 10^9\text{F}$

CB: Se um corpo encontra-se eletrizado positivamente, pode-se afirmar que ele possui:

A) falta de prótons.

***B) falta de elétrons.**

Quest Eletrostático

CE: Uma carga elétrica puntiforme positiva, $Q = 4,5\mu\text{C}$, encontra-se no ar. Qual é a intensidade do campo elétrico criado por Q , num ponto P situado a uma distância $d = 30 \text{ cm}$?

A) $4,5 \cdot 10^4 \text{ N/C}$

***B) $4,5 \cdot 10^5 \text{ N/C}$**

FE: A força elétrica é uma grandeza física:

A) escalar.

***B) vetorial.**

CG: Qual é o trabalho realizado pela força elétrica para transportar uma carga de $6\mu\text{C}$ de um ponto A até um ponto B , cujos potenciais são, respectivamente, 60 V e 40 V?

A) $12 \cdot 10^5 \text{ J}$

***B) $12 \cdot 10^5 \text{ J}$**

CB: Qual é o número de elétrons existentes em uma carga de 1,0 coulomb?

***A) $6,25 \cdot 10^{18}$**

B) $6,25 \cdot 10^{19}$

Quest Eletrostático

CE: Uma carga elétrica de $6 \mu\text{C}$ pode produzir em um ponto situado a 30 cm um campo elétrico de intensidade:

***A) $6 \cdot 10^5 \text{ N/C}$**

B) $2 \cdot 10^5 \text{ N/C}$

FE: Duas cargas elétricas puntiformes estão separadas por uma distância de 15 cm . Altera-se a distância entre essas cargas até que a força elétrica entre elas se torne 25 vezes maior. Então, qual o novo valor da distância entre as duas cargas?

***A) 3 cm**

B) 5 cm

CG: Qual é o potencial elétrico de um ponto **P**, situado a $0,4 \text{ m}$ de uma carga elétrica puntiforme de $8 \cdot 10^{-6} \text{ C}$?

A) $1,8 \cdot 10^4 \text{ C}$

***B) $18 \cdot 10^4 \text{ C}$**

CB: Quando uma grandeza física pode assumir apenas certos valores, dizemos que é:

A) conservada.

***B) quantizada.**

Quest Eletrostático

CE: Uma esfera metálica, de 20 cm de raio, está eletrizada positivamente com uma carga de $2,0 \mu\text{C}$. Determine a intensidade do campo elétrico criado pela carga dessa esfera no seu centro.

***A) zero**

B) $4,5 \cdot 10^7 \text{ N/C}$

FE: A força elétrica, entre duas cargas elétricas, é inversamente proporcional:

A) ao produto das cargas.

***B) ao quadrado da distância entre as cargas.**

CG: A capacidade de um condutor esférico é:

***A) diretamente proporcional ao seu raio.**

B) inversamente proporcional ao seu raio.

CB: Preencha corretamente as lacunas abaixo:

Cargas elétricas de mesmo sinal se _____ e cargas elétricas de sinais opostos se _____.

***A) repelem; atraem.**

B) atraem; repelem.

Quest Eletrostático

CE: O campo elétrico gerado por uma carga puntiforme é:

***A) independente da carga de prova.**

B) inversamente proporcional ao valor absoluto da carga geradora.

FE: A força de interação entre duas cargas é de 900 N , sabendo-se que $Q_1 = 5 \mu\text{C}$ e $Q_2 = 8 \mu\text{C}$. Qual é a distância entre as duas cargas? (Dado: $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$)

A) 4 cm

***B) 2 cm**

CG: No SI, o potencial elétrico é medido em joule/coulomb = volt (V), em homenagem ao inventor da pilha:

***A) Alessandro Volta.**

B) Albert Einstein.

CB: O próton é formado por:

A) dois quarks down e um quark up.

***B) dois quarks up e um quark down.**

Quest Eletrostático

CE: Em um átomo de hidrogênio a distância do próton ao elétron é igual a $5 \cdot 10^{-11} \text{ m}$. Qual é a intensidade do campo elétrico, criado pelo próton, em um ponto da órbita do elétron?

A) $5,0 \cdot 10^{-11} \text{ N/C}$

***B) $5,7 \cdot 10^{11} \text{ N/C}$**

FE: A intensidade da força entre duas cargas elétricas puntiformes iguais, situadas no vácuo a uma distância de 2 m uma da outra, é de $202,5 \text{ N}$. Qual o valor das cargas?

***A) $3 \cdot 10^{-4} \text{ C}$**

B) $2 \cdot 10^{-4} \text{ C}$

CG: Numa superfície equipotencial:

A) as linhas de força são sempre paralelas às superfícies equipotenciais.

***B) as linhas de força são sempre perpendiculares às superfícies equipotenciais.**

CB: Qual é a carga elétrica de um corpo que possui 2 980 prótons e 3 010 elétrons?

***A) $-4,8 \cdot 10^{-18} \text{ C}$**

B) $+4,8 \cdot 10^{-18} \text{ C}$

Quest Eletrostático

CE: O campo elétrico torna visualizável a ideia de que a mudança de posição de uma carga se manifestará na outra num intervalo de tempo:

***A) muito curto, porém não nulo.**

B) muito curto, sendo em alguns casos nulo.

FE: Uma partícula com uma carga de $+3 \cdot 10^{-6}\text{C}$ está a 12 cm de distância de uma segunda partícula com uma carga de $-1,5 \cdot 10^{-6}\text{C}$. Calcule o módulo da força eletrostática entre as partículas.

A) 2,81N

***B) 1,89N**

CG: O campo elétrico, o potencial elétrico e o trabalho elétrico são grandezas estudadas na Eletricidade. Quanto a sua natureza, elas são, respectivamente:

A) vetorial, vetorial e escalar.

***B) vetorial, escalar e escalar.**

CB: Próton e nêutron possuem massas quase iguais, enquanto o elétron é dotado de uma massa que chega a ser quase:

A) duas mil vezes superior a massa do próton e do nêutron.

***B) duas mil vezes inferior a massa do próton e do nêutron.**

Quest Eletrostático

CE: Se um condutor eletrizado estiver em equilíbrio eletrostático, as cargas elétricas estarão distribuídas:

***A) em sua superfície.**

B) em seu interior e em sua superfície.

FE: A força elétrica é diretamente proporcional:

A) ao quadrado da distância entre as cargas.

***B) ao produto das cargas elétricas.**

CG: Qual é a diferença de potencial entre dois pontos, A e B, de um campo elétrico uniforme de intensidade 10^5 N/C , quando a distância entre esses pontos for de 0,2 cm?

***A) 200 V**

B) 100 V

CB: Um corpo tem $3 \cdot 10^{18}$ elétrons e $4 \cdot 10^{18}$ prótons. Sendo a carga elétrica elementar $1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$, qual é a carga elétrica do corpo?

A) $-1,6 \cdot 10^{-1}\text{C}$

***B) $+1,6 \cdot 10^{-1}\text{C}$**

Quest Eletrostático

CE: O fato de ser nulo o campo elétrico nos pontos internos de um condutor metálico eletrizado originou uma importante aplicação prática, conhecida genericamente como:

A) blindagem eletromagnética.

***B) blindagem eletrostática.**

FE: Entre duas partículas eletrizadas, no vácuo, e a uma distância d , a força de interação eletrostática tem intensidade F . Se dobrarmos as cargas das duas partículas e aumentarmos a separação entre elas para $2d$, ainda no vácuo, qual a intensidade F' da nova força de interação eletrostática?

***A) $F' = F$**

B) $F' = 2 F$

CG: Potencial elétrico é uma propriedade do:

***A) campo elétrico.**

B) corpo eletrizado.

CB: Três corpos X, Y e Z estão eletrizados. Se X atrai Y e este repele Z, podemos afirmar que certamente:

A) X e Z têm cargas de mesmo sinal.

***B) X e Z têm cargas de sinais diferentes.**

Quest Eletrostático

CE: Eletriza-se um objeto. Podemos afirmar que ao seu redor existe:

***A) campo elétrico.**

B) força elétrica e campo elétrico.

FE: Em um sistema no qual duas cargas elétricas pontiformes de mesmo módulo estão separadas por uma distância x , é correto afirmar que:

A) o sentido da força de Coulomb não depende do sinal das cargas.

***B) a força de Coulomb será quadruplicada se os módulos das cargas forem dobrados.**

CG: A energia potencial elétrica é propriedade do ponto ou da carga?

***A) do ponto e do sistema de cargas.**

B) do sistema de cargas.

CB: A existência de condutores e isolantes é explicada atualmente pela presença, nos átomos, dos chamados:

A) prótons de condução.

***B) elétrons livres.**

Quest Eletrostático

CE: Qual é o módulo de uma carga elétrica pontual cujo campo elétrico a 2 m de distância tem um módulo de 1,8 N/C?

- *A) $8 \cdot 10^{-10} \text{C}$
B) $4 \cdot 10^{-10} \text{C}$

FE: A intensidade da força entre duas cargas elétricas puntiformes iguais, situadas no vácuo a uma distância de 1 m uma da outra é de 90 N. Qual o valor das cargas?

- *A) $1 \cdot 10^{-4} \text{C}$
B) $1 \cdot 10^{-5} \text{C}$

CG: A garrafa de Leyden foi a precursora de uma das mais importantes peças utilizadas nos circuitos eletrônicos atuais. Que peça é essa?

- A) o resistor.
*B) o capacitor.

CB: A soma algébrica das cargas elétricas existentes em um sistema eletricamente isolado é constante". Esse é o princípio da:

- *A) conservação das cargas.
B) quantização das cargas.

Quest Eletrostático

CE: Quando desligamos a televisão e aproximamos o braço da tela, os pelos ficam eriçados. Por que isso ocorre?

- *A) devido a indução eletrostática os pelos são atraídos pelas cargas localizadas na tela.
B) devido a indução eletrostática passam elétrons do braço para a tela, fazendo os pelos eriçarem.

FE: A lei de Coulomb explica corretamente as forças que unem os átomos para formar moléculas e as forças que unem os átomos e moléculas para formar:

- A) planetas e galáxias. *B) sólidos e líquidos.

CG: Quando uma carga positiva é deslocada contra o sentido do campo elétrico, a sua energia potencial elétrica aumenta ou diminui?

- A) diminui. *B) aumenta.

CB: Quando um condutor está em equilíbrio eletrostático, pode-se afirmar, sempre, que:

- A) as cargas distribuem-se uniformemente em sua superfície interna.
*B) o condutor poderá estar neutro ou eletrizado e, nesse caso, as cargas em excesso distribuem-se pela sua superfície.

Quest Eletrostático

CE: Um campo elétrico é dito uniforme quando uma carga de prova, nele colocada, fica sujeita a uma força cuja intensidade é:

- A) variável, não nula.
*B) constante, não nula.

FE: A intensidade da força elétrica pode ser expressa em:

- A) kg/m
*B) $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

CG: Uma esfera metálica oca, de 9 m de raio, recebe a carga de 45 nC. Qual é o potencial a 3 m do centro da esfera?

- A) 40 volts *B) 45 volts

CB: Cinco esferas metálicas, de dimensões bastante reduzidas, são eletrizadas individualmente. A esfera A adquiriu uma carga elétrica igual a +5q, a B ganhou -3q, a C ficou com +7q, a D com +6q e a última, E, adquiriu carga ignorada. No entanto, após um contato simultâneo entre as cinco esferas, observou-se que cada uma ficou com carga elétrica igual a +3q. Qual era a carga inicial da esfera E?

- *A) Zero B) +2q

Quest Eletrostático

CE: O campo elétrico é uma campo:

- *A) vetorial.
B) escalar.

FE: Duas cargas elétricas de 2C cada uma, encontram-se no vácuo distanciadas de 2 m. Qual é a intensidade da força elétrica entre essas cargas. (Dado: $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$).

- A) $9 \cdot 10^7 \text{N}$
*B) $9 \cdot 10^9 \text{N}$

CG: Considerem-se dois pontos, A e B, na região de um campo elétrico uniforme. A ddp entre esses pontos permite, sem outras informações sobre o campo, determinar:

- A) o valor da carga geradora do campo.
*B) o valor da energia necessária para se transportar uma carga elétrica q de A até B.

CB: Considere duas esferas metálicas idênticas. A carga elétrica de uma é Q e da outra é -2Q. Colocando-se as duas esferas em contato, a carga elétrica da esfera que estava, no início, carregada positivamente fica igual a:

- A) Q/4 *B) -Q/2

Quest Eletrostático

CE: O ar úmido se torna condutor de eletricidade (as moléculas se ionizam) quando é submetido a um campo elétrico maior que $3 \cdot 10^6 \text{ N/C}$. Qual é, para esse valor de campo elétrico, o módulo da força eletrostática aplicada sobre um elétron?

A) $5,2 \cdot 10^{-12} \text{ N}$

***B) $4,8 \cdot 10^{-13} \text{ N}$**

FE: A força F de atração e repulsão entre duas cargas elétricas pontuais é dada pela relação:

A) $F \propto \frac{1}{d}$

***B) $F \propto Q_1 Q_2$**

CG: Qual é a massa de um elétron?

A) $9,11 \cdot 10^{-31} \text{ g}$

***B) $9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$**

CB: O âmbar é uma espécie de seiva vegetal petrificada, material fóssil cujo nome em grego é:

***A) eléktron.**

B) pósitron.

Quest Eletrostático

CE: Qual é, aproximadamente, o módulo da aceleração de um elétron submetido a um campo elétrico de $1,4 \cdot 10^6 \text{ N/C}$? (Dados: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m_{\text{elétron}} = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$).

A) $2,5 \cdot 10^7 \text{ m/s}^2$

***B) $2,5 \cdot 10^{17} \text{ m/s}^2$**

FE: Duas bolinhas idênticas, pintadas com tintas metálicas, estão carregadas. Quando estão afastadas 40 cm, elas se atraem com uma força de $27 \cdot 10^{-5} \text{ N}$. Qual será a nova força se a distância entre elas passar a ser de 120 cm?

A) $2 \cdot 10^{-5} \text{ N}$

***B) $3 \cdot 10^{-5} \text{ N}$**

CG: A força elétrica é uma força conservativa, pois todo o trabalho executado para vencê-la não é perdido, ficando armazenado sob a forma de:

A) calor.

***B) energia.**

CB: Os metais, a grafita, os gases ionizados e as soluções eletrolíticas são exemplos de:

A) isolantes elétricos.

***B) condutores elétricos.**

Quest Eletrostático

CE: Analisando a expressão $E = k_0 Q/d^2$, podemos afirmar que:

***A) a intensidade do campo elétrico em um ponto não depende da carga de prova q .**

B) a intensidade E , em dado ponto, é inversamente proporcional à carga Q que cria o campo.

FE: Em um cristal de cloreto de sódio, são as forças elétricas entre os íons Na^+ e Cl^- que mantém a estrutura de sua rede cristalina. Quando esse sal é colocado em água, a rede cristalina se desfaz devido:

***A) a redução da força elétrica entre os íons.**

B) ao aumento da força elétrica entre os íons.

CG: Qual é a massa de um elétron?

A) $9,11 \cdot 10^{-31} \text{ g}$

***B) $9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$**

CB: A série triboelétrica, é uma tabela que ordena alguns materiais de acordo com a sua facilidade de perder:

A) prótons.

***B) elétrons.**

Quest Eletrostático

CE: A intensidade do campo elétrico pode ser expressa em:

A) newton/joule

***B) volt/metro**

FE: No núcleo de um átomo manifestam-se quatro tipos de interação: elétrica, forte, fraca e gravitacional.

A interação elétrica é responsável pelas forças:

A) elétrica e centrípeta.

***B) magnética e elétrica**

CG: Um corpúsculo eletrizado é abandonado num ponto de um campo elétrico. A trajetória por ele seguida, sob a ação do campo:

A) é certamente curvilínea.

***B) pode coincidir com uma linha de força.**

CB: Robert Millikan (1868-19530, físico norte-americano, foi responsável por inúmeras descobertas, nas áreas de eletricidade, óptica e física molecular, entre elas estão contribuições significantes para o estudo da:

***A) radiação cósmica.**

B) relatividade geral.

Quest Eletrostático

CE: Quando eletrizamos um condutor que exibe regiões pontiagudas, o campo elétrico é:

A) menos intenso nas pontas.

***B) mais intenso nas pontas.**

FE: A força elétrica de Coulomb pode ser de atração ou de repulsão, enquanto a força gravitacional de Newton só pode ser de:

A) repulsão.

***B) atração**

CG: É durante uma tempestade que geralmente observamos uma das mais fantásticas manifestações da eletricidade:

A) o trovão.

***B) o raio.**

CB: Denomina-se eletrização o fenômeno pelo qual um corpo neutro passa a eletrizado devido à alteração no número de seus:

***A) elétrons.**

B) prótons.

Quest Eletrostático

CE: Um campo elétrico uniforme existe em uma região entre duas placas com cargas elétricas de:

A) mesmo sinal.

***B) sinais opostos.**

FE: Duas cargas elétricas pontuais, Q_1 e Q_2 , separadas por uma distância d , situadas no vácuo, se atraem ou se repelem com uma força F dada por:

$$A) F = k_0 \frac{Q_1 Q_2}{d} \qquad *B) F = k_0 \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$$

CG: Além dos prótons e dos elétrons, existem outras partículas elementares dotadas de carga elétrica de módulo igual a e . É o caso, por exemplo, dos:

A) nêutrons.

***B) píons.**

CB: A história da eletricidade inicia-se no século VI a.C. com uma descoberta feita pelo matemático e filósofo grego:

A) Sócrates.

***B) Tales de Mileto.**

Quest Eletrostático

CE: Para representar de maneira simplificada o campo elétrico, é comum usar-se o recurso das chamadas:

A) linhas de carga.

***B) linhas de força.**

FE: Próton e elétron, a certa distância um do outro, atraem-se elétrica e gravitacionalmente. Qual tem menor intensidade, a força elétrica ou a força gravitacional?

A) elétrica.

***B) gravitacional.**

CG: Ao longo de uma linha de força, e no sentido dela, o potencial elétrico:

A) cresce.

***B) decresce.**

CB: Os fenômenos da eletricidade estática, são melhor observados em dias:

***A) secos.**

B) húmidos.

Quest Eletrostático

CE: Considere duas esferas metálicas de mesmo raio, uma oca e a outra maciça, ambas no ar. A carga elétrica máxima que pode ser armazenada na esfera maciça é maior, menor ou igual à que pode ser armazenada na esfera oca?

A) maior.

***B) igual.**

FE: Duas cargas pontuais, Q_1 e Q_2 , estão se atraindo, no ar, com uma certa força F . Suponha que o valor de Q_1 seja duplicado e o de Q_2 se torne 8 vezes maior. Para que o valor da força F permaneça invariável, a distância d entre Q_1 e Q_2 deverá tornar-se:

A) 16 vezes maior.

***B) 4 vezes maior.**

CG: Sobre a massa do nêutron, podemos afirmar que:

A) é menor que a massa do elétron.

***B) é praticamente igual a massa do próton.**

CB: Para a proteção de casas, edifícios e outros tipos de construções, são instalados para-raios, invenção do norte-americano:

***A) Benjamin Franklin.**

B) Robert Millikan.

Quest Eletrostático

CE: Se numa região do espaço duas ou mais cargas elétricas pontuais gerando campos, o campo resultante em um determinado ponto será:

A) a soma algébrica dos campos gerados pelas cargas.

***B) a soma vetorial dos campos gerados pelas cargas.**

FE: Qual é a intensidade da força elétrica entre duas cargas puntiformes idênticas de módulo $1 \cdot 10^{-6} \text{C}$, quando separadas por 1 m de distância no vácuo? (Dado: $K_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$)

***A) $9 \cdot 10^{-3} \text{N}$**

B) $9 \cdot 10^{-2} \text{N}$

CG: Tanto as cargas positivas como as negativas buscam uma situação de energia potencial:

A) máxima.

***B) mínima.**

CB: Para saber se determinado corpo está ou não eletrizado, sem alterar sua possível carga, podemos usar um aparelho denominado:

A) microscópio.

***B) eletroscópio.**

Quest Eletrostático

CE: Uma partícula de água, com massa igual a $8 \cdot 10^{-10} \text{kg}$, eletrizada com carga $Q = 16 \cdot 10^{-19} \text{C}$, está em equilíbrio no interior de um campo elétrico uniforme de placas paralelas e horizontais. Qual é a intensidade do campo elétrico entre as placas? (Dado: $g = 10 \text{ m/s}^2$)

A) $2 \cdot 10^9 \text{N/C}$

***B) $5 \cdot 10^9 \text{N/C}$**

FE: Dois corpos pontuais em repouso, separados por certa distância e carregados eletricamente com cargas de sinais iguais, repelem-se de acordo com a lei de Coulomb. Se forem mantidas as cargas iniciais, mas a distância entre os corpos for duplicada, a força de repulsão elétrica permanecerá constante, aumentará ou diminuirá?

A) aumentará 4 vezes

***B) diminuirá 4 vezes.**

CG: As moléculas de água são:

A) molares.

***B) polares.**

CB: Quando esfregamos um balão em nosso cabelo, os dois ficam eletrizados:

A) com cargas de mesmo sinal.

***B) com cargas de sinais diferentes.**

Quest Eletrostático

CE: Na superfície de um condutor eletrizado em equilíbrio, o campo elétrico é:

***A) normal a superfície.**

B) paralelo a superfície.

FE: No vácuo ($K_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$), são colocadas duas cargas elétricas puntiformes de $2 \cdot 10^{-6} \text{C}$ e $5 \cdot 10^{-6} \text{C}$, distante 50 cm uma da outra. Qual é a intensidade da força de repulsão entre essas duas cargas?

A) $30 \cdot 10^{-2} \text{N}$

***B) $36 \cdot 10^{-2} \text{N}$**

CG: O modelo de campos é utilizado para a explicação das forças de interação entre dois ou mais corpos e de como essas forças podem ser transmitidas a distância. Os campos podem ser classificados em:

***A) elétricos, magnéticos ou gravitacionais.**

B) elétricos, energéticos ou gravitacionais.

CB: Num átomo não existe predominância de cargas elétricas; o número de prótons é igual ao número de elétrons. Podemos dizer que o átomo é:

A) um sistema eletrizado.

***B) um sistema neutro.**

Quest Eletrostático

CE: A intensidade do campo elétrico, em N/C , próximo a um pente carregado eletricamente é:

***A) 10^3N/C**

B) 10^{-3}N/C

FE: A que distância, aproximadamente, devem ser colocados dois prótons para que o módulo da força eletrostática que um exerce sobre o outro seja igual à força gravitacional a que um dos prótons está submetido na superfície terrestre?

***A) 12 cm**

B) 120 cm

CG: Uma carga de $-2 \mu\text{C}$ foi abandonada num ponto de um campo elétrico onde o potencial elétrico vale $+30 \text{V}$. Qual é a energia potencial elétrica armazenada por essa carga?

A) $+6 \cdot 10^{-5} \text{J}$

***B) $-6 \cdot 10^{-5} \text{J}$**

CB: É possível encontrar uma partícula com carga elétrica de $+10e$ ou $-6e$, mas não uma partícula com carga de:

***A) $3,57e$**

B) $-5e$

Quest Eletrostático

CE: Se conhecermos o campo elétrico em todos os pontos do espaço, temos uma descrição completa de todo o sistema, que inclusive poderá revelar posições e intensidades de todas as:

A) massas das partículas.

***B) cargas elétricas.**

FE: Duas esferas eletrizadas com sinais contrários, são postas em contato. Que tipo de força de interação existe entre as esferas após o contato?

***A) repulsiva.**

B) atrativa.

CG: Qual é o dispositivo que tem a função de armazenar cargas elétricas?

A) o resistor.

***B) o capacitor.**

CB: Robert Millikan, físico norte-americano, recebeu o prêmio Nobel de Física em 1923 pelo estudo da determinação:

A) da carga do pósitron.

***B) da carga elementar.**

Quest Eletrostático

CE: Dado um condutor carregado, de superfície irregular, o local onde o campo elétrico é mais intenso, devido a maior densidade superficial de cargas, é:

***A) a região pontiaguda desse condutor.**

B) a região central desse condutor.

FE: As partículas que intermediam a força eletromagnética são os:

A) bósons.

***B) fótons.**

CG: Denomina-se densidade superficial de cargas (σ) à quantidade de carga (Q) existente em uma unidade de área (A) da superfície do condutor, ou seja: $\sigma = \frac{Q}{A}$.

No SI, a unidade de medida da densidade superficial de cargas é o:

A) C/N²

***B) C/m²**

CB: Considere 3 corpos M, N e P. Em um sistema isolado, M e N se atraem e N e P se repelem. Quais serão os sinais de N e P, se M tiver carga positiva?

A) N e P positivos.

***B) N e P negativos.**

Quest Eletrostático

CE: Uma carga elétrica puntiforme $q = 1\mu\text{C}$ e de massa $m = 10^{-6}\text{ kg}$ é abandonada, em repouso, em um ponto P de um campo elétrico uniforme de intensidade $E = 10^6\text{N/C}$. Qual é a aceleração da carga q ?

***A) 10^6 m/s^2**

B) 10^{-6} m/s^2

FE: A intensidade da Força Elétrica entre duas cargas elétricas puntiformes é:

A) inversamente proporcional ao produto dos valores das cargas elétricas.

***B) inversamente proporcional ao quadrado da distância que separa as cargas elétricas.**

CG: Se dois condutores estiverem em um mesmo meio sob um mesmo potencial, o condutor com a maior capacidade elétrica armazenará mais:

***A) cargas elétricas.**

B) íons.

CB: O processo de eletrização por indução efetua-se quando um corpo previamente eletrizado (indutor) é colocado próximo (sem que haja contato) a um corpo condutor inicialmente neutro (a ser induzido) e promove uma movimentação dos elétrons pela superfície do material:

***A) induzido.**

B) indutor.

Quest Eletrostático

CE: Mesmo quando um condutor adquire carga positiva, ela fica distribuída em sua superfície, em virtude do movimento dos:

A) prótons.

***B) elétrons livres.**

FE: Que cargas iguais e positivas teriam que ser colocadas na Terra e na Lua para neutralizar a atração gravitacional entre os dois astros?

A) $1 \cdot 10^{-19}\text{ C}$

***B) $5,3 \cdot 10^{13}\text{ C}$**

CG: Um capacitor carregado com $18\mu\text{C}$ está sob uma diferença de potencial de 9V, fornecida por um gerador. Qual é a capacidade elétrica do capacitor?

A) $3 \cdot 10^{-6}\text{ F}$

***B) $2 \cdot 10^{-6}\text{ F}$**

CB: Da palavra grega elektron derivam os termos eletrização e eletricidade, entre outros. Em relação a alguns conceitos da eletrostática, qual é a afirmativa correta?

A) Um objeto neutro, ao perder elétrons, fica eletrizado negativamente.

***B) ao se eletrizar um corpo neutro, por contato, este fica com carga de sinal contrário à daquele que o eletrizou.**

Quest Eletrostático

CE: Os pontos de uma determinada região do espaço estão sob a ação única de uma carga positiva pontual **Q**. Sabe-se que em um ponto **P**, distante **d** da carga **Q**, a intensidade do campo elétrico é igual a **E**. Qual será o novo campo se a distância **d** da carga ao ponto **P** dobrar?

A) 4E

***B) E/4**

FE: Duas cargas elétricas puntiformes de mesma intensidade, separadas uma da outra por uma distância de 30 cm e imersas no vácuo, atraem-se mutuamente com uma força elétrica de intensidade 40 N. Qual é o possível valor de cada carga? (Use $K_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$)

***A) $2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ e $-2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$** B) $2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ e $2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$

CG: Quando a ionização do ar se torna muito intensa, a vizinhança da ponta de um condutor poderá até emitir luz por causa das colisões entre os íons e o ar. Esse é o fenômeno conhecido como:

***A) efeito corona .**

B) efeito magnum.

CB: Um corpo eletricamente neutro perde $5 \cdot 10^{20}$ elétrons em um processo de eletrização. Esse corpo ficou eletrizado com uma carga de sinal:

A) negativo.

***B) positivo.**

Quest Eletrostático

CE: Uma esfera metálica, de 20 cm de raio, está eletrizada positivamente com uma carga de $2 \mu\text{C}$. Qual é a intensidade do campo elétrico criado pela carga dessa esfera no seu centro?

A) 200 N/C

***B) zero**

FE: O módulo da força eletrostática entre dois íons iguais separados por uma distância de $5 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ é $3,7 \cdot 10^{-9} \text{ N}$. Qual é a carga de cada íon?

***A) $3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$**

B) $3,2 \cdot 10^{-10} \text{ C}$

CG: Um condutor que armazena uma carga de 1 coulomb quando sujeito a um potencial de 1 volt tem capacidade de:

***A) 1 farad.**

B) 1 joule.

CB: Dois corpos de materiais diferentes, quando atritados entre si, são eletrizados. Em relação a esses corpos, se essa eletrização é feita de forma isolada do meio, é correto afirmar que:

A) um fica eletrizado negativamente e o outro permanece neutro.

***B) um fica eletrizado positivamente e o outro negativamente.**

Quest Eletrostático

CE: O campo elétrico é gerado por um ou mais corpos:

A) massivos.

***B) eletrizados.**

FE: A força de interação entre duas cargas elétricas pontuais **Q**, no vácuo, separadas por uma distância **d**, é igual a **F**. Qual será o novo valor da força elétrica atuante entre elas, se a distância for quintuplicada?

A) será cinco vezes menor.

***B) será vinte e cinco vezes menor.**

CG: A quantidade de carga (**Q**) de um condutor em equilíbrio eletrostático e o seu potencial elétrico (**V**) são grandezas físicas:

A) inversamente proporcionais.

***B) diretamente proporcionais.**

CB: Pelo Princípio da Atração e Repulsão, podemos afirmar que:

A) cargas de mesmo sinal se atraem, e cargas de sinais opostos se repelem.

***B) cargas de mesmo sinal se repelem, e cargas de sinais opostos se atraem.**

Quest Eletrostático

CE: Uma carga elétrica $q = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ fica sujeita a uma força elétrica de 0,05 N ao ser colocada num campo elétrico **E**. Qual é a intensidade do campo elétrico **E**?

***A) 20 000 N/C**

B) 4 000 N/C

FE: A intensidade da força elétrica entre duas cargas puntiformes aumenta ou diminui com o aumento da distância entre elas?

A) aumenta.

***B) diminui.**

CG: Como a rigidez dielétrica do ar é $3 \cdot 10^6 \text{ N/C}$, qual é a carga máxima que podemos transferir a uma esfera de 30 cm de raio?

A) 10 μC

***B) 30 μC**

CB: Um sistema é constituído por um corpo de massa **M**, carregado positivamente com carga **Q**, e por outro corpo de massa **M**, carregado negativamente com carga **Q**. Em relação a este sistema pode-se dizer que:

A) sua carga total é **-Q** e sua massa total é **2M**

***B) sua carga total é nula e sua massa total é 2M**

Quest Eletrostático

CE: Uma partícula de massa $2,0 \cdot 10^{-5}$ kg e carga elétrica $1,0$ mC fica em equilíbrio quando colocada em certa região de um campo elétrico. Adotando-se $g = 10$ m/s², o campo elétrico naquela região tem intensidade, em V/m, de:

- A) 0,4
***B) 0,2**

FE: Assinale a alternativa que apresenta o que as forças dadas pela lei da Gravitação Universal de Newton e pela lei de Coulomb têm em comum.

- *A) Ambas variam com o inverso do quadrado da distância entre as partículas que interagem.**
 B) Ambas podem ser tanto de atração como de repulsão entre as partículas que interagem.

CG: Uma esfera condutora, de 2 m de diâmetro, uniformemente carregada, possui densidade superficial de cargas de 10^{-8} C/m². Qual é a carga sobre a esfera?

- *A) $1,25 \cdot 10^{-7}$ C**
 B) $2,25 \cdot 10^{-7}$ C

CB: A carga elétrica é uma propriedade de algumas partículas, como:

- A) os múons e os fótons.
***B) os píons e os múons.**

Quest Eletrostático

CE: Uma carga elétrica de $8 \mu\text{C}$ pode produzir em um ponto situado a 20 cm da carga um campo elétrico de:

- *A) $36 \cdot 10^5$ N/C**
 B) $72 \cdot 10^5$ N/C

FE: O que as forças elétrica e gravitacional tem em comum?

- A) as duas podem ser forças de atração ou repulsão.
***B) as duas são forças de campo.**

CG: Dentre as grandezas físicas apresentadas, assinale a que é escalar.

- *A) potencial elétrico.**
 B) força elétrica.

CB: Qual das partículas abaixo é de natureza elementar?

- A) nêutron.
***B) múon.**

Quest Eletrostático

CE: É um fato experimentalmente comprovado que, próximo à superfície da Terra, existe um campo elétrico cujas linhas de força apontam para baixo, indicando que o planeta é um corpo carregado:

- A) positivamente.
***B) negativamente.**

FE: A força elétrica de interação entre duas partículas eletrizadas foi determinada e comprovada experimentalmente pelo físico e engenheiro francês:

- A) Du Fay.
***B) Charles Coulomb.**

CG: O que é um dielétrico?

- A) material condutor.
***B) material isolante.**

CB: Um corpo é eletrizado com uma carga positiva de 8 C. Qual é o número de elétrons que o corpo perdeu?

- *A) $5 \cdot 10^{19}$**
 B) $5 \cdot 10^9$

Quest Eletrostático

CE: O campo elétrico pode ser medido em:

- A) J/m
***B) J/C.m**

FE: A intensidade da força elétrica entre duas partículas eletrizadas depende:

- *A) do meio em que se encontram.**
 B) da massa dessas partículas.

CG: A capacidade elétrica de um capacitor plano é diretamente proporcional:

- A) a distância entre suas placas.
***B) a área das placas.**

CB: O que significa dizer que um corpo encontra-se eletricamente neutro?

- A) significa que ele não possui carga elétrica.
***B) significa que ele possui o mesmo número de cargas positivas e negativas.**

Quest Eletrostático

CE: Numa determinada região existe um campo de intensidade 4 N/C. O que significa esse valor?

***A) se uma carga de 1 C for colocada nesse campo, sofrerá uma força de intensidade 4 N.**

B) se uma carga de 4 C for colocada nesse campo, sofrerá uma força de 4 N.

FE: A força elétrica decresce com o quadrado da distância, tanto quanto a:

A) força de atrito.

***B) força gravitacional.**

CG: Se os capacitores forem duas placas paralelas e planas, teremos um capacitor:

A) cilíndrico.

***B) plano.**

CB: Por volta do século V a.C., a humanidade já tentava entender como a matéria era constituída. Entretanto, como era comum nessa época, utilizávamos apenas:

A) o "pensamento físico".

***B) o "pensamento filosófico".**

Quest Eletrostático

CE: Como exemplo de campo elétrico uniforme, podemos citar aquele formado:

A) por uma carga puntiforme no vácuo.

***B) no interior da nuvem ou entre a base da nuvem e o solo, momentos antes de acontecer uma tempestade.**

FE: A força elétrica entre duas partículas carregadas tem intensidade de 4 mN. Esse valor corresponde a:

A) $4 \cdot 10^{-4}$ N

***B) 0,004 N**

CG: A capacidade equivalente de três capacitores iguais associados em paralelo é de 18 μ F. Qual seria a capacitância equivalente caso eles fossem ligados em série?

A) 9 μ F

***B) 2 μ F**

CB: Qual é, aproximadamente, o tempo de vida de um próton?

A) 10^{10} anos.

***B) 10^{32} anos.**

Quest Eletrostático

CE: Qual é o módulo de uma carga pontual cujo campo elétrico a 1 m de distância tem um módulo de 9 N/C?

***A) $1 \cdot 10^{-9}$ C**

B) $1 \cdot 10^9$ C

FE: A Lei de Coulomb é semelhante à Lei da Gravitação Universal, desenvolvida por:

A) Albert Einstein.

***B) Isaac Newton.**

CG: Como a quantidade de carga é medida em coulomb (C) e o potencial é medido em volt (V) no Sistema Internacional, a unidade de capacitância ou capacidade elétrica, em homenagem a Michael Faraday, é:

A) fara

***B) farad**

CB: Pelo princípio de Conservação de Cargas Elétricas, podemos afirmar que:

***A) a soma algébrica das quantidades de carga elétrica, presentes em um sistema eletricamente isolado é constante.**

B) a soma vetorial das quantidades de carga elétrica, presentes em um sistema eletricamente isolado é constante.

Quest Eletrostático

CE: Uma carga elétrica q fica sujeita a uma força elétrica de 10,0 mN ao ser colocada num campo elétrico de 4,0 kN/C. Qual é, em microcoulomb (μ C), o valor da carga elétrica q ?

A) 2,0 μ C

***B) 2,5 μ C**

FE: A intensidade da força elétrica entre duas cargas puntiformes aumenta ou diminui com a redução da distância entre elas?

***A) aumenta.**

B) diminui.

CG: O potencial elétrico, numa região de campo elétrico uniforme, é:

A) variável.

***B) constante.**

CB: A carga elétrica dos corpos só pode ser múltiplo inteiro do valor da carga do:

***A) elétron.**

B) quark up.

A.6.2 Quest Eletrostático Nível de Perguntas

Quest Eletrostático

$e^- + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$

NÍVEL 2 **NÍVEL 2** **NÍVEL 2**

NÍVEL 1 **DESAFIO**

NÍVEL 1

NÍVEL 1 **NÍVEL 1** **NÍVEL 1**

NÍVEL 1

INÍCIO

Quest Eletrostático

Quest Eletrostático

$q = ne$

$q = \int E \cdot dA$

$C = \frac{Q}{V}$

$\vec{F}_e = q \cdot \vec{E}$

$\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$

Repeição

Ataque

A.6.2.1 Regras

Quest Eletrostático

Nível de Perguntas

REGRA

Participantes: 2 a 4 duplas (de 4 a 8 jogadores)

Materiais de apoio: Cronometro, calculadora, lápis e papel

COMPONENTES

1 tabuleiro

40 cartas Nível 1 (80 perguntas)

40 cartas Nível 2 (80 perguntas)

40 cartas Desafio (80 perguntas)

4 peões

1 cronômetro

INTRODUÇÃO

Respondendo a perguntas que possuem duas alternativas, A e B, onde uma somente é correta, as duplas vão mostrar que são bons em diversos assuntos de Eletrostática. Cada uma deve responder corretamente a 10 perguntas para ser a dupla vencedora mas precisa de muita atenção, pois a dupla que errar 5 vezes está fora do jogo.

OBJETIVO

Ser a dupla com mais acertos no final da partida.

PREPARAÇÃO

As cartas devem ser separadas por grau de dificuldade: Nível 1 (perguntas fáceis), Nível 2 (perguntas de dificuldade média) e Desafio (perguntas difíceis) e embaralhadas.

Cada dupla escolhe um peão e coloca no espaço início.

COMO JOGAR

1 – As duplas decidem entre si quem começa o jogo.

2 – A dupla que está à direita da dupla que começou pega uma carta de Nível 1 e pede para a dupla que vai responder escolher qual pergunta deseja responder dentre as duas que estão na carta.

3 – Após a leitura da pergunta, o cronômetro é acionado, para que a dupla responda a pergunta antes que o tempo acabe.

4 – Se a pergunta for teórica, a dupla terá 1 minuto para dar a resposta e, se a pergunta envolver uma resolução matemática a dupla terá no máximo 4 minutos para resposta.

5 – Quando a dupla errar uma pergunta, ela permanece onde está.

DESAFIO

Caso a dupla consiga passar pelo Nível 1 e pelo Nível 2 sem errar nenhuma, e depois errar a resposta do desafio, ela terá o direito a responder outro desafio.

VENCEDOR

O jogo termina quando as duplas não puderem mais responder a nenhuma pergunta ou tiverem respondido corretamente ao desafio.

No caso de empate, ganha aquela dupla que demorou mais para errar no início do jogo

A.6.2.2 Cartas

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Prótons e nêutrons estão arranjados na pequeníssima região central que constitui o núcleo do átomo. Os elétrons, por sua vez, deslocam-se rapidamente em torno do núcleo, distribuídos nos diversos de energia permitidos. Esses níveis localizam-se numa região denominada:

A) magnetosfera.

***B) eletrosfera.**

2. Ao próton e ao elétron associou-se uma propriedade denominada:

***A) carga elétrica.**

B) carga magnética.

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Em 1897 o físico inglês J. J. Thomson descobriu o:

A) o próton.

***B) o elétron.**

2. Entre 1906 e 1913, o físico Robert Andrews Millikan (1868-1953) conseguiu estabelecer experimentalmente que a carga elétrica do elétron, em módulo, é a menor carga elétrica e, portanto, indivisível. Por isso, chama-se também carga elétrica elementar, cujo valor é:

A) $3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

***B) $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. A atmosfera da Terra é constantemente bombardeada por raios cósmicos provenientes do espaço sideral, constituídos principalmente por:

A) quarks.

***B) prótons.**

2. Qual cientista introduziu a ideia de campos elétricos no século XIX?

A) Isaac Newton.

***B) Michael Faraday.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Se uma carga em excesso é introduzida em um condutor, a carga se concentra:

***A) na superfície do condutor.**

B) na superfície e no centro do condutor.

2. O trabalho realizado ao longo de uma trajetória que se mantém em uma superfície equipotencial é:

A) máximo.

***B) nulo.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Um objeto tem um total de 10^{23} prótons. O que se pode concluir a respeito de sua carga se ele tiver mais que 10^{23} elétrons?

A) estará eletrizado positivamente.

***B) estará eletrizado negativamente.**

2. Um objeto tem um total de 10^{23} prótons. O que se pode concluir a respeito de sua carga se ele tiver 10^{23} elétrons?

***A) estará eletricamente neutro.**

B) estará eletrizado positivamente.

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Um corpo possui $5 \cdot 10^{17}$ elétrons e $3 \cdot 10^{17}$ prótons. Qual é o sinal e o valor da carga elétrica no corpo?

***A) $-32 \cdot 10^{-3}$ C**

B) $+32 \cdot 10^{-3}$ C

2. Nos arredores do meio que envolve as pontas de um condutor eletrizado, o campo elétrico é mais intenso, podendo atingir valores muito elevados e provocar um fenômeno eletrostático denominado:

A) gaiola de Faraday.

***B) poder das pontas.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Um capacitor é um dispositivo capaz de armazenar:

A) calor.

***B) carga elétrica.**

2. Calcule o número de elétrons que devemos retirar de um corpo para que ele fique eletrizado com carga de 1C.

A) $5,25 \cdot 10^{18}$ elétrons.

***B) $6,25 \cdot 10^{18}$ elétrons.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Uma superfície em que o potencial elétrico é o mesmo em todos os seus pontos é chamada:

A) superfície eletrostática.

***B) superfície equipotencial.**

2. A energia adquirida por um elétron ao ser acelerado entre dois pontos cuja diferença de potencial é 1 V, é chamada:

***A) elétron-volt.**

B) elétron-joule

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. A relação entre o elétron-volt e o joule é dada por:

A) $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{19} \text{ J}$

***B) $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$**

2. Como o potencial elétrico é uma grandeza escalar associada ao campo elétrico, cada ponto do campo elétrico tem um potencial elétrico:

A) de mesmo valor.

***B) de valor diferente.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. O campo elétrico é conservativo. Portanto, o trabalho que a força elétrica realiza sobre a carga q quando está se deslocando de um ponto a outro:

A) depende da trajetória descrita por ela.

***B) independe da trajetória descrita por ela.**

2. A unidade usada para medir potencial elétrico é o:

A) newton/coulomb

***B) volt**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Se a carga Q geradora do campo elétrico for positiva:

***A) o potencial elétrico é positivo.**

B) o potencial elétrico é negativo.

2. Por que apenas condutores podem atingir o equilíbrio eletrostático?

***A) porque neles as cargas elétricas possuem mobilidade.**

B) porque neles as cargas elétricas não possuem mobilidade.

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. A gaiola de Faraday evidencia o princípio da:

A) conservação das cargas.

***B) blindagem eletrostática.**

2. O campo elétrico gerado por uma carga puntiforme é constante no espaço?

***A) não.**

B) sim.

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Como se chama um sistema de duas cargas de mesmo módulo e sinais contrários?

A) polo elétrico.

***B) dipolo elétrico.**

2. O campo elétrico surge ao redor de um corpo eletrizado. Quantas dimensões, portanto, possui o campo elétrico?

A) duas.

***B) três.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. O campo elétrico é uma região onde a energia fica armazenada e pode ser utilizada, assim como o campo:

A) de pressão.

***B) gravitacional.**

2. Com o eletroscópio vimos que é possível determinar o tipo de carga de um corpo. Mas esse instrumento não permite saber:

***A) o valor da carga.**

B) o sinal da carga.

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. O eletroscópio é um dispositivo que pode determinar se um objeto está ou não:

A) em movimento.

***B) eletrizado.**

2. Duas esferas metálicas idênticas, A e B, possuem cargas elétricas iniciais respectivamente iguais a -2 C e 8 C . Quais os valores das cargas elétricas em cada uma das esferas após o contato entre elas?

A) 6 C

***B) 3 C**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Para que um corpo fique eletrizado, ele deve perder ou ganhar:

A) prótons.

***B) elétrons.**

2. Se Tales de Mileto esfregou o âmbar na pele de um animal, qual deles ficou eletrizado negativamente, o âmbar ou o animal?

A) animal.

***B) âmbar.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Em 1672, o engenheiro alemão Otto von Guericke construiu o primeiro gerador de:

A) calor.

***B) cargas elétricas.**

2. A eletricidade como ciência começou a ser desenvolvida rapidamente a partir da invenção da pilha em 1800 por:

A) Joseph John Thomson.

***B) Alessandro Volta.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Na eletrização por atrito criam-se cargas elétricas?

***A) não.**

B) sim.

2. Durante a indução de um corpo condutor, ocorre transferência de cargas?

A) sim.

***B) não.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Que físico propôs, em 1785, uma lei que permite calcular a força elétrica entre partículas carregadas?

A) William Gilbert.

***B) Charles Augustin de Coulomb.**

2. Todos os corpos contêm carga elétrica?

***A) sim.**

B) não.

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Os termos “positiva” e “negativa” para os dois tipos de carga elétrica foram escolhidos arbitrariamente por:

A) Tales de Mileto.

***B) Benjamin Franklin.**

2. A pintura eletrostática é uma aplicação do princípio da:

A) conservação de energia.

***B) atração e repulsão.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Uma partícula de carga positiva produz um potencial elétrico positivo ou negativo?

A) negativo.

***B) positivo.**

2. Quando uma carga elétrica positiva é deslocada no sentido do campo elétrico, a sua energia potencial elétrica aumenta ou diminui?

A) aumenta.

***B) diminui.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Um átomo eletricamente neutro contém o mesmo número de:

A) prótons e nêutrons.

***B) prótons e elétrons.**

2. Os materiais podem ser classificados de acordo com a facilidade com a qual as cargas elétricas se movem no seu interior. Nos condutores, como o cobre dos fios elétricos, o corpo humano e a água de torneira, as cargas elétricas se movem com:

A) dificuldade.

***B) facilidade.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Ao redor de um objeto existe um campo elétrico. Podemos afirmar que esse objeto está:

***A) eletrizado.**

B) magnetizado.

2. O oxigênio do ar que você respira é incorporado ao seu sangue por meio de forças de natureza:

A) gravitacional.

***B) elétrica.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. A lei de Coulomb resistiu a todos os testes experimentais; até hoje não foi encontrada nenhuma exceção. A lei é válida até mesmo no interior dos átomos, onde descreve corretamente a força de atração entre o núcleo positivo e os elétrons negativos, enquanto a mecânica newtoniana deixa de ser válida nesse contexto e deve ser substituída pela:

A) relatividade geral.

***B) mecânica quântica.**

2. Qual lei explica corretamente as forças que unem os átomos para formarem moléculas e, as forças que unem os átomos e moléculas para formar sólidos e líquidos?

A) a lei de Newton.

***B) a lei de Coulomb.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Há várias aplicações do capacitor como componente eletrônico e, por isso, os capacitores assumem formas e tamanhos:

A) iguais.

***B) diferentes.**

2. O que é carga elétrica puntiforme?

***A) é a carga elétrica armazenada em um ponto material.**

B) é a carga elétrica armazenada em um corpo extenso.

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Máquinas eletrostáticas são aparelhos capazes de fornecer, de modo contínuo, quantidades notáveis de:

***A) carga elétrica.**

B) corpos eletrizados.

2. Qual é o dispositivo que verifica se um corpo ou material está ou não eletrizado?

A) capacitor.

***B) eletroscópio.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Em qual processo de eletrização os corpos ficam eletrizados com cargas de mesmo sinal?

A) eletrização por atrito.

***B) eletrização contato.**

2. Existe uma região de influência da carga Q onde qualquer carga de prova q , nela colocada, estará sob a ação de uma força de origem elétrica. A essa região chamamos de:

A) campo gravitacional.

***B) campo elétrico.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Dispõe-se de três esferas metálicas idênticas e isoladas uma da outra. Duas delas, A e B, estão neutras, enquanto a esfera C contém uma carga elétrica Q . Faz-se a esfera C tocar primeiro a esfera A e depois a esfera B. No final deste procedimento, qual a carga elétrica da esfera C?

***A) $\frac{Q}{4}$**

B) $\frac{Q}{2}$

2. Qual é a unidade de medida da carga elétrica, no Sistema Internacional de Unidades?

***A) coulomb.**

B) newton.

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. O vetor campo elétrico \vec{E} tem a mesma direção:

A) do potencial elétrico.

***B) da força elétrica.**

2. Quando a carga elétrica criadora do campo elétrico for negativa, o campo elétrico será sempre de:

***A) aproximação.**

B) afastamento.

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Quando a carga elétrica criadora do campo elétrico for positiva, o campo elétrico produzido será sempre de:

A) aproximação.

***B) afastamento.**

2. Denomina-se espectro do campo a representação gráfica de um campo elétrico, ou seja, das suas:

A) linhas de carga.

***B) linhas de força.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Quando um corpo encontra-se eletrizado positivamente ele:

A) tem excesso de prótons.

***B) tem falta de elétrons.**

2. Aproximando-se dois corpos eletrizados de mesma carga elétrica, entre eles aparece uma força elétrica de:

***A) repulsão.**

B) atração.

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. De acordo com o Princípio da Ação e Reação, as forças elétricas agem em corpos diferentes, logo:

***A) elas não podem se anular.**

B) elas podem se anular.

2. No vácuo, qual é o valor, aproximado, da constante eletrostática?

A) $9 \cdot 10^9 \text{ N.m/C}^2$

***B) $9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. A unidade do potencial elétrico no SI é o:

***A) joule/coulomb**

B) volt/metro

2. A capacidade de um condutor esférico é diretamente proporcional:

A) a sua massa.

***B) ao seu raio.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Qual é o trabalho realizado pela força elétrica no deslocamento de uma carga puntiforme sobre uma superfície equipotencial?

A) zero.

B) diferente de zero.

2. Denomina-se capacitor o conjunto de condutores e dielétricos arrumados de tal maneira que se consiga armazenar a máxima quantidade de:

***A) cargas elétricas.**

B) energia calorífica.

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Qual é o nome do meio que separa as armaduras de um capacitor?

***A) dielétrico.**

B) condutor.

2. Quando podemos dizer que um capacitor está carregado?

A) quando as suas armaduras estão carregadas com cargas de mesmo módulo, e de sinais iguais.

***B) quando as armaduras estão carregadas com cargas de mesmo módulo, porém de sinais contrários.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Se um corpo está eletrizado, então o número de cargas elétricas positivas e negativas:

***A) não é o mesmo.**

B) é o mesmo.

2. A molécula de água tem a capacidade de atrair corpos neutros, por ser:

***A) polar.**

B) magnetizada.

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. A densidade superficial de cargas para um condutor esférico é:

A) variável.

***B) constante.**

2. Uma superfície em que o potencial elétrico é o mesmo em todos os seus pontos da superfície é chamada:

***A) superfície equipotencial.**

B) superfície potencial.

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. O que é o pósitron?

A) é a antipartícula do próton.

***B) é a antipartícula do elétron.**

2. O campo elétrico de uma carga puntiforme:

A) é constante no espaço.

***B) não é constante no espaço.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Em dias secos, acumulamos uma grande quantidade de cargas elétricas em decorrência do atrito com os corpos, que se transfere para outros corpos quando entramos em contato com eles. Essa grande transferência de cargas através do nosso corpo nos dá a sensação de:

A) calor.

***B) choque.**

2. Como é chamado o grupo de materiais especiais que se classificam entre os condutores e os isolantes?

***A) semicondutores.**

B) supercondutores.

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Quando um átomo perde ou ganha elétrons, ele se transforma em:

***A) íon.**

B) píon.

2. Os nêutrons, descobertos em 1932 por James Chadwick, físico britânico, são partículas:

***A) sem carga elétrica.**

B) com carga elétrica positiva.

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Um corpo neutro é sempre:
A) repellido por um corpo eletrizado.
***B) atraído por um corpo eletrizado.**
2. Um corpo inicialmente neutro, é eletrizado e adquire carga elétrica de $+8\text{nC}$. Qual foi o número de elétrons que o corpo perdeu com o processo de eletrização?
(Dado: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$)
***A) $5 \cdot 10^{10}$**
B) $5 \cdot 10^{-10}$

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. A carga elétrica de um corpo passa de $-2\mu\text{C}$ para $+1,2\mu\text{C}$. O corpo perdeu ou recebeu elétrons?
A) recebeu.
***B) perdeu.**
2. Toda matéria é constituída de átomos. Os átomos, em um modelo simplificado, são compostos fundamentalmente de:
A) prótons, quarks e nêutrons.
***B) prótons, nêutrons e elétrons.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Os nêutrons não apresentam propriedades elétricas, por isso, considera-se que eles não tem:
A) massa e carga elétrica.
***B) carga elétrica.**
2. As primeiras experiências relacionadas à eletricidade de que se tem notícia ocorreram:
A) na Argentina.
***B) na Grécia antiga.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 1

1. Uma carga elétrica em um campo elétrico uniforme fica sujeita a uma força elétrica:
***A) constante.**
B) variável.
2. Um bastão de vidro eletrizado positivamente repele um objeto suspenso num pêndulo elétrico. Podemos afirmar que o objeto está carregado:
A) negativamente.
***B) positivamente.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. O pósitron é a antipartícula do elétron, possuindo a mesma massa porém com carga elétrica positiva $+e$. Sob a ação de um campo elétrico uniforme, o pósitron sofre uma aceleração cujo módulo é a .

Ao quadruplicarmos a intensidade do campo elétrico, o pósitron sofrerá uma aceleração cujo módulo vale:

A) $\frac{1}{4}a$ ***B) $4a$**

2. Um condutor tem densidade elétrica superficial $6 \cdot 10^{-2} \text{ C/m}^2$ e área $0,2 \text{ m}^2$. Qual é a carga contida nesse corpo?

- *A) $0,012 \text{ C}$**
B) $1,2 \text{ C}$

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Um objeto de pequenas dimensões, com carga elétrica Q , cria um potencial igual a 1000 V , num ponto A, a uma distância de $0,10 \text{ m}$. Qual é o valor do campo elétrico no ponto A?

- A) 10^3 N/C
***B) 10^4 N/C**

2. Qual o trabalho realizado por uma força de interação elétrica ao transportar uma carga de 25 C , de um ponto cujo potencial é 120 V até outro ponto de 110 V ?

- A) 200 J
***B) 250 J**

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Qual é o valor da carga elétrica de uma partícula de massa $m = 2 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$, para que ela permaneça estacionária, no espaço, quando colocada em um campo elétrico vertical de 100 N/C , num local onde a aceleração da gravidade é de 10 m/s^2 ?

- A) $2 \cdot 10^{-3} \text{ C}$
***B) $2 \cdot 10^{-4} \text{ C}$**

2. Qual é a energia potencial elétrica que uma carga de $5 \mu\text{C}$ adquire a $0,1 \text{ m}$ de uma carga de $0,2 \mu\text{C}$, localizada no vácuo?

- A) $0,06 \text{ J}$
***B) $0,09 \text{ J}$**

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Dispõe-se de quatro esferas metálicas idênticas e isoladas uma da outra. Três delas, A, B e C, estão descarregadas, enquanto a quarta esfera, D, contém carga negativa Q . Faz-se a esfera D tocar, sucessivamente, as esferas A, B e C. Qual será a carga elétrica final da esfera D?

- A) $\frac{Q}{8}$ ***B) $-\frac{Q}{8}$**

2. Uma carga elétrica pontual Q , negativa, gera no espaço um campo elétrico. Num ponto P, a $0,5 \text{ m}$ dela, o campo tem intensidade $E = 1,44 \cdot 10^6 \text{ N/C}$. Qual é o valor de Q ? (Dado: $k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$)

- *A) $4 \cdot 10^{-4} \text{ C}$**
B) $2 \cdot 10^{-4} \text{ C}$

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Uma partícula de massa $2 \cdot 10^{-5}$ kg, com carga $q = 6 \cdot 10^{-8}$ C, é colocada num campo elétrico uniforme, de intensidade $E = 5 \cdot 10^3$ N/C. A partícula adquire uma aceleração escalar de:

- *A) **15 m/s²**
B) 10 m/s²

2. Qual é a intensidade do vetor campo elétrico em um ponto situado a 10 cm de uma carga puntiforme de $5 \mu\text{C}$?

(Dado: $k = 9 \cdot 10^9$ N.m²/C²)

- *A) **$4 \cdot 10^6$ N/C**
B) $2 \cdot 10^6$ N/C

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Duas cargas puntiformes de módulos $2 \cdot 10^{-6}$ C e $3 \cdot 10^{-6}$ C, no vácuo ($k_0 = 9 \cdot 10^9$ N.m²/C²), estão separadas por uma distância de 30 cm. Qual é a intensidade da força elétrica entre elas?

- *A) **0,6 N**
B) 6,0 N

2. Um corpo eletrizado tem carga elétrica $Q = - 8 \mu\text{C}$. Qual é o número de elétrons em falta ou em excesso nesse corpo?

- A) $5 \cdot 10^{10}$ elétrons em falta.
*B) **$5 \cdot 10^{13}$ elétrons em excesso.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Duas cargas elétricas, Q_1 e Q_2 , atraem-se com uma força de intensidade 0,2 N quando separadas por uma distância d . Qual será a nova intensidade da força de atração entre elas se duplicarmos o módulo da primeira carga, triplicarmos o módulo da segunda e reduzirmos a distância entre elas à metade?

- *A) **4,8 N**
B) 0,48 N

2. Duas esferas carregadas, afastadas de 1 m, se atraem com uma força de 720 N. Se uma esfera tem o dobro da carga da outra, qual é a carga das duas esferas?

(Considere $k = 9 \cdot 10^9$ N.m²/C²)

- A) $1 \cdot 10^{-4}$ C e $2 \cdot 10^{-4}$ C
*B) **$2 \cdot 10^{-4}$ C e $4 \cdot 10^{-4}$ C**

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Considere três esferas metálicas condutoras idênticas, A, B e C, isoladas umas das outras. As esferas A e B estão neutras e a esfera C está eletrizada e tem carga elétrica Q . Faz-se a esfera C tocar a esfera A e, em seguida, a esfera B. No final desse procedimento, a carga elétrica da esfera B é igual a $3 \mu\text{C}$. Qual era a carga inicial Q da esfera C?

- A) $6 \mu\text{C}$
*B) **$12 \mu\text{C}$**

2. Qual é o valor do potencial elétrico criado por uma carga puntiforme, $Q = +5 \mu\text{C}$, no vácuo ($k_0 = 9 \cdot 10^9$ N.m²/C²), em um ponto P a 10 cm da carga?

- A) $4,0 \cdot 10^5$ V
*B) **$4,5 \cdot 10^5$ V**

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Em uma certa região existe um vetor campo elétrico vertical e orientado para cima de módulo 150 N/C . Uma partícula eletrizada com carga $q = -2\mu\text{C}$ é colocada nessa região. Caracterize a força elétrica que age na partícula.

***A) $F = 3 \cdot 10^{-4} \text{ N}$, vertical e orientada para baixo.**

B) $F = 3 \cdot 10^{-4} \text{ N}$, vertical e orientada para cima.

2. Qual é a capacidade de um condutor que possui carga de $2\mu\text{C}$ e potencial de 800 V ?

***A) $2,5 \text{ nF}$**

B) $2,0 \text{ nF}$

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Qual é a ddp entre dois pontos, A e B, de uma campo elétrico uniforme de intensidade 10^5 N/C , sabendo que a distância entre esses pontos é de $0,2 \text{ cm}$?

A) 220 V

***B) 200 V**

2. Uma partícula com massa 10 g e carga elétrica $+5\mu\text{C}$ é colocada em um ponto no qual existe um campo elétrico de módulo $2 \cdot 10^4 \text{ N/C}$. Considerando apenas a força elétrica, qual é o módulo da aceleração adquirida pela partícula?

A) 12 m/s^2

***B) 10 m/s^2**

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Um capacitor ligado aos terminais de uma pilha de 3 V adquire carga de $6 \mu\text{C}$. Qual é a capacidade desse capacitor?

A) $4 \mu\text{F}$

***B) $2 \mu\text{F}$**

2. Qual é o valor da carga elétrica de uma partícula de massa $m = 2 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$, para que ela permaneça estacionária, no espaço, quando colocada em um campo elétrico vertical para baixo de 100 N/C , num local onde a aceleração da gravidade é de 10 m/s^2 ?

***A) $- 2 \cdot 10^{-4} \text{ C}$**

B) $2 \cdot 10^{-4} \text{ C}$

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Um desfibrilador cilíndrico utilizado por uma equipe cardiológica de emergência é formado essencialmente por um capacitor de capacitância $70 \mu\text{F}$ e opera na tensão de 5000 V . Qual é a energia armazenada no capacitor do aparelho?

A) 800 J

***B) 875 J**

2. Uma esfera maciça de raio $5,0 \text{ cm}$ e eletrizada com carga de $-3\mu\text{C}$ se encontra no vácuo ($k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$). Qual é a intensidade do campo elétrico no interior da esfera a $2,0 \text{ cm}$ do seu centro?

A) $2 \cdot 10^3 \text{ N/C}$

***B) zero.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Qual é a intensidade da força elétrica entre duas cargas de 2 C cada uma, situadas no vácuo a 2 mm uma da outra? (Dado: $k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$)

***A) $9 \cdot 10^{15} \text{ N}$**

B) $9 \cdot 10^9 \text{ N}$

2. Considere três esferas metálicas idênticas, A, B e C. Inicialmente a esfera A tem carga 2 C, a esfera B tem carga - 4C e a esfera C tem carga 8C. Qual é o valor da carga elétrica das três esferas, se elas foram colocadas em contato simultâneo?

A) 3 C

***B) 2 C**

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Descreva um capacitor e diga qual a sua função.

***A) um capacitor consiste no conjunto de duas superfícies condutoras permeadas por um meio isolante (dielétrico). Sua principal função é armazenar cargas elétricas.**

B) um capacitor consiste no conjunto de duas superfícies isolantes permeadas por um meio condutor. Sua principal função é armazenar cargas elétricas.

2. Um capacitor, ligado aos terminais de uma bateria de 12 V, armazena carga de 60 nC. Qual é a capacitância do capacitor?

A) 4 nF

***B) 5 nF**

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Duas cargas elétricas iguais de 1 C cada uma, interagem com uma força de intensidade $9 \cdot 10^9 \text{ N}$. Qual é a distância entre as cargas? (Dado: $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$)

A) 2 m

***B) 1 m**

2. Duas cargas pontuais, $q_A = 5 \mu\text{C}$ e $q_B = - 2 \mu\text{C}$, estão distantes 20 cm uma da outra. O potencial eletrostático, em kV, no ponto médio entre as cargas é:

***A) 270**

B) 200

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Uma partícula de massa $2,0 \cdot 10^{-17} \text{ kg}$ e carga de $4,0 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ é abandonada em um campo elétrico uniforme de intensidade $3,0 \cdot 10^2 \text{ N/C}$. Desta forma pode-se concluir que a partícula:

A) adquire uma aceleração constante de $4,0 \text{ m/s}^2$.

***B) adquire uma aceleração constante de $6,0 \text{ m/s}^2$.**

2. Uma carga positiva é lançada na mesma direção e no mesmo sentido das linhas de forças de um campo elétrico uniforme E . Estando sob ação exclusiva da força elétrica, o movimento descrito pela carga, na região do campo, é:

***A) retilíneo uniformemente acelerado.**

B) retilíneo e uniforme.

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Uma carga elétrica de $8 \mu\text{C}$ pode produzir em um ponto situado a 20 cm da carga um campo elétrico de:

- *A) $18 \cdot 10^5 \text{ N/C}$
B) $1,8 \cdot 10^5 \text{ N/C}$

2. Considere duas esferas metálicas idênticas. A carga elétrica de uma é Q e da outra é $-2Q$. Colocando-se as duas esferas em contato, a carga elétrica da esfera que estava, no início, carregada positivamente fica igual a:

- A) $-Q$
*B) $-Q/2$

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Qual é o módulo de uma carga pontual cujo campo elétrico a 10 cm de distância tem módulo 9 N/C ?

- *A) $1 \cdot 10^{-2} \text{ nC}$
B) 10 nC

2. Qual é a intensidade da força elétrica aplicada sobre uma carga de prova $q = 4 \mu\text{C}$, quando imersa num campo elétrico de intensidade $1 \cdot 10^5 \text{ N/C}$?

- A) $0,5 \text{ N}$
*B) $0,4 \text{ N}$

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Duas cargas puntiformes encontram-se no vácuo a uma distância de 10 cm uma da outra. As cargas valem: $Q_1 = 3 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ e $Q_2 = 3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$. Qual é a intensidade da força de interação entre elas?

(Dado: $k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$)

- *A) $8,1 \cdot 10^{-5} \text{ N}$
B) $9 \cdot 10^{-5} \text{ N}$

2. Uma carga elétrica puntiforme com $4 \mu\text{C}$, que é colocada em um ponto P do vácuo, fica sujeita a uma força elétrica de intensidade $1,2 \text{ N}$. Qual é a intensidade do campo elétrico no ponto P?

- A) $4 \cdot 10^5 \text{ N/C}$
*B) $3 \cdot 10^5 \text{ N/C}$

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Duas esferas igualmente carregadas, no vácuo, atraem-se mutuamente quando separadas a uma certa distância. Quadruplicando a distância entre as esferas, a força de atração entre elas torna-se:

- *A) **16 vezes menor.**
B) 4 vezes menor.

2. Uma carga pontual Q , positiva, gera no espaço um campo elétrico. Num ponto P, a 0,5 m dela, o campo elétrico tem intensidade $E = 7,2 \cdot 10^6 \text{ N/C}$. Sendo o meio o vácuo onde $k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$, qual é o valor de Q ?

- A) $4 \cdot 10^{-4} \text{ C}$
*B) $2 \cdot 10^{-4} \text{ C}$

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Para se eletrizar a um potencial de 120 V um condutor esférico de 20 cm de raio e sabendo-se que a carga de um elétron é igual a $1,6 \cdot 10^{-19}$ C, são necessários:

A) $6,0 \cdot 10^9$ elétrons.

***B) $1,7 \cdot 10^{10}$ elétrons.**

2. Uma esfera imersa no vácuo tem potencial interno igual a 9 000 V. Seu raio é $R = 0,2$ m e $k_0 = 9 \cdot 10^9$ N.m²/C². Qual é a carga elétrica da esfera?

***A) $2,0 \cdot 10^{-7}$ C**

B) $1,8 \cdot 10^{-7}$ C

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Um material isolante passa a conduzir eletricidade quando submetido a campo elétricos superiores a um valor limite conhecido como "rigidez dielétrica". A que potencial máximo se pode manter carregada uma esfera metálica de 2,0 cm de raio, imersa no ar? Considere a esfera bem afastada de qualquer outro objeto e a rigidez dielétrica do ar igual a $3,0 \cdot 10^6$ N/C.

A) $3 \cdot 10^4$ V

***B) $6 \cdot 10^4$ V**

2. Uma esfera no vácuo, $k_0 = 9 \cdot 10^9$ N.m²/C², de raio igual a 1 m, é carregada com $1 \cdot 10^{-3}$ coulomb de carga. Qual é o potencial elétrico da esfera?

***A) 9 000 000 V**

B) 9 000 V

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Uma esfera condutora de raio 1 cm é carregada com 3 nC e ligada a outra esfera igualmente condutora de raio 2 cm e descarregada. Estabelecido o equilíbrio eletrostático, suas novas cargas são Q_1 e Q_2 . Qual é o valor dessas cargas?

A) $Q_1 = 2$ nC e $Q_2 = 1$ nC

***B) $Q_1 = 1$ nC e $Q_2 = 2$ nC**

2. Um condutor esférico no vácuo é ligado a um gerador eletrostático de 5 000 V, o qual lhe confere uma carga de 20 mC. Qual é o raio do condutor?

***A) 36 000 m**

B) 18 000 m

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Qual deveria ser o raio de uma esfera condutora, imersa no vácuo, $k_0 = 9 \cdot 10^9$ N.m²/C², para que sua capacitância fosse igual a 1 farad?

A) 9 000 000 m

***B) 9 000 000 000 m**

2. O campo elétrico \vec{E}_1 de uma carga elétrica puntiforme Q , a uma distância d , tem intensidade x . Portanto, o campo elétrico \vec{E}_2 de outra carga elétrica $4Q$, a uma distância $2d$, tem intensidade:

***A) x**

B) $x/4$

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Considere duas pequenas esferas condutoras iguais, separadas pela distância $d = 0,3 \text{ m}$. Uma delas possui carga $Q_1 = 1 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ e a outra $Q_2 = - 5 \cdot 10^{-10} \text{ C}$. A força elétrica F de uma esfera sobre a outra é:

***A) $5 \cdot 10^{-8} \text{ N}$ e de atração.**

B) $5 \cdot 10^{-9} \text{ N}$ e de atração.

2. A distância entre duas cargas elétricas fixas é x . Se a força de atração entre elas é igual a F , a que distância elas devem ser colocadas, para que a força de atração entre elas passe a ser $2F$?

***A) $\frac{x}{\sqrt{2}}$**

B) $\frac{x}{2}$

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Três cargas elétricas puntiformes estão nos vértices A, B e C de um triângulo retângulo isósceles. Sabe-se que a força que atua sobre a carga localizada no vértice C do ângulo reto tem a mesma direção que a da reta AB. Aplicando-se a Lei de Coulomb a essa situação, conclui-se que:

A) as cargas localizadas nos pontos A e B têm valores absolutos diferentes e sinais contrários.

***B) as cargas localizadas em A e B são de sinais contrários e de valores absolutos iguais.**

2. Qual é o módulo da força de interação entre duas partículas eletrizadas com $+2\mu\text{C}$ e $-6\mu\text{C}$, estando no vácuo à distância de 2 cm uma da outra?

***A) 270 N**

B) 300 N

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Duas cargas elétricas puntiformes positivas e iguais a Q estão situadas no vácuo a 3 m de distância. Sabe-se que a força de repulsão entre as cargas tem intensidade 0,9 N. Qual é o valor de Q ?

***A) $3 \cdot 10^{-5} \text{ C}$**

B) $9 \cdot 10^{-5} \text{ C}$

2. Dois cilindros condutores estão dispostos de tal modo que um se situa dentro do outro, isolados entre si e de qualquer outro corpo. O cilindro externo é eletrizado, o interno está neutro. Por meio de um fio condutor, liga-se um ao outro. Pode-se afirmar que:

A) toda a carga passa para o cilindro interno.

***B) não há passagem de carga do cilindro externo para o interno.**

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Cinco esferas metálicas idênticas, de dimensões bastante reduzidas, são eletrizadas individualmente. A esfera A adquiriu uma carga elétrica igual a $+5q$, a B ganhou $-3q$, a C ficou com $+7q$, a D com $+6q$ e a última, E, adquiriu carga ignorada. No entanto, após um contato simultâneo entre as cinco esferas, observou-se que cada uma ficou com carga elétrica igual a $+3q$. Qual era a carga inicial de E?

A) $+q$

***B) zero**

2. Qual é a carga de um corpo que possui 2 980 elétrons e 3 010 prótons?

***A) $4,8 \cdot 10^{-18} \text{ C}$**

B) $- 4,8 \cdot 10^{-18} \text{ C}$

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Considere três pequenas esferas metálicas X, Y e Z, de diâmetros iguais. A situação inicial das esferas é a seguinte: X neutra, Y carregada com carga $+Q$ e Z carregada com carga $-Q$. As esferas não trocam cargas elétricas com o ambiente. Fazendo-se a esfera X tocar primeiro na esfera Y e depois na esfera Z. Qual é a carga final de X?

*A) $-\frac{Q}{4}$

B) $\frac{Q}{2}$

2. Uma esfera encontra-se no vácuo. Seu raio é 20 cm. Sua carga é positiva e igual a $4 \mu\text{C}$. Qual é a intensidade do campo elétrico a 15 cm de seu centro?

A) $1,6 \cdot 10^3 \text{ N/C}$

*B) zero

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Uma esfera metálica de raio R foi eletrizada com uma carga elétrica positiva Q . Para que uma outra esfera metálica de raio $2R$ tenha a mesma densidade superficial de cargas da primeira esfera, é necessário eletrizá-la com que carga?

A) $2Q$

*B) $4Q$

2. Uma partícula de massa $2 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$ e carga elétrica $4 \mu\text{C}$ fica em equilíbrio quando colocada em certa região de um campo elétrico. Adotando-se $g = 10 \text{ m/s}^2$, qual é a intensidade do campo elétrico naquela região?

A) 5 N/C

*B) 50 N/C

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Um próton é acelerado por uma diferença de potencial de 2 MV. Qual o aumento da sua energia cinética?

*A) $3,2 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

B) $1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

2. Num campo elétrico, leva-se uma carga puntiforme $q = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ de um ponto A até um ponto B. O trabalho da força elétrica é de 10^{-4} J . Qual a ddp entre os pontos A e B?

A) 20 V

*B) -20 V

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Quando duas partículas eletrizadas com cargas que se repelem são aproximadas, a energia potencial do sistema formado pelas partículas:

A) diminui.

*B) aumenta.

2. O funcionamento de um para-raios é baseado:

*A) na indução eletrostática e no poder das pontas.

B) na indução eletrostática e na blindagem eletrostática.

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Que carga elétrica deve receber uma esfera condutora de 60 cm de raio para que, no vácuo, adquira um potencial igual a -120 kV?

A) $7,2 \cdot 10^{-8}$ C

***B) $8 \cdot 10^{-6}$ C**

2. Duas esferas A e B, de raios $3R$ e R , estão isolados e em equilíbrio eletrostático. Ambas estão eletrizadas com cargas positivas $6Q$ e Q , respectivamente. Interligando-as com fio metálico, podemos afirmar que:

***A) os elétrons vão de B para A.**

B) os elétrons vão de A para B.

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Uma esfera condutora de raio $R = 10$ cm encontra-se isolada e carregada com uma carga $Q = -8 \cdot 10^{-2}$ C. Qual é a quantidade de elétrons que a esfera deve perder para ficar neutra?

A) $5 \cdot 10^{19}$ elétrons.

***B) $5 \cdot 10^{17}$ elétrons.**

2. Uma esfera metálica oca, de 9 m de raio, recebe a carga de 45 nC. Qual é o potencial a 3 m do centro da esfera?

***A) 45 volts**

B) 135 volts

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. Um corpúsculo eletrizado é abandonado num ponto de um campo elétrico. A trajetória por ele seguida, sob a ação do campo:

A) é certamente uma linha de força.

***B) pode coincidir com uma linha de força.**

2. Dois pontos A e B de um campo elétrico têm potenciais iguais a 150 V e 100 V, respectivamente, em relação a um certo ponto de referência. Qual é o novo potencial de A, adotando-se B como referencial?

***A) 50 volts**

B) 100 volts

Quest Eletrostático

NÍVEL 2

1. No vácuo, uma carga elétrica puntiforme Q gera um campo elétrico de módulo E em um ponto a uma distância d . Qual é o módulo do vetor campo elétrico gerado por outra carga $3Q$ em um ponto situado à distância $\frac{d}{2}$?

A) $6E$

***B) $12E$**

2. Duas pequenas esferas iguais, eletrizadas com a mesma carga elétrica Q , situam-se à distância de 50 cm no vácuo e repelem-se com forças de intensidade 0,144 N. Qual é a carga elétrica dessas esferas.

***A) $2 \mu\text{C}$ ou $-2 \mu\text{C}$**

B) $4 \mu\text{C}$ ou $-4 \mu\text{C}$

Quest Eletrostático

DESAFIO

Uma carga elétrica $q = - 2\mu\text{C}$, quando colocada em um ponto P de um campo elétrico \vec{E} , fica sujeita a uma força elétrica \vec{F} vertical, orientada para cima e com intensidade $F = 0,6 \text{ N}$. Quais são as características (intensidade, direção e sentido) do campo elétrico \vec{E} no ponto P?

A) $3 \cdot 10^5 \text{ N/C}$, vertical para cima.

***B) $3 \cdot 10^5 \text{ N/C}$, vertical para baixo.**

Quest Eletrostático

DESAFIO

Uma partícula eletrizada com carga $q = 3 \mu\text{C}$ é colocada em repouso num ponto A de um campo elétrico uniforme de intensidade $E = 2 \cdot 10^3 \text{ V/m}$. Num dado intervalo de tempo, ela se desloca para um ponto B. Sabendo que a ddp entre os pontos A e B é $U = 40 \text{ V}$, podemos concluir que a energia cinética da partícula ao atingir o ponto B é:

***A) $1,2 \cdot 10^{-4} \text{ J}$**

B) $2,4 \cdot 10^{-2} \text{ J}$

Quest Eletrostático

DESAFIO

Duas esferas iguais, carregadas com cargas $+16\mu\text{C}$ e $- 4\mu\text{C}$ são colocadas em contato uma com a outra e, depois, separadas pela distância de 3 cm. Qual será a intensidade da força elétrica entre elas?

A) 260 N

***B) 360 N**

Quest Eletrostático

DESAFIO

Duas esferas igualmente carregadas, no vácuo, repelem-se mutuamente quando separadas a uma certa distância. Reduzindo-se três vezes a distância entre as esferas, a força de repulsão entre elas torna-se:

A) 3 vezes maior.

***B) 9 vezes maior.**

Quest Eletrostático

DESAFIO

No estudo dos raios cósmicos são observadas partículas chamadas **píons**. Considere um **píon** com carga elétrica **+e** se desintegrando em duas outras partículas: um **múon** com carga elétrica **+e** e um **neutrino**. De acordo com o princípio de conservação da carga, o **neutrino** deverá ter carga elétrica:

*A) nula.

B) +e

Quest Eletrostático

DESAFIO

Duas partículas eletrizadas com cargas elétricas opostas, $+2\mu\text{C}$ e $-2\mu\text{C}$ são colocadas, no vácuo, próximas uma da outra e atraem-se com uma força de intensidade $F = 9\,000\text{ N}$. Qual a distância que separa as cargas?

*A) 0,002 m

B) 0,02 m

Quest Eletrostático

DESAFIO

Sobre uma carga elétrica de $2,0 \cdot 10^{-6}\text{C}$, colocada em certo ponto do espaço, age uma força de intensidade 0,80 N. Despreze as ações gravitacionais. Qual é a intensidade do campo elétrico nesse ponto?

A) 4 000 000 N/C

*B) 400 000 N/C

Quest Eletrostático

DESAFIO

Uma carga de $-2 \cdot 10^{-9}\text{C}$ está na origem de um eixo X. Qual é a diferença de potencial entre $x_1 = 1,0\text{ m}$ e $x_2 = 2,0\text{ m}$?

*A) - 9

B) 9

Quest Eletrostático

DESAFIO

Uma carga elétrica igual a 20nC é deslocada do ponto, cujo potencial era 70 V , para outro, cujo potencial é 30 V . Nessas condições, o trabalho realizado pela força elétrica foi igual a:

- A) 400 nJ
***B) 800 nJ**

Quest Eletrostático

DESAFIO

Com relação às linhas de força de um campo elétrico, pode-se afirmar que são linhas imaginárias:

A) tais que a tangente a elas em qualquer ponto tem a mesma direção do campo elétrico.

B) tais que a perpendicular a elas em qualquer ponto tem a mesma direção do campo elétrico.

Quest Eletrostático

DESAFIO

Uma partícula de massa $2 \cdot 10^{-5}\text{ kg}$, com carga $q = 6 \cdot 10^{-8}\text{ C}$, é colocada num campo elétrico uniforme, de intensidade $E = 5 \cdot 10^3\text{ N/C}$. Qual é a aceleração escalar adquirida pela partícula?

- A) 20 m/s^2
***B) 15 m/s^2**

Quest Eletrostático

DESAFIO

Uma partícula de massa $2 \cdot 10^{-5}\text{ kg}$, com carga $q = 6 \cdot 10^{-8}\text{ C}$, é colocada num campo elétrico uniforme, de intensidade $E = 5 \cdot 10^3\text{ N/C}$. Qual é o trabalho realizado para deslocar a partícula de $4 \cdot 10^{-3}\text{ m}$?

- *A) $1,2\text{ }\mu\text{J}$**
 B) $120\text{ }\mu\text{J}$

Quest Eletrostático

DESAFIO

Com relação ao trabalho realizado pelo campo elétrico, quando abandonamos uma carga elétrica em repouso nesse campo e ela se deslocar espontaneamente sob a ação exclusiva da força elétrica:

A) será negativo, se a carga abandonada for negativa.

***B) será sempre positivo.**

Quest Eletrostático

DESAFIO

Quando um condutor está em equilíbrio eletrostático, pode-se afirmar, sempre, que:

A) as cargas distribuem-se uniformemente em sua superfície.

***B) o condutor poderá estar neutro ou eletrizado e, neste caso, as cargas em excesso distribuem-se pela sua superfície.**

Quest Eletrostático

DESAFIO

Um condutor eletrizado está em equilíbrio eletrostático. Pode-se afirmar que:

A) o potencial interno é nulo e o campo elétrico é uniforme.

***B) o campo elétrico interno é nulo e o potencial elétrico é constante e diferente de zero.**

Quest Eletrostático

DESAFIO

Se a Terra for considerada um condutor esférico, de raio 6 400 km, situada no vácuo, sua capacitância, para $k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$, será de:

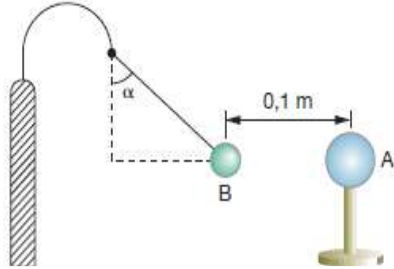
A) 680 farad

***B) 711 farad**

Quest Eletrostático

DESAFIO

A figura mostra a configuração de equilíbrio de uma pequena esfera A e um pêndulo B que possuem cargas de mesmo módulo.



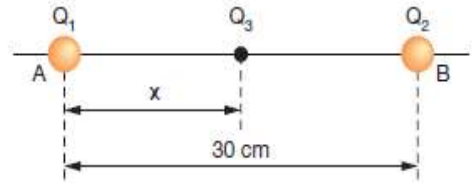
Se $\text{tg } \alpha = 4/3$ e a massa de B é $0,1 \text{ kg}$, determine os módulos das cargas A e B .

- *A) $1,22 \cdot 10^{-6} \text{ C}$
 B) $2,55 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

Quest Eletrostático

DESAFIO

Duas cargas elétricas puntiformes Q_1 e $Q_2 = 4Q_1$ estão fixas nos pontos A e B , distantes 30 cm . Em que posição (x) deve ser colocada uma carga $Q_3 = 2Q_1$ para ficar em equilíbrio sob ação somente de forças elétricas?



- A) 20 cm
 *B) 10 cm

Quest Eletrostático

DESAFIO

Em uma região do espaço existe uma distribuição de cargas que causam um campo elétrico representado na figura através de suas linhas equipotenciais.



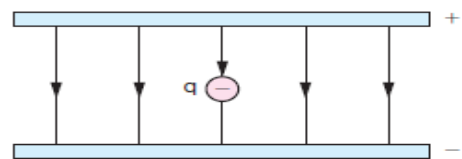
Se colocarmos um próton com velocidade nula sobre a equipotencial de 300 V ele:

- *A) se deslocará para a equipotencial de 250 V .
 B) se deslocará para a equipotencial de 350 V .
 V.

Quest Eletrostático

DESAFIO

A figura abaixo representa uma partícula de carga $q = 2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, imersa, em repouso, num campo elétrico uniforme de intensidade $E = 3 \cdot 10^{-2} \text{ N/C}$.



O peso da partícula, em newtons, é de:

- A) $4 \cdot 10^{-10}$
 *B) $6 \cdot 10^{-10}$

Quest Eletrostático

DESAFIO

Duas cargas pontuais $-q$ e $+Q$ estão dispostas como ilustra a figura.



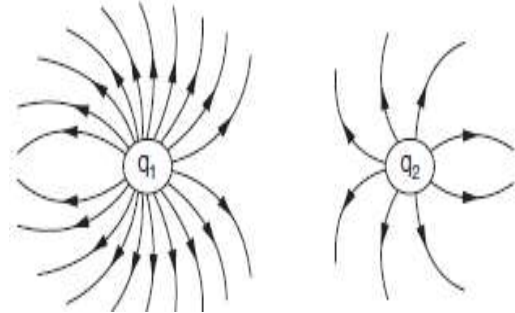
Se $|Q| > |q|$, o campo elétrico produzido por essas cargas se anula em um ponto situado:

- *A) à esquerda da carga negativa.
B) à direita da carga positiva.

Quest Eletrostático

DESAFIO

A figura mostra linhas de força do campo eletrostático criado por um sistema de duas cargas puntiformes q_1 e q_2 .



Qual é o sinal do produto $q_1 \cdot q_2$?

- *A) $q_1 \cdot q_2 > 0$
B) $q_1 \cdot q_2 < 0$

Quest Eletrostático

DESAFIO

Na determinação do valor de uma carga elétrica puntiforme, observamos que, em um determinado ponto do campo elétrico por ela gerado, o potencial elétrico é de 18kV e a intensidade do vetor campo elétrico é de 9 kN/C. Se o meio é o vácuo, qual é o valor da carga elétrica?

- A) $3\mu\text{C}$
*B) $4\mu\text{C}$

Quest Eletrostático

DESAFIO

Duas esferas condutoras isoladas têm raios R e $2R$ e estão afastadas por uma distância a . Inicialmente, a esfera maior tem um excesso de carga positiva $+q$ e a menor está neutra. Encosta-se uma esfera na outra e, em seguida, as duas são reconduzidas à posição inicial.

Nesta última situação, é correto afirmar que:

A) a força elétrica entre as esferas é $k_0 \frac{q^2}{4a^2}$

*B) a esfera menor tem carga $+\frac{1}{3}q$ e a

maior, $+\frac{2}{3}q$

Quest Eletrostático

DESAFIO

Em um tipo de tubo de raio X, elétrons acelerados por uma diferença de potencial de $2,5 \cdot 10^4$ V atingem um alvo de metal, onde são violentamente desacelerados. Ao atingir o alvo, toda a energia cinética dos elétrons é transformada em raios X. Sabendo-se que o valor da carga elementar é de $1,6 \cdot 10^{-19}$ C, a energia cinética transformada em raios X para um elétron é:

*A) $4 \cdot 10^{-15}$ J

B) $4 \cdot 10^{15}$ J

Quest Eletrostático

DESAFIO

Considere $g = 10$ m/s² e um campo elétrico vertical ascendente de intensidade $5 \cdot 10^5$ V/m. Nessa região, uma partícula de carga igual a 2 nC e massa de $0,5$ gramas é lançada verticalmente para cima com velocidade de 16 m/s. Qual é a altura máxima atingida pela partícula?

A) 10 m

*B) 16 m

Quest Eletrostático

DESAFIO

Uma partícula de massa m e carga positiva Q parte do repouso, sob a ação exclusiva de uma força eletrostática constante. A partícula atinge uma velocidade de intensidade v após percorrer uma distância d . O vetor campo elétrico associado à força eletrostática tem intensidade dada por:

A) $\frac{mv}{2Qd}$

*B) $\frac{mv^2}{2Qd}$

Quest Eletrostático

DESAFIO

A aceleração de uma partícula de massa " m " e carga elétrica " q " quando, a partir do repouso, percorre uma distância " d ", numa região onde existe campo elétrico uniforme de módulo " E ", constante é:

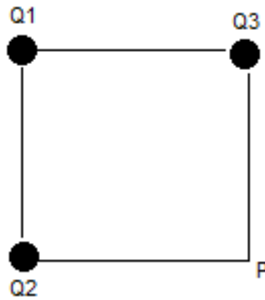
*A) $\frac{qE}{m}$

B) $\frac{mEd}{q}$

Quest Eletrostático

DESAFIO

A figura mostra três cargas, Q_1 , Q_2 e Q_3 , localizadas nos vértices de um quadrado. Sendo $Q_1 = Q_3 = 4 \mu\text{C}$, calcule Q_2 para que o campo eletrostático no ponto P seja nulo.



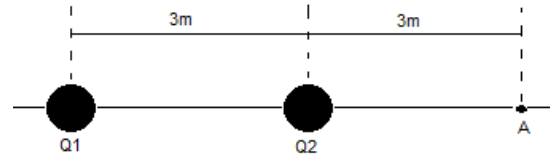
- A) $4\sqrt{2}\mu\text{C}$
 *B) $-8\sqrt{2}\mu\text{C}$

Quest Eletrostático

DESAFIO

Sejam duas cargas puntiformes, Q_1 e Q_2 , dispostas segundo a figura abaixo. A intensidade do vetor campo elétrico, em V/m , no ponto A da figura, vale:

Dados: $Q_1 = 10^{-8}\text{C}$ e $Q_2 = -10^{-9}\text{C}$.



- A) 2,5
 *B) 1,5

Quest Eletrostático

DESAFIO

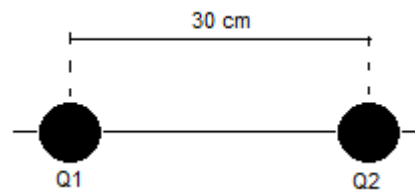
Uma esfera encontra-se no vácuo. Seu raio é 10 cm. Sua carga é positiva e igual a $3\mu\text{C}$. Qual é a intensidade do campo elétrico num ponto infinitamente próximo à sua superfície?

- *A) $2,7 \cdot 10^6 \text{ N/C}$
 B) $2,0 \cdot 10^5 \text{ N/C}$

Quest Eletrostático

DESAFIO

Duas cargas elétricas puntiformes, $Q_1 = 1\mu\text{C}$ e $Q_2 = -16\mu\text{C}$, estão fixas a uma distância de 30 cm uma da outra, conforme a figura abaixo:



Sobre a reta que passa por Q_1 e Q_2 , o vetor campo elétrico resultante é nulo em um ponto:

- *A) à esquerda de Q_1 .
 B) entre Q_1 e Q_2 , mais próximo de Q_1 .

Quest Eletrostático

DESAFIO

Que raio deve ter uma esfera condutora, para produzir nas vizinhanças de sua superfície externa um campo elétrico de intensidade $1 \cdot 10^3$ N/C, quando recebe $4 \cdot 10^{11}$ elétrons? Sabe-se que a constante eletrostática do meio vale $1 \cdot 10^{10}$ N.m²/C².

- A) 0,6 m
***B) 0,8 m**

Quest Eletrostático

DESAFIO

A uma distância d uma da outra, encontram-se duas esferinhas metálicas idênticas, de dimensões desprezíveis, com cargas $-Q$ e $+9Q$. Elas são postas em contato e, em seguida, colocadas à distância $2d$. A razão entre os módulos das forças que atuam após o contato e antes do contato é:

- A) $\frac{9}{4}$
***B) $\frac{4}{9}$**

Quest Eletrostático

DESAFIO

Duas partículas eletrizadas idênticas são mantidas fixas, isoladas e distanciadas 1 cm entre si. Suas massas e cargas elétricas são, respectivamente, 3 g e $\sqrt{0,67} \cdot 10^{-6}$ C. A razão entre os módulos das forças eletrostática e gravitacional existentes entre ambas as partículas é:

- *A) $1 \cdot 10^{13}$**
 B) $1 \cdot 10^7$

Quest Eletrostático

DESAFIO

Três cargas puntiformes são posicionadas no eixo x : $q_1 = -6 \mu\text{C}$ em $x = -3\text{m}$, $q_2 = 4 \mu\text{C}$ na origem e $q_3 = -6 \mu\text{C}$ em $x = 3\text{m}$. Qual é a força que atua em q_1 ?

- A) $2,0 \cdot 10^{-2}$ N
***B) $1,5 \cdot 10^{-2}$ N**

Quest Eletrostático

DESAFIO

Um cilindro de vidro transparente possui internamente, na sua base inferior, uma esfera eletrizada, fixa, com carga $Q = 8 \cdot 10^{-6} \text{ C}$. Uma segunda esfera, de carga $q = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ e peso $P = 9 \cdot 10^{-1} \text{ N}$, é introduzida na abertura superior do cilindro e se mantém em equilíbrio nessa posição.

Considerando $k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ e $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine a distância que separa os centros das esferas.

A) 0,2 m

B) 0,4 m

Quest Eletrostático

DESAFIO

Um pequeno corpo, eletrizado com carga $-q$, descreve um movimento circular uniforme, de velocidade escalar v , em torno de um outro, eletrizado com carga $+q$, supostamente fixo. O raio da trajetória descrita pelo primeiro corpo é r . Se esse mesmo corpo descrever seu movimento numa trajetória de raio $2r$, sua velocidade escalar será igual a:

A) $v\sqrt{2}$

***B) $\frac{v\sqrt{2}}{2}$**

Quest Eletrostático

DESAFIO

A força de repulsão entre duas cargas elétricas puntiformes, que estão a 20 cm uma da outra, é 0,030 N. Qual deve ser a nova distância para que a força seja alterada para 0,060 N?

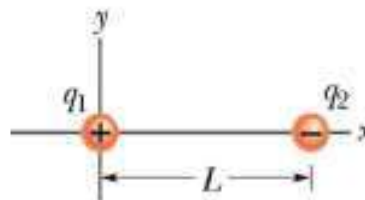
A) 12 cm

***B) 14 cm**

Quest Eletrostático

DESAFIO

A figura abaixo mostra a partícula 1, de carga $+8q$, e a partícula 2, de carga $-2q$ mantidas fixas a uma distância L uma da outra sobre o eixo x . Em que ponto um próton pode ser colocado de modo a ficar em equilíbrio?



***A) 2L**

B) 3L

A.6.3 Jogo da Memória

A.6.3.1 Regras

Jogo da memória

REGRA

Participantes: de 2 à 4 jogadores

COMPONENTES

46 peças (imagens)

INTRODUÇÃO

Virando as peças e formando pares, os jogadores mostram que são bons de memória.

OBJETIVO

Ser o jogador com o maior número de pares formados.

PREPARAÇÃO

As peças são misturadas e organizadas na mesa, de forma que todas estejam viradas para baixo.

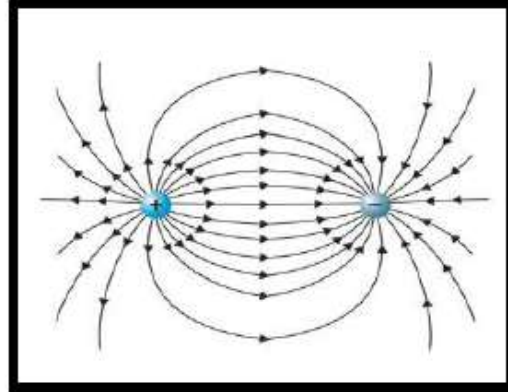
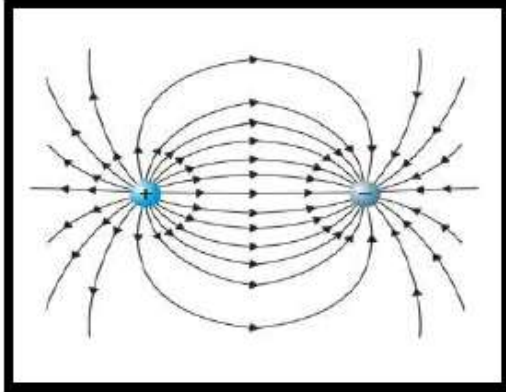
COMO JOGAR

Os jogadores decidem que começa o jogo. O jogador deve virar duas peças iguais, ou seja, deve formar duplas de imagens. É fundamental que os outros jogadores vejam as peças, para poderem memorizar.

VENCEDOR

Vence o jogo quem formar o maior número de pares de imagens.

A.6.3.2 Peças

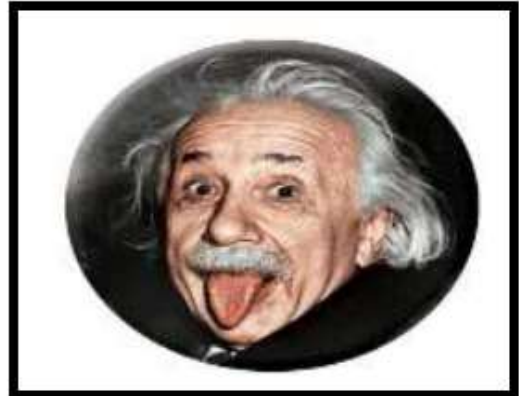
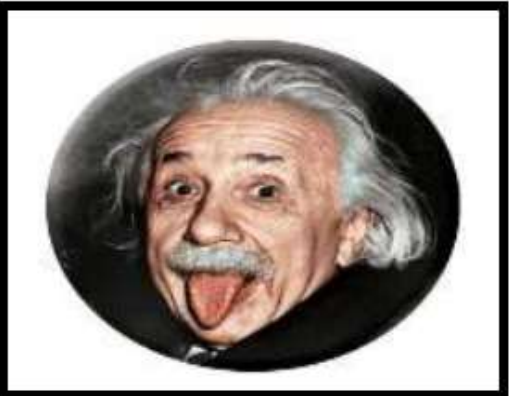


$$E = k_0 \cdot \frac{|Q|}{d^2}$$

$$E = k_0 \cdot \frac{|Q|}{d^2}$$

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{d^2}$$

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{d^2}$$



$$\vec{F}_e = q \cdot \vec{E}$$

$$\vec{F}_e = q \cdot \vec{E}$$

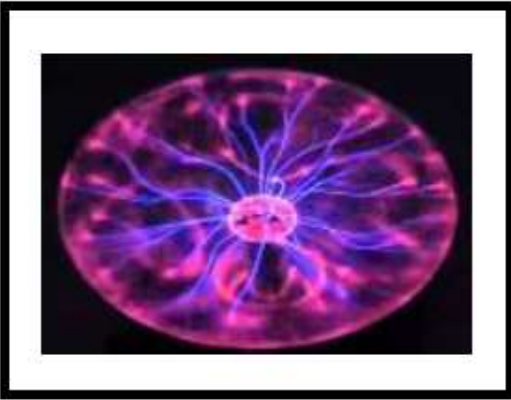
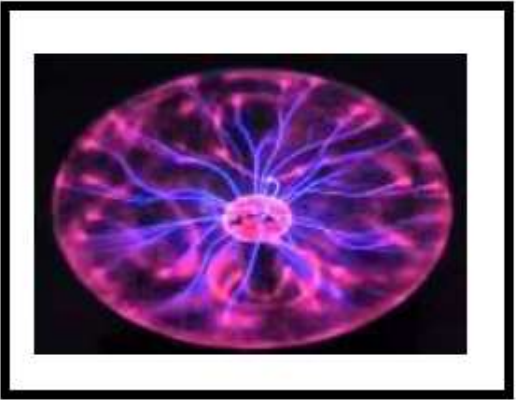
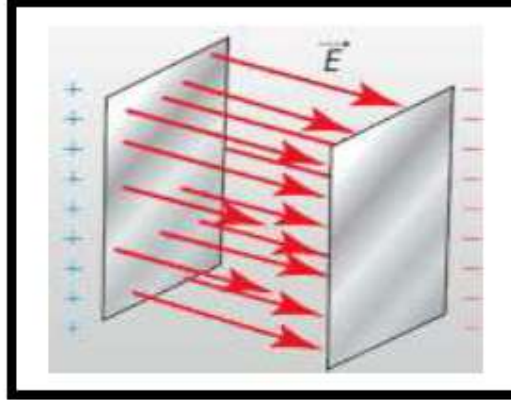
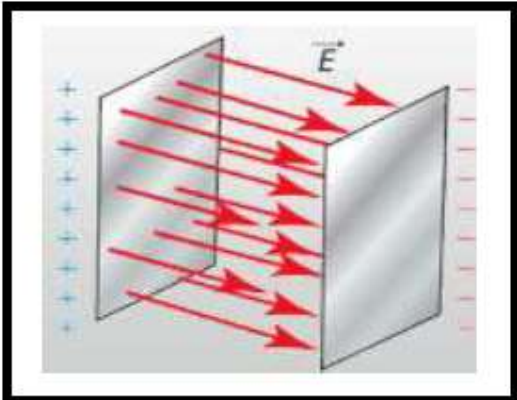
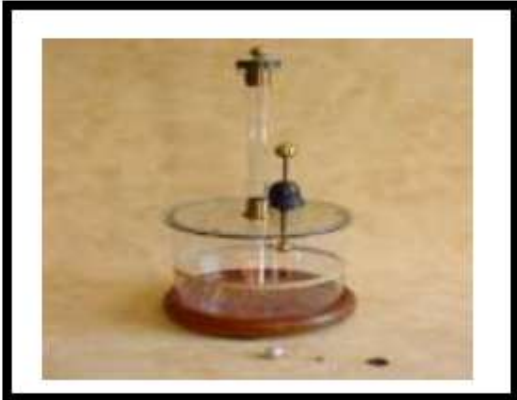
$$Q' = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$$

$$Q' = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$$



$$Q = n \cdot e$$

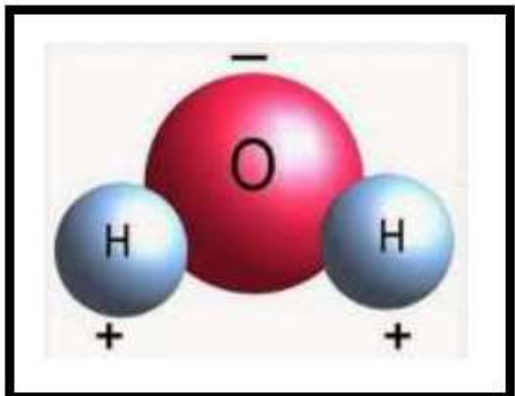
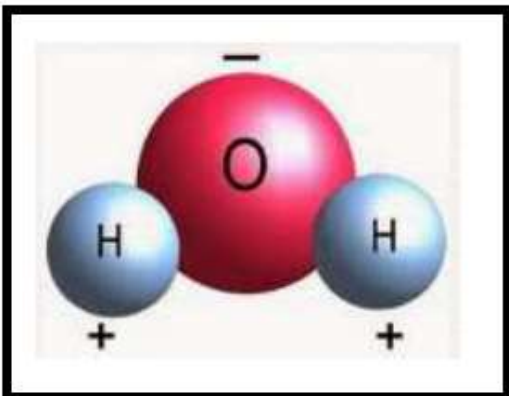
$$Q = n \cdot e$$

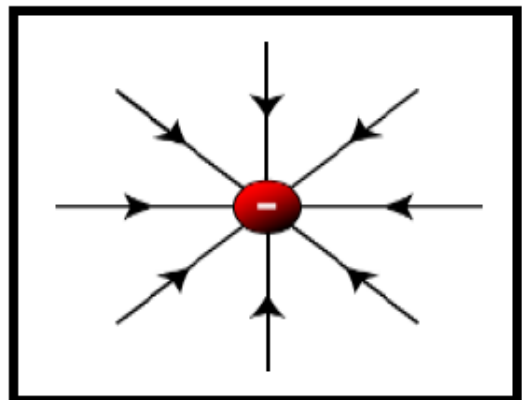
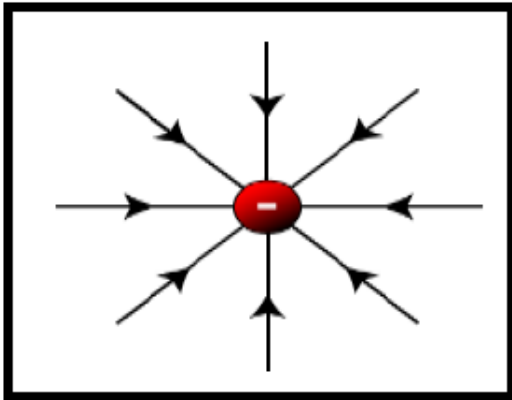
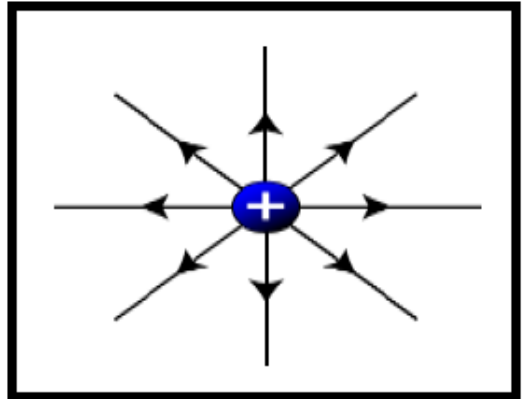
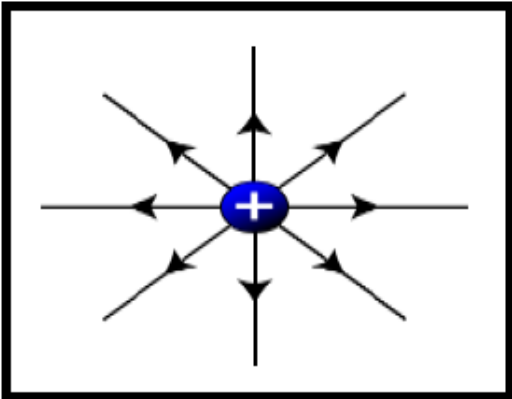




Substância	
+	Vidro
	Mica
	Lã
	Pele de gato
	Seda
	Algodão
	Ebonite
	Cobre
	Enxofre
	Celulóide
-	

Substância	
+	Vidro
	Mica
	Lã
	Pele de gato
	Seda
	Algodão
	Ebonite
	Cobre
	Enxofre
	Celulóide
-	





A.7 QUESTIONÁRIOS

A.7.1 Atividade Experimental

Colégio	
Nomes: _____ _____ _____	Data: ___/___/___
	Turma: _____

São chamados de eletroscópios os dispositivos que verificam se um corpo ou material está ou não eletrizado, sem, contudo identificar o sinal da carga elétrica. Na figura abaixo mostramos dois exemplos de eletroscópios: O pêndulo eletrostático e o eletroscópio de folhas.



Pêndulo Eletrostático



Eletroscópio de Folhas

Nesta atividade, usaremos um eletroscópio de folhas e balões.

1. Pegue o balão e esfregue nos cabelos. Aproxime o balão do eletroscópio. O que acontece com as folhas de alumínio? Tente explicar porque isto acontece.

2. Agora, esfregue o balão nos cabelos. Aproxime o balão do eletroscópio e toque com o dedo a esfera. O que aconteceu? Tente explicar porque isto acontece.

3. Encoste o dedo na esfera do eletroscópio e aproxime o balão, após ser atritado com o cabelo, o que aconteceu? Tente explicar porque isto acontece.

A.7.2 Identificação dos conhecimentos prévios.

Colégio	
Nomes: _____ _____ _____	Data: __/__/__
	Turma: _____

Este questionário tem o objetivo de investigar o seu conhecimento sobre alguns fenômenos eletrostáticos. O resultado deste questionário não influenciará na sua nota. O importante é que sua resposta reflita sua opinião sincera em cada questão. Por favor, reflita antes de responder qualquer questão, seja objetivo e claro em suas respostas.

1. Você já ouviu falar em átomos? Descreva o que você sabe.

2. Você já ouviu falar em carga elétrica? Onde encontrá-las?

3. Já ouviu falar em força elétrica? E em força gravitacional?

4. Já ouviu falar em campo elétrico? E campo gravitacional?

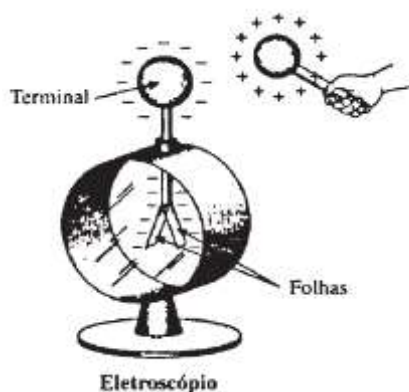
5. Quais partículas encontram-se no núcleo do átomo? Qual partícula orbita o núcleo atômico?.

A.7.3 Avaliação de Aprendizagem

Colégio	
Nome: _____	Data: ___/___/___
	Turma: _____

As questões que seguem têm o objetivo de investigar o que você aprendeu. Responda todas as questões de forma clara e objetiva, utilizando desenhos explicativos se for necessário. Caso sua resposta não caiba no espaço reservado, utilize o verso da folha.

1. Um objeto metálico carregado positivamente, com carga $+Q$, é aproximado de um eletroscópio de folhas, que foi previamente carregado negativamente com carga igual a $-Q$.



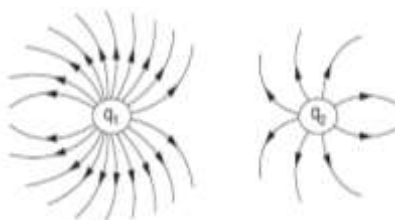
Responda:

- O que acontecerá com as folhas do eletroscópio ao aproximarmos o objeto carregado positivamente?
- O que deve acontecer com as folhas do eletroscópio, se o objeto tocar seu terminal externo?

2. Considere 3 corpos M, N e P. Em um sistema isolado, M e N se atraem e N e P se repelem. Determine os sinais de N e P nos seguintes casos:

- M com carga positiva;
- M com carga negativa.

3. A figura mostra linhas de força do campo eletrostático criado por um sistema de duas cargas puntiformes q_1 e q_2 .

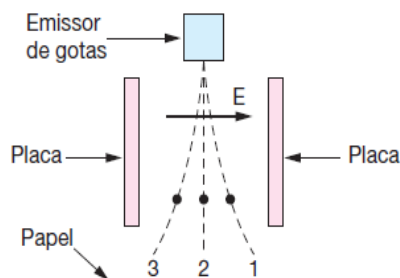


Pergunta-se:

- Nas proximidades de que carga o campo eletrostático é mais intenso? Por quê?
- Qual é o sinal do produto $q_1 \cdot q_2$?

4. Uma das aplicações tecnológicas modernas da eletrostática foi a invenção da impressora a jato de tinta. Esse tipo de impressora utiliza pequenas gotas de tinta, que podem ser eletricamente neutras ou eletrizadas positiva ou negativamente. Essas gotas são jogadas entre as placas defletoras da impressora, região onde existe um campo elétrico uniforme E , atingindo, então, o papel para formar as letras. A figura a seguir mostra três gotas de tinta, que são lançadas para baixo, a partir do emissor.

Após atravessar a região entre as placas, essas gotas vão impregnar o papel. (O campo elétrico uniforme está representado por apenas uma linha de força.)



Analise os desvios sofridos pelas gotas 1, 2 e 3. O que você pode concluir com relação a carga elétrica:

- da gota 1;
- da gota 2;
- da gota 3.

5. Duas pequenas esferas idênticas eletrizadas, com carga elétricas $5q$ e $-3q$, se atraem com força de intensidade F quando separadas por uma distância d . As esferas são colocadas em contato e recolocadas em suas posições iniciais. Responda:

- Após o contato, as cargas se atraem ou se repelem?
- Qual é o valor da carga de cada partícula após o contato?
- Qual é a intensidade da força de interação elétrica entre as cargas após o contato?

A.7.4 Avaliação dos Recursos Didáticos

Colégio

Esse questionário tem o objetivo de investigar sua opinião ao estudar os conteúdos com a utilização dos recursos instrucionais utilizados nestas aulas. Dê sua nota, marcando um X, para cada item de avaliação, de acordo com a seguinte gradação:

1	2	3	4	5
Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Ótimo

		Péssimo Ótimo				
		1	2	3	4	5
1	Os recursos instrucionais utilizados despertaram meu interesse pelos conteúdos estudados?					
2	Os recursos instrucionais utilizados aumentaram minha disposição em realizar as atividades propostas?					
3	Os recursos instrucionais utilizados prenderam a minha atenção para as explicações e as discussões sobre os conteúdos?					
4	Os recursos instrucionais aumentaram o meu interesse em buscar mais informações sobre o tema?					
5	Os recursos instrucionais utilizados contribuíram para que eu visualizasse o fenômeno e assim compreendesse melhor as propriedades, conceitos e teorias associadas aos conteúdos estudados?					
6	Os recursos instrucionais utilizados contribuíram para que eu participasse da aula respondendo às perguntas dirigidas a turma?					
7	Os recursos instrucionais utilizados prenderam a minha atenção para as explicações e as discussões sobre os conteúdos?					
8	Quais dos recursos utilizados nas aulas você mais gostou? Por quê? () A aula torna-se mais interessante. () Eu compreendi melhor o conteúdo estudado.					
9	Sugestão, críticas ou elogios.					

REFERÊNCIAS

- CALAZANS, Flávio M. A. **Histórias em quadrinhos na escola** – São Paulo: Paulus, 2004.
- CAGNIN, A. L. **Os Quadrinhos**, São Paulo: Editora Ática, 1975.
- GONICK, L., e HUFFMAN, A., *Introdução ilustrada à Física*, São Paulo: HARBRA, 1994
- KISHIMOTO, Tizuko Morchida. **O jogo e a educação infantil**. São Paulo: Cengage Learning, 2015.
- MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física: a teoria de aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências**. Porto Alegre, Ed. Da Universidade, UFRGS, 1983.
- NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. v.3. São Paulo: Edgard Blucher. 2002.
- TIPLER, P. & MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. Vol. II. 5a Edição, Editora LTC, 2006. Brasil.
- PEREIRA, R. F. **Desbravando o Sistema Solar: um jogo educativo para o ensino e a divulgação da Astronomia**. In: NEVES, M. C.D. (org); et al. *Da Terra, da Lua e Além*. Maringá: Massoni, 2007.
- PEREIRA, R. F. **Os jogos na educação**. In: NEVES, M. C. D.; PEREIRA, R. F. (org.) **Divulgando a ciência: de brinquedos, jogos e do vôo humano**, Maringá: Massoni, 2006.
- RAMA, Ângela; VERGUEIRO, Waldomiro (orgs). **A linguagem dos quadrinhos: uma “alfabetização” necessária**. 3. ed. **Como usar as histórias em quadrinhos na sala de aula**. São Paulo: Contexto, 2006. p. 31-64.
- RAMOS, E.M.F. **Brinquedos e Jogos no Ensino de Física**, Dissertação de Mestrado, São Paulo: IFUSP, 1990.
- RODRIGUES, M. **O Desenvolvimento do Pré-Escolar e o jogo**. São Paulo: ícone, 1992.