

Instituto de Física

LHC E PROTONTERAPIA COMO INTRODUÇÃO AO CONTEÚDO
DE POTENCIAL ELÉTRICO

Gabriel Leschiutta Debastiani

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Física da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como requisito parcial
para obtenção do título de Licenciado em
Física.

Orientador: Ives Solano Araujo

Porto Alegre

2018/1

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA.....	5
3. ESTRUTURA ESCOLAR	8
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA	8
3.2 PERFIL DE ENSINO	10
4. RELATOS DAS OBSERVAÇÕES	12
4.1 OBSERVAÇÃO 1:.....	12
4.2 OBSERVAÇÃO 2:.....	16
4.3 OBSERVAÇÃO 3.....	20
4.4 OBSERVAÇÃO 4:.....	24
4.5 OBSERVAÇÃO 5:.....	26
4.6 OBSERVAÇÃO 6:.....	28
4.7 OBSERVAÇÃO 7:.....	31
4.8 OBSERVAÇÃO 8:.....	33
4.9 OBSERVAÇÃO 9:.....	34
4.10 OBSERVAÇÃO 10:.....	38
4.11 OBSERVAÇÃO 11:.....	40
4.12 OBSERVAÇÃO 12:.....	41
4.13 OBSERVAÇÃO 13:.....	44
4.14 OBSERVAÇÃO 14:.....	45
4.15 OBSERVAÇÃO 15:.....	47
4.16 OBSERVAÇÃO 16:.....	48
5. PLANEJAMENTO E REGÊNCIA	50
PLANO DE AULA (1 e 2).....	50
REGÊNCIA (1 e 2)	52

PLANO DE AULA (3 e 4).....	55
REGÊNCIA (3 e 4).....	57
PLANO DE AULA (5 e 6).....	62
REGÊNCIA (5 e 6).....	63
PLANO DE AULA (7 e 8).....	68
REGÊNCIA (7 e 8).....	68
PLANO DE AULA (9 e 10).....	70
REGÊNCIA (9 e 10).....	71
PLANO DE AULA (11 e 12).....	74
REGÊNCIA (11).....	75
PLANO DE AULA (12 e 13).....	78
REGÊNCIA (12 e 13).....	79
PLANO DE AULA (14).....	83
REGÊNCIA (14).....	84
6. CONCLUSÃO.....	87
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
8. APÊNDICES.....	91
8.1 APÊNDICE A – Questionário.....	91
8.2 APÊNDICE B – Cronograma de Regência.....	91
8.3 APÊNDICE C – Lista de Exercícios.....	91
8.4 APÊNDICE D – Lista de Exercícios Resolvida.....	91
8.5 APÊNDICE E – Avaliação.....	91
8.6 APÊNDICE F – Lista de Exercícios de Aula.....	91
8.7 APÊNDICE G – Lista de Exercícios de Aula Resolvida.....	91
8.8 APÊNDICE H – Avaliação do Estagiário.....	91

1. INTRODUÇÃO

Durante o período de março a maio de 2018, acompanhei as aulas da turma 32 do Colégio Tiradentes da Brigada Militar, em Porto Alegre. O presente trabalho trata-se de um relato crítico das experiências vividas durante este período.

Este trabalho consiste na caracterização de todo o contexto escolar ao qual os alunos estão submetidos e apresenta relatos de observações de 22 horas-aula observadas, as quais foram utilizadas como base para o desenvolvimento dos planos de aula e escolhas dos referenciais metodológicos empregados. A fim de conhecer melhor a relação dos alunos com os professores e disciplinas da área de ciências da natureza e matemática, foram observadas, além das aulas de física, algumas aulas das disciplinas de química, biologia, matemática e língua portuguesa.

Paralelamente às observações, durante os encontros presenciais da disciplina de Estágio, tivemos contato com textos e artigos relacionados a metodologias de ensino para melhor estruturar o período de docência. Todas as aulas a serem ministradas no colégio foram previamente apresentadas ao professor da disciplina e aos colegas, onde eles apresentavam críticas e elogios às metodologias utilizadas. Esta parte da disciplina foi fundamental durante o estágio supervisionado, uma vez que dificilmente alguma aula era dada no colégio sem que houvesse modificações na sua versão original.

Utilizado como critério parcial para a conclusão do curso de Licenciatura em Física, este trabalho apresenta, além dos relatos de observações, a descrição dos referenciais teóricos e metodológicos, os planos de aula desenvolvidos e os relatos de regência, além do material produzido especialmente para a turma lecionada ao longo do semestre.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA

Este trabalho adota a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Segundo este autor (AUSUBEL *apud* MOREIRA; OSTERMANN, 1999):

“Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo”.

Para ele, o objetivo a ser alcançado é a aprendizagem significativa, sendo que essa só pode ocorrer quando a estrutura cognitiva do indivíduo é favorável. A aprendizagem significativa é a aprendizagem não literal na qual as novas informações se relacionam com os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, enriquecendo-a e ampliando-a, sendo este processo chamado de assimilação. Segundo Ausubel, há duas condições essenciais para que ocorra a aprendizagem significativa:

- O assunto a ser aprendido deve ser potencialmente significativo, ou seja, a estrutura cognitiva do aprendiz deve apresentar conceitos relacionáveis aos quais o novo conhecimento possa se relacionar de maneira não-literal e não-arbitrária;
- O aprendiz deve estar disposto a relacionar o novo material à sua estrutura cognitiva de modo não-literal e não-arbitrário.

Quando a assimilação ocorre, o conhecimento apresentado é aprendido e causa modificações nos subsunçores e, por via de regra, não tem obrigação nenhuma de ser idêntico ao conhecimento apresentado inicialmente. Isto significa que o processo de assimilação modifica tanto o conhecimento que foi aprendido quanto a estrutura cognitiva pré-existente.

Quando ocorre uma aprendizagem significativa, os conceitos mais gerais são, de certo modo, diferenciados, dividindo-se em subconjuntos de um conceito mais abrangente. Esse seria o caso da diferenciação progressiva, em que há um sistema hierárquico em que o conceito mais abrangente (como força, por exemplo) se divide em subconjuntos desse conceito (como força elétrica, força gravitacional, etc.), sendo estes mais específicos. Pode ocorrer o processo inverso também, quando conceitos que inicialmente são desconexos e específicos encontram um modo de se conectar e construir um conceito mais geral e abrangente, sendo esta a chamada reconciliação integrativa.

A estrutura cognitiva do indivíduo é formada por tudo aquilo que ele já conhece ou já vivenciou e que poderá servir de base para a aquisição de novos conhecimentos. O aprendiz não ter subsunçores não significa que não ocorrerá uma aprendizagem, implica apenas que não ocorrerá uma aprendizagem significativa naquele momento. Na ausência dos subsunçores necessários, caso haja

uma aprendizagem, ela se dará de forma literal e rígida, não podendo ser aplicada a outra situação senão à situação em que foi aprendida, sendo esta chamada de aprendizagem mecânica.

É importante ressaltar que as aprendizagens mecânica e significativa não são um estado binário, mas sim são extremos de um espectro contínuo. Isso significa que uma aprendizagem pode ser parcialmente significativa, quando há apenas parte dos subsunçores e quando o conhecimento aprendido pode ser relacionado parcialmente com outros conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva, mas não com todos. Ausubel chama de conhecimento potencialmente significativo todo aquele que possa ser aprendido de maneira significativa. Ou seja, em outras palavras, quando o aprendiz apresenta os subsunçores necessários para a aquisição de um novo conhecimento de modo significativo, este conhecimento é dito potencialmente significativo.

Neste contexto, a utilização de problematização e contextualização no ensino de física é fundamental para que haja uma aprendizagem significativa (CARVALHO et al., 2011). Como os autores ressaltam, é necessário gerar situações-problemas em que os alunos percebam a necessidade da aquisição de um novo conhecimento. Ou seja, os autores atacam diretamente a questão da disposição a aprender, um dos fatores fundamentais para a aprendizagem significativa.

Neste trabalho, além de procurar utilizar de contextualização e problematização ao longo das minhas aulas, procurei utilizar as metodologias ativas de ensino do *Peer Instruction* (Instrução pelos Colegas) e o *Just-in-Time Teaching* (Ensino sob Medida) (ARAUJO; MAZUR, 2013).

A metodologia do *Peer Instruction* é utilizada basicamente para facilitar a aprendizagem conceitual. Em um primeiro momento da aula, o professor faz uma breve exposição oral que é seguida por questões conceituais de múltipla escolha em que os alunos devem votar utilizando *Clickers* (ou *Plickers*). Neste primeiro momento, os alunos devem pensar sozinhos qual é a alternativa correta e desenvolver os argumentos necessários para convencer os colegas que marcaram uma resposta diferente da deles. Caso o número de acertos seja adequado (entre 30% e 70%), os alunos devem se reunir em pequenos grupos para que haja o debate acerca de qual é a resposta certa. Geralmente após a discussão nos grupos há uma convergência em massa para a resposta certa. Caso a votação aponte menos de 30% ou mais de 70% de acertos há duas situações distintas:

- a) Se menos de 30% da turma acertou a questão, o professor faz uma nova explanação do conteúdo, uma vez que ele não ficou claro para a grande maioria da turma. Na sequência, o professor solicita que os alunos façam uma nova votação.
- b) Se mais de 70% da turma acertou a questão, o professor apenas retoma os pontos mais importantes da questão e propõe uma nova questão ou introduz novo conteúdo.

Para um resumo esquemático da metodologia do *Peer Instruction*, vide Figura 1.

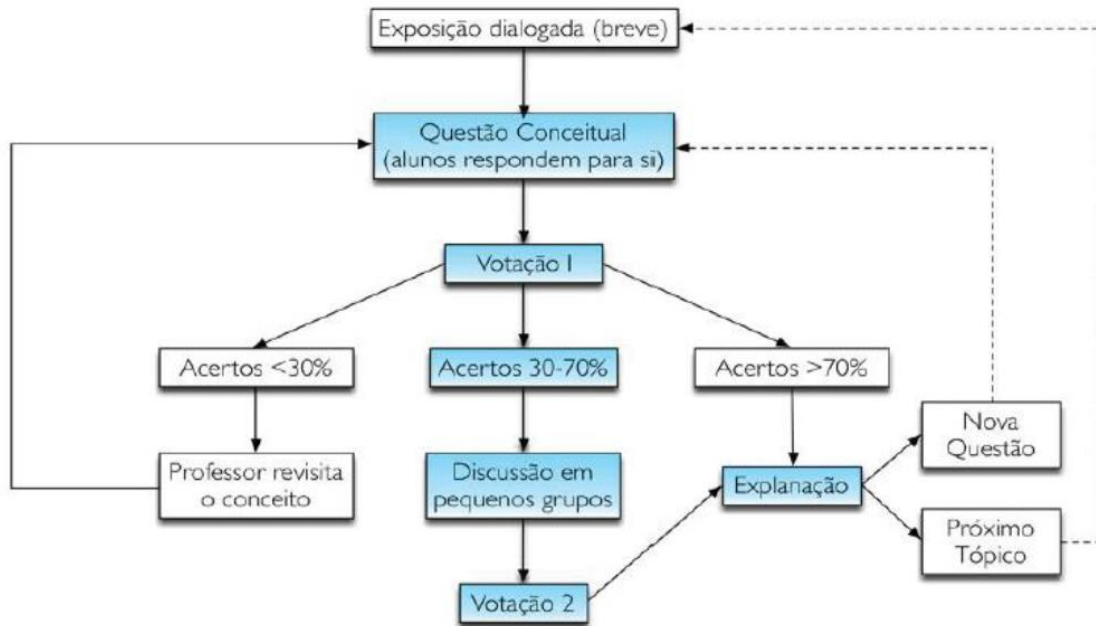


Figura 1: Esquema de utilização do *Peer Instruction* retirado de (ARAÚJO; MAZUR, 2013).

O *Plickers*, recurso utilizado ao longo deste trabalho, consiste em um *card* similar a um *QR code*, que é utilizado para fazer a votação. Através de um aplicativo para *smartphone*, os *cards* são escaneados e o professor recebe um *feedback* instantâneo com quais alunos responderam, qual a resposta de cada aluno e qual a incidência de cada alternativa na turma. Uma vez que os *cards* apresentam formatos irregulares e assimétricos, é possível identificar a resposta do aluno através da orientação espacial do *card*. Além disso, os alunos também não conseguem saber qual é a resposta dos colegas antes de se reunirem nos pequenos grupos, uma vez que a identificação das respostas nos *cards* é muito pequena e apenas o dono dele consegue vê-la. Observe a Figura 2 para visualizar dois exemplos dos *cards* utilizados pelos alunos.

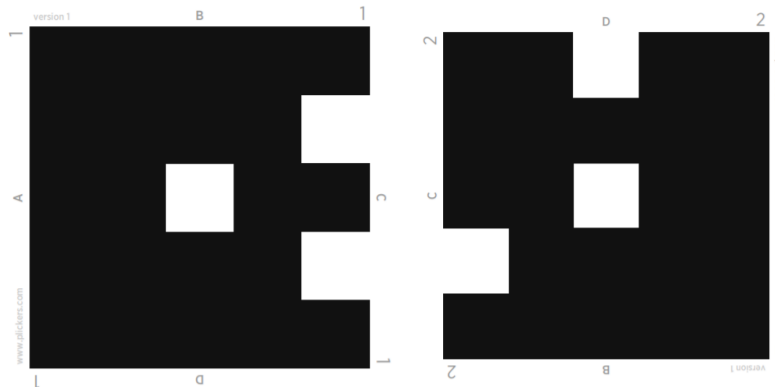


Figura 2: Exemplos dos *cards* utilizados no *Plickers*.

Já na metodologia do *Just in Time Teaching*, o professor propõe Tarefas de Preparação Prévias (textos, vídeos, simulações ou outros) e solicita que os alunos enviem suas respostas com antecedência para ele, de modo que a aula seja preparada visando a atacar as dúvidas dos alunos. Este método é vantajoso, pois o tempo em sala de aula é otimizado, uma vez que o primeiro contato com o conteúdo ocorre fora da sala de aula e a aula é voltada às dificuldades dos alunos.

No que tange às minhas aulas, utilizei o *Large Hadron Collider* (LHC) e a protonterapia como temas motivadores, visto que os alunos responderam a um questionário (vide Apêndice A) e pareceu serem assuntos que interessariam aos alunos no quesito da contextualização. Estes assuntos também foram úteis para mostrar o caráter humano da ciência ao se abordar aspectos de epistemologia e como a ciência tem dependência com a sociedade (LATOURET, 2001).

Embora seja um assunto abstrato, o conteúdo de potencial elétrico é potencialmente significativo, uma vez que requer apenas subsunções que os alunos já estão acostumados a trabalhar em sala de aula, como força elétrica, campo elétrico e energia, de maneira que os alunos são capazes de agregar este conteúdo à sua estrutura cognitiva de forma não arbitrária.

É interessante relacionar que energia, um assunto tão importante, é diferenciado progressivamente ao longo de todo o ensino médio, ocorrendo também a diferenciação progressiva ao se trabalhar a energia potencial elétrica. Uma vez trabalhado o conteúdo de energia potencial elétrica, pôde-se fazer uma reconciliação integradora, mostrando as suas conexões com os outros tipos de energia. Além disso, também ocorre a reconciliação integradora ao se trabalhar o mapa conceitual e a correção do teste e da prova trimestral, uma vez que se parte das particularidades de cada questão e se relaciona com os conhecimentos mais abrangentes e gerais que estão presentes na estrutura cognitiva dos alunos.

3. ESTRUTURA ESCOLAR

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA

O Centro de Ensino Médio Tiradentes, popularmente conhecido como Colégio Tiradentes da Brigada Militar está localizado na Av. Aparício Borges, 2001, no bairro Partenon, em Porto Alegre, juntamente à Academia de Polícia Militar.

Embora localizado no mesmo terreno da Academia de Polícia Militar, o colégio apresenta uma infraestrutura completamente separada dela. Como há um presídio nas proximidades do colégio, ele é completamente cercado. O ambiente escolar é composto por seis prédios localizados em um espaço bastante arborizado, sendo estes conectados por toldos (com sistema de iluminação elétrica)

que servem de proteção para dias chuvosos. Todos os prédios são bastante bem conservados, apresentando pintura impecável.

Os alunos entram no colégio sob forma de concurso. Este concurso é composto por uma prova escrita (de caráter classificatório) onde os candidatos têm que resolver questões de português e matemática. Os candidatos com maior índice de acertos devem, então, apresentar exames de saúde e fazer um teste de aptidão física, ambos de caráter eliminatório. O exame de saúde é composto por um eletroencefalograma e um eletrocardiograma, enquanto o teste de aptidão física é composto por um teste de corrida, flexões de braço e abdominais. Há distinção entre o teste de aptidão física masculino e feminino.

O colégio acomoda 292 alunos atualmente, estando estes divididos em quatro turmas de primeiro ano, três de segundo e duas de terceiro. Embora o ingresso anual seja de 90 alunos (três turmas de 30 alunos), houve grande reprovação dos alunos de primeiro ano no último ano, fazendo com que houvesse uma turma a mais de primeiro ano e uma a menos de segundo.

Os prédios do complexo escolar apresentam numeração de um a seis. O Prédio 1 é onde se encontram os militares responsáveis pela organização do colégio. Nele ficam o diretor e os demais responsáveis pelos assuntos burocráticos ligados ao ambiente escolar. Este é um pouco afastado dos demais.

No Prédio 2 ficam a sala do Círculo de Pais e Mestres (CPM), a sala da Banda, sala do Grêmio Estudantil e o Laboratório de Ciências da Natureza. Nele há dois banheiros, sendo um deles feminino e outro exclusivo para funcionários. No corredor há vários bancos e uma máquina de vendas automática de alimentos.

No Prédio 3 ficam a coordenação pedagógica, Serviço de Orientação Educacional (SOE), sala dos professores, biblioteca e o Laboratório de Informática. Neste prédio há um banheiro masculino. No corredor há um mural de avisos e divulgação de atividades relacionadas à educação (tanto internas quanto externas ao colégio), um par de lixeiras (uma para lixo orgânico e outra para seco) e três extintores de incêndio.

O Prédio 4 é um dos prédios em que ocorrem as aulas. Ele é o único prédio que tem dois andares. No primeiro piso se encontram as salas das turmas 14, 21 e 22, além de um banheiro feminino e um almoxarifado onde são guardados os materiais que os alunos utilizam para fazer a faxina do colégio. No corredor do primeiro piso há um bebedouro e mural de avisos. No segundo piso se encontram as salas das turmas 23, 31 e 32, e a sala do Corpo de Alunos (CAL), que é constituído pelos policiais militares responsáveis pelas questões disciplinares, de ordem unida (a “marcha”, “entrar em forma”, etc.) e verificação se os alunos estão seguindo as normas de conduta e vestimenta

do colégio. O Prédio 5 é outro prédio em que ocorrem as aulas. Nele se encontram as turmas 11, 12 e 13, além de um banheiro masculino e um bebedouro.

O Prédio 6 é onde se encontram a cozinha, um refeitório e um pequeno auditório. Uma vez que o colégio apresenta atividades em turno integral, os alunos têm acesso a esses espaços para poderem almoçar.

Embora fora dos limites do colégio, os alunos têm acesso à pista de atletismo, campo de futebol e ginásio que pertencem à Brigada Militar. Nestes ambientes ocorrem as aulas de educação física e os testes de aptidão física. O ginásio apresenta três quadras esportivas e uma arquibancada, e apenas uma das quadras apresenta cestas de basquete.

As salas de aula apresentam cinco fileiras, cada uma com cinco ou seis classes, com quadro branco, uma tabela periódica ao lado do quadro (logo atrás da mesa da professora) e duas lixeiras, uma para lixo seco e outra para lixo orgânico, ao lado de um suporte para álcool gel e duas vassouras utilizadas na faxina interna (que é feita pelos alunos). Ao lado da porta há um mural para recados e, ao lado dele, um mapa-múndi. Todas têm dois condicionadores de ar na parede onde ficam as janelas. Ao fundo das salas há dois armários numerados um de 1 a 16 e outro de 17 a 32 (um em cada canto da sala), uma televisão e dois ventiladores. No teto há um projetor, duas caixas de som e mais dois ventiladores, e num canto da sala sempre há uma câmera (que mostra no CAL, em tempo real, o que acontece em sala de aula). Acima do quadro há um relógio e logo acima dele tem o roteador do Wi-Fi da sala. As salas apresentam bastante iluminação, tendo duas fileiras de lâmpadas no teto, cada uma com quatro pares de lâmpadas.

3.2 PERFIL DE ENSINO

A professora de física observada ministra aulas de física e matemática no colégio, embora apresente formação apenas em física. Atualmente ela ministra as aulas de física às turmas de segundo e terceiro ano e as de matemática às turmas de primeiro ano.

Docente há 20 anos, a professora utilizou majoritariamente o quadro branco em suas aulas, utilizando *slides* e um vídeo unicamente como suporte durante o período de observações. Como o laboratório de Ciências da Natureza do colégio é basicamente voltado às disciplinas de Química e Biologia, a professora não tem o hábito de levar os alunos ao laboratório.

Suas aulas consistiram majoritariamente de resoluções de exercícios onde os alunos ficavam livres para trabalhar em grupos, caso desejassem. Ela demonstrava bastante preocupação com os alunos que tinham mais dificuldade, dando atenção especial a eles. Como consequência, os alunos

com maior facilidade acabavam ficando mais livres para fazer o que quisessem, desde que não atrapalhassem as aulas. Além disso, ela se mostrou bastante aberta a intervenções durante a aula.

O seu relacionamento com a turma era muito bom. Ela aceitava e fazia brincadeiras com os alunos, mantendo o clima em sala de aula descontraído, mas soube ser rígida quando os alunos começavam a interferir de maneira negativa na aula.

A professora de química apresentou uma metodologia bastante pobre em questões didáticas: enunciou o conteúdo, deu poucos exemplos e mandou os alunos resolverem os exercícios do livro mesmo sem ter explicado detalhadamente o conteúdo. Ela se mostrou uma professora rígida enquanto expunha o conteúdo, exigindo silêncio absoluto durante suas exposições, mas foi mais flexível enquanto os alunos trabalhavam nos exercícios. Ela aparentava não esperar que os alunos compreendessem o conteúdo e nem demonstrou fazer esforços para motivá-los, uma vez que passou um “passo-a-passo” aos alunos e se incomodou quando estes não o seguiam.

A professora de biologia, embora a turma parecesse gostar de suas aulas, não demonstrou realizar avaliações muito coerentes. Ela deu a entender que leva em consideração apenas as respostas finais das provas dos alunos e que acredita que uma prova escrita, isoladamente, é capaz de avaliar o conhecimento que o aluno apresenta. Além disso, quando perdia a paciência com os alunos, ela se dirigia a eles de forma a quase humilhá-los.

A professora de matemática não apresentou rigor com o conteúdo dado. Ela apresentou o formalismo matemático como sendo um artifício. Ao longo de suas aulas, realizou exercícios utilizando mecanismos de lógica e contagem (contagem das combinações de lançamentos de dados, por exemplo) sempre que possível e ignorando o formalismo. Deste modo, caso os alunos se deparassem com questões mais trabalhosas de serem resolvidas por contagem ou lógica, eles não conseguiriam resolver os problemas. Apesar disto, a professora se mostrou atenciosa e se preocupava com o entendimento dos alunos.

A professora de língua portuguesa pareceu apresentar temperamento difícil, além de não demonstrar se preocupar com o entendimento dos alunos. Com linguagem rebuscada e culta, a professora não falava a mesma língua dos alunos, deixando claro que não havia transposição didática em suas aulas. Além disso, ela não aparentava se preocupar em utilizar o projetor que havia em sala de aula, uma vez que a turma não ficou surpresa pela professora ter desperdiçado boa parte de uma de suas aulas escrevendo dois exercícios no quadro.

O Colégio Tiradentes, diferentemente de outros colégios militares, apresenta professores da rede pública que são encaminhados pela SEDUC-RS, não tendo permissão para contratar seus próprios professores. Assim, ele pode apresentar os mesmos problemas que qualquer outro colégio

da rede pública quando se trata da capacitação profissional. A principal diferença entre o Colégio Tiradentes e os demais colégios da rede pública, neste ponto, é que os professores menos capacitados tendem a permanecer menos tempo no nele, uma vez que o grau de exigência deles é maior.

4. RELATOS DAS OBSERVAÇÕES

Optei por observar e lecionar à turma 32 por dois principais motivos: pelo conteúdo que estava sendo trabalhado (eletromagnetismo) e por ser a turma de terceiro ano que melhor se encaixava nos meus horários. A escolha do assunto de eletromagnetismo foi devido à intenção de aplicar um projeto que eu já havia desenvolvido na disciplina de Projetos de Desenvolvimento em Ensino de Física.

Como o projeto se tratava de uma proposta interdisciplinar, optei por observar o comportamento da turma no contexto das diferentes disciplinas de Ciências da Natureza. A ideia do projeto era utilizar neurociência para explicar alguns dos principais conceitos do sistema nervoso central e sua relação com o eletromagnetismo, utilizando a *Transcranial Magnetic Stimulation* (TMS; “Estimulação Magnética Transcraniana”) como objeto de estudo no tratamento de doenças como depressão e ansiedade e suas vantagens em relação à utilização de fármacos.

Infelizmente, depois de algum tempo no colégio, percebi que seu calendário era extremamente rígido e que não seria possível aplicar o projeto em questão. Segue, a seguir, um relato das minhas observações em sala de aula. As observações referem-se a uma ou duas horas-aula e estão divididas por disciplinas.

4.1 OBSERVAÇÃO 1:

Horário: 12h às 12h45min e 13h40min às 14h30min

Data: 26/03/2018

Disciplina: Física

A aula iniciou às 12h, com a turma sendo apresentada à professora. A turma estava bastante agitada e demorou alguns minutos para se aquietar. Em seguida, a professora me apresentou à turma, lhes dizendo que eu iniciaria a acompanhar a turma ao longo das próximas semanas. Ela disse à turma,

em tom de brincadeira, “pelo menos finjam que são educados, né!” e a turma achou graça.¹ A turma tinha 26 alunos, sendo destes 8 meninas e 18 meninos.

Nos momentos iniciais da aula, a professora fez um desenho de duas cargas elétricas, uma positiva e uma negativa, ambas com “nuvens” ao redor delas representando o alcance do campo elétrico. Parte das nuvens ficaram sobrepostas. Enquanto ela fazia o desenho, ela não falou nada, apenas aproveitando que a turma ainda estava se acalmando. Para auxiliar os alunos, ela também desenhou duas cargas ao lado (uma positiva e outra negativa) e representou as linhas de campo elétrico de cada uma delas. Ela lembrou os alunos de como era a estrutura do campo elétrico e, na sequência, chamou um aluno para auxiliá-la numa “demonstração”. Ela solicitou que o aluno segurasse uma caneta de quadro (representando uma carga pontual) e começou a interagir com a turma, solicitando que dissessem qual era a direção do campo elétrico em pontos em que a professora se posicionava (ela deu algumas voltas no aluno para isso). Para concluir essa “demonstração”, ela enfatizou que o sistema era tridimensional, e que, embora o desenho no quadro fosse bidimensional, os alunos deveriam manter sempre em mente que o desenho do quadro era uma representação do que ocorre em todas as direções.

Na sequência, ela solicitou que o aluno se sentasse e perguntou se já havia falado da carga de prova para eles. Os alunos afirmaram que sim. Ela fez alguns pontos no interior das nuvens e perguntou para onde apontaria o campo elétrico naqueles pontos. Os alunos responderam corretamente. Em seguida, ela perguntou aos alunos “tem força nesses pontos?”. Alguns alunos responderam que sim, outros ficaram quietos, mas uma aluna respondeu que dependia. A professora questionou: “depende de quê?”, a aluna respondeu “Se é um ponto ou uma carga”. A professora, então, afirmou “é um ponto”, então a aluna concluiu dizendo “então não tem força”.

A professora, então, pôs partículas com cargas de sinais aleatórios nos pontos e questionou para onde apontavam as forças. Os alunos responderam corretamente.

Na sequência, a professora retomou o desenho do quadro e perguntou o que se podia afirmar sobre a relação da força com o campo elétrico quando a carga elétrica era positiva. Um aluno respondeu “soma as duas”, e a professora iniciou uma reflexão sobre o assunto, ressaltando que o campo elétrico é uma propriedade relacionada a uma posição, enquanto a força ocorre apenas se houver uma partícula carregada na presença de um campo elétrico.

¹ Nitidamente a professora e a turma têm um bom relacionamento. O ambiente parece bastante amigável, o que faz com que seja mais fácil de lidar com a turma.

Após responder à pergunta do aluno, uma aluna perguntou “o que é o campo maior ou campo menor?”² e, então, a professora retomou a definição que passou aos alunos: “campo elétrico é uma região nas imediações de uma carga elétrica em que pode surgir uma força elétrica”. Ela explicou que, assim como a força elétrica está relacionada com a distância entre duas cargas, o campo elétrico está relacionado à carga geradora e a um ponto no espaço. Com essa explicação, a professora mostrou a equação do campo elétrico e a relacionou à equação da força elétrica, mostrando que força elétrica dividida pela carga de prova é igual ao campo elétrico.

Na sequência, a professora fez um desenho com uma carga, um campo elétrico (apontando para a direita) e a força elétrica sobre a carga de prova (apontando para a esquerda). Ela questionou os alunos sobre quais informações poderiam ser obtidas daquela imagem pictórica, perguntando se poderíamos dizer a posição da carga geradora, sinal da carga de prova e sinal da carga geradora. Os alunos começaram a debater intensamente, uns contradizendo os outros. A professora deixou os alunos discutirem um pouco antes de dar a resposta, explicando que a única informação que poderia ser obtida do desenho era o sinal da carga de prova, pois a força estava em oposição ao campo elétrico, mas que a posição da carga geradora (e a sua carga) eram desconhecidos. Logo, haveria infinitas possibilidades de posições para a carga geradora e infinitos valores de cargas geradoras que produziram exatamente o mesmo comportamento desenhado.

Após essa explicação, a professora passou alguns exercícios para os alunos fazerem e alguns alunos foram sentar em pequenos grupos para resolvê-los. Enquanto os alunos resolviam as questões, a professora aproximou-se de mim para falar sobre a turma e perguntou como estavam as anotações. Logo em seguida, um aluno se aproximou para perguntar sobre como calcular a aceleração de um foguete.³ O aluno fez comentários bastantes pertinentes sobre a variação da massa influenciar na aceleração e perguntou se era possível calcular a aceleração apenas utilizando a vazão do combustível e o alcance ou se apenas seria possível resolver utilizando cálculo diferencial.⁴ A professora (e eu) não soube responder de imediato, e disse que precisaria pensar um pouco sobre o assunto.

Após alguns momentos de conversa, a professora andou pela sala para verificar o andamento dos exercícios e um grupo de alunos perguntou se poderiam sair mais cedo para ir almoçar (13

² A professora, várias vezes, utilizou a relações de proporcionalidade entre o módulo do campo elétrico e a distância da carga geradora para determinar a relação entre dois pontos diferentes, utilizando, então, as expressões “campo maior” e “campo menor”.

³ Alguns alunos iam participar da olimpíada de astronomia e astronáutica e de um lançamento de foguetes, o que motivou a pergunta do aluno.

⁴ Nesse momento ficou claro como alguns alunos apresentavam interesse em física fora do habitual, visto que o aluno já tinha certo conhecimento sobre Cálculo Diferencial e alguma noção sobre situações em que ele se aplica.

minutos mais cedo). A professora disse que ainda era muito cedo e que poderiam ir almoçar depois. Os alunos retrucaram. Ela se aproximou de mim e falou “tu assistiu as aulas da 33 ano passado, né? Eles não eram chorões assim, né?”. Eu ri e concordei com ela. Alguns dos alunos continuaram fazendo os exercícios e outros conversavam sobre assuntos aleatórios.

A mesma aluna que perguntara se ela e os colegas poderiam sair mais cedo se levantou para fazer uma pergunta à professora, mas no meio do caminho voltou e falou “vou deixar para perguntar no segundo período, que assim ela não se estende e a gente pode almoçar mais cedo”. Ela sentou de volta no seu lugar e perguntou novamente se poderiam ir almoçar. Ela e as colegas insistiram um pouco e a professora cedeu. O período se encerrou às 12h42min. A professora liberou os alunos sem que eles fossem apresentados.⁵

Às 13h57min a professora retornou à sala, juntamente com os alunos. Houve atraso em função de uma formatura (formalidade militar).⁶ Assim que eles entraram, voltaram a sentar em grupos. Eles ficaram conversando até o momento em que a professora questionou se os exercícios estavam prontos. Alguns alunos perguntaram “Ah, é para continuar fazendo os exercícios?” e frases similares. A turma se aquietou e voltou a trabalhar nos exercícios. O aluno que perguntara sobre os foguetes foi até a frente da sala e perguntou algo para a professora. Devido à distância entre eles e eu, foi impossível ouvir a conversa.

Embora os alunos tivessem se sentado e o volume da conversa tivesse reduzido, os alunos não aparentavam estar conversando sobre os exercícios. Apenas alguns minutos depois eles voltaram a fazer os exercícios.

Numa das discussões nos grupos, uma aluna reclamou sobre um exercício que ela afirmou não ter nenhum dado que ajudasse a resolver a questão. Um colega perguntou qual era a questão e ela afirmou ser a questão dois. Ele disse, então, que ela tinha a massa, e com a massa ela poderia calcular a força. Logo em seguida, a professora se aproximou da aluna e começou a conversar com ela. Como a aluna passou a falar mais baixo foi impossível ouvir quais eram as suas dúvidas.

A professora permaneceu andando pela sala e vendo como estava o andamento dos exercícios. Seguidamente, quando a professora se aproximava, alguns alunos iam tirar dúvidas com ela.

⁵ No início e no final de toda aula com os professores os alunos são apresentados a eles como forma de respeito à autoridade deles. Os alunos se levantam e ficam em posição de sentido nesta situação.

⁶ Os alunos, antes das aulas da manhã e da tarde, se agrupam por pelotões e têm sua vestimenta revistada, verificando se estão adequadamente uniformizados. Além disso, também é feita uma apuração das faltas e dado avisos.

Às 14h30min soou o sinal da troca de períodos e a professora lembrou os alunos que em uma dada questão eles deveriam desprezar a força gravitacional, mesmo que não aparecesse isso no enunciado dela. Na sequência, os alunos foram apresentados à professora e a turma foi dispensada.

4.2 OBSERVAÇÃO 2:

Horário: 12h às 12h45min e 13h40min às 14h30min

Data: 02/04/2018

Disciplina: Física

A aula iniciou às 12h03min, com a turma sendo apresentada à professora. A turma se arrumou rapidamente logo que a professora entrou em sala. Após a apresentação da turma, a professora devolveu um teste que havia sido feito na aula anterior (28 de março). Todos os alunos estavam presentes, então não havia lugar para que eu sentasse, o que fez com que eu tivesse de ir ao CAL para pegar uma cadeira para mim, enquanto a professora devolvia os testes. Quando retornei, a professora não havia terminado de entrega-los e os alunos já estavam bastante agitados.

Como a turma estava agitada e a professora queria corrigir o teste, um aluno gritou pedindo silêncio, o que fez com que a turma se aquietasse. A professora sorriu para o aluno como se quisesse dizer que o que ele havia feito tinha sido desnecessário.

A professora, então, começou a passar o gabarito das questões. Ela iniciou pela questão um, mas houve várias perguntas, então ela passou a passar as respostas das questões que houve maior índice de acerto para deixar as questões com dúvidas para depois.

Após enunciar a resposta de uma das questões, um aluno chamou-a e ela se dirigiu à classe dele. O restante da turma ficou sem orientações. Alguns alunos começaram a se aglomerar ao redor da professora e uma aluna gritou “professora, ensina para toda a turma!”. A professora ignorou a aluna e continuou atendendo o aluno.⁷ Depois de alguns instantes, a professora voltou ao quadro. Ela perguntou se havia alguma dúvida na questão dois. Maior parte dos alunos respondeu que não, mas alguns poucos responderam que sim, então ela resolveu a questão rapidamente em silêncio e depois comentou a resolução com os alunos. Alguns alunos estavam bastante agitados, pois a professora havia pulado a questão um.

⁷ Neste momento houve um atendimento personalizado em momento inadequado. Com certeza teria sido mais proveitoso à turma se a professora tivesse explicado a todos qual era a dúvida do aluno, visto que os próprios alunos solicitaram isto. A professora foi descuidada neste momento.

Após alguns momentos analisando uma prova (não ficou claro se era o gabarito ou a prova de um aluno), a professora foi ao quadro e fez o desenho da questão um. A questão apresentava duas cargas elétricas e marcações de A a F, indicando as possíveis posições e perguntava onde deveria ser colocada uma terceira carga elétrica para que o sistema ficasse em equilíbrio. A professora começou a analisar as alternativas juntamente com os alunos. Ela iniciou questionando qual era o sentido do campo elétrico gerado por cada uma das cargas em cada uma das regiões. Os alunos souberam responder corretamente.

Um aluno reclamou que a professora não disse qual era o valor da carga que estaria sujeita ao campo, e que por isso havia mais de uma alternativa correta. A professora explicou que, independentemente da carga, a proporção se mantinha. Os alunos não conseguiram compreender. Eu, então, fiz uma intervenção, relacionando a força elétrica com o campo elétrico. Eu disse que para que não houvesse força, o campo elétrico resultante deveria ser nulo. A turma ficou em silêncio tentando relacionar o que eu havia dito com a questão. Alguns dos alunos com dúvidas entenderam, outros continuaram com dúvida. A professora gostou da minha abordagem e, então, adaptou a sua explicação para tirar a dúvida dos alunos. Ela explicou utilizando o campo elétrico e resolvendo numericamente, o que fez com que os alunos entendessem. Alguns alunos, logo após a explicação da professora disseram “ahh, agora sim!”.

Seguindo com a correção, os alunos solicitaram para que a professora resolvesse a questão seis. Ela foi ao quadro e alguns alunos começaram a conversar sobre um teste de química que ainda não havia sido entregue. Alguns alunos levaram seus testes para a professora e ela, depois de olhar os testes, disse que anularia a questão pois houvera um erro de impressão, explicando que um sinal não havia aparecido em todas as provas. A turma ficou feliz com a atitude da professora. Alguns alunos começaram a conversar, questionando se todos os alunos ganhariam a nota da questão ou se a professora alteraria o valor de cada questão.

Na sequência, a professora partiu para as questões dissertativas. Ela foi ao quadro e resolveu rapidamente as duas primeiras alternativas da primeira questão. Ela perguntou se havia dúvidas nelas e a turma ignorou a pergunta, provavelmente indicando que não havia dúvidas. A professora resolveu as demais alternativas e alguns alunos começaram a reclamar que eles acharam a resposta “feia”, alegando que por isso acharam que estava errada (a resposta era 9/16).⁸ Aparentemente não houve maiores dúvidas.

⁸ A professora deveria ter ressaltado que os alunos precisam ser autoconfiantes, que mesmo tendo chegado a uma resposta “feia” eles deveriam ter confiado nos seus desenvolvimentos.

A professora partiu, então, para a segunda questão dissertativa. Enquanto ela fazia o desenho no quadro, um aluno reclamou que a professora deu errado para ele na questão, pois ele não havia explicitado qual era o ponto de referência que ele utilizou e por ter esquecido de pôr a unidade. O aluno estava bastante indignado com isso. O item *b* da segunda questão era análogo à questão em que eu intervira na explicação. Ela perguntava onde se deveria colocar uma carga para que o sistema ficasse em equilíbrio. Os alunos ainda não tinham relacionado à questão anterior. A professora foi ao quadro e, então, retomou a explicação utilizando o campo elétrico como base para a sua explicação. Os alunos estavam bastante atentos à explicação e, após alguns instantes, pareceram entender. Apenas uma aluna manifestou sua dúvida, o que fez com que a professora utilizasse números no lugar de uma carga arbitrária para explicar a questão. A aluna entendeu depois dessa explicação. Na sequência, a professora comentou que alguns alunos encontraram o número certo para a distância, mas não explicaram o referencial, então não podia dar certo para a questão. Ela comentou que se houvesse qualquer indicação de qual era o ponto de referência ela teria dado certo.

Na sequência, a professora liberou os alunos para o almoço. Era 12h43min, e os alunos saíram, literalmente, correndo para ir almoçar. Apenas dois deles continuaram em sala. Um deles foi falar com a professora e outro veio falar comigo. Ele veio tirar uma dúvida em relação à questão em que eu fizera a intervenção. Então eu me dirigi ao quadro e fui explicar a questão. Fiz o mesmo desenho que a professora havia feito na minha outra observação e adicionei vetores sobre os pontos no espaço. Com a adição dos vetores no desenho foi mais fácil do aluno entender. Conforme eu ia explicando alguns alunos que iam entrando na sala se aproximavam para ouvir a explicação. Os alunos disseram que então haviam entendido e que imaginavam que o ponto de equilíbrio tinha que ser, obrigatoriamente, entre as duas outras cargas.

Às 13h45min a professora retornou à sala de aula. Os alunos rapidamente se sentaram em seus lugares. A professora pediu emprestado o caderno de uma aluna para ver onde havia parado o conteúdo. Ela solicitou que os alunos fizessem todos os exercícios do capítulo em questão como tema de casa. Alguns alunos foram aos seus armários para pegar o livro. Na sequência, ela avisou que a lista de exercícios referente à matéria de campo elétrico seria enviada por e-mail até sexta-feira. Como atividade de aula, a professora solicitou que os alunos fizessem alguns dos exercícios do livro. Alguns alunos se sentaram em grupos de duas ou três pessoas para realizar os exercícios. Outros alunos se levantaram e estavam observando o mapa mundi da sala. Eles estavam bastante atentos. O restante da turma estava focado nos exercícios.

Num dado instante, a professora foi ao quadro e desenhou duas placas carregadas. Ela disse que estava fazendo aquilo para lembrar a última aula. Ela perguntou o que acontecia entre as duas placas carregadas. Os alunos responderam que havia um campo elétrico uniforme entre as placas. A

seguir, a professora desenhou duas trajetórias, uma perpendicular ao campo e outra que inicialmente era perpendicular ao campo, mas que acabava se deslocando no sentido do campo elétrico. Ela solicitou aos alunos que caracterizassem as partículas que tinham aquelas trajetórias. Os alunos que se manifestaram responderam corretamente. Posteriormente, a professora ressaltou que aquelas trajetórias só ocorriam caso a velocidade inicial da partícula fosse diferente de zero, afirmando que caso a velocidade inicial fosse zero a trajetória seria uma reta paralela às linhas de campo para a partícula carregada.

A professora, na sequência, fez uma comparação entre as trajetórias de prótons e de elétrons no mesmo campo, interagindo com os alunos e solicitando que eles explicassem como seria a trajetória do elétron. Os alunos conseguiram associar corretamente que o próton e o elétron sofriam a mesma força elétrica, mas tinham massas diferentes, então a aceleração seria diferente também, com o elétron acelerando mais rapidamente.

A seguir, os alunos voltaram a fazer os exercícios do livro. A turma trabalhava em silêncio, havendo pouca conversa dentro dos grupos. Uma aluna chamou a professora e a professora se dirigiu até ela para auxiliá-la. Foi impossível ouvir o teor da conversa.

Após auxiliar aquela aluna, a professora foi atender outro aluno que estava com dúvidas. Outras duas alunas reclamaram que também estavam com dúvidas e, então, a professora disse para elas se aproximarem para que os três alunos fossem auxiliados simultaneamente.

Um aluno estava fazendo exercícios de uma apostila do cursinho e me chamou para tirar uma dúvida. Ele não havia entendido o modo como a apostila enunciava a expressão do campo elétrico. O enunciado dividia em itens os fatores que eram relevantes no campo elétrico: o valor da carga geradora, o meio em que a carga está localizada e fatores geométricos. O aluno não havia entendido o que significavam os “fatores geométricos”. Eu expliquei, então, que se tratava da posição do ponto em que se analisa o campo em relação à carga geradora. O aluno entendeu mais nitidamente quando desenhei os vetores e ressaltei as suas diferenças.

Após atender o aluno, percebi que outro aluno estava reclamando do colégio. Ele falou que o colégio era tóxico, que ele sugava a energia do aluno e que sempre havia muita intriga. Ele afirmou que o único jeito de não se afetar era se isolando, o que também não era uma solução agradável.⁹

⁹ Interessante notar que pouco (ou nada) se fala sobre quão acolhedora e saudável a escola deve ser para que os estudos sejam proveitosos. Não ficou claro pelo discurso do aluno se ele se referia aos professores, administração, corpo militar, alunos ou o conjunto como um todo, mas seria fundamental que houvesse um interesse por parte da escola em fazer com que os alunos gostassem mais do ambiente escolar.

A professora continuou andando pelos grupos até o final do período. Um aluno perguntou a outro se ele havia conseguido fazer uma dada questão. O outro afirmou que sim e então explicou mecanicamente como resolver a questão. Ele disse “faz isso, isso e aquilo”. O outro aluno não questionou os motivos.¹⁰

A professora foi atender uma aluna e ela estava reclamando que não estava achando o valor certo no final. Ela estava considerando a aceleração no sentido errado, por isso estava errando. Ela falou, brincando, “ah, vocês físicos são muito detalhistas!”. A professora se afastou da aluna rindo.

Às 14h30min soou o sinal da troca de período. Uma aluna levantou os braços e comemorou “Acabou! Nunca gostei tanto desse som”. A professora continuou atendendo alguns alunos antes da turma ser apresentada a ela e, posteriormente, dispensada.

4.3 OBSERVAÇÃO 3

Horário: 12h às 12h45min e 13h40min às 14h30min

Data: 09/04/2018

Disciplina: Física

A professora entrou em sala às 12h02min e os alunos já estavam prontos para serem apresentados. A professora passou uma lista de exercícios para eles e disse para a fazerem até quarta-feira. Eles reclamaram, alegando que quarta-feira haveria prova de química, então não teriam tempo para estudar. A professora replicou que eles não tinham aula de tarde na terça-feira, então teriam tempo para estudar para todas as disciplinas. Ela enfatizou, posteriormente, que as últimas questões da lista eram questões de testes ou provas trimestrais.

A professora, então, partiu para a correção de exercícios que haviam sido propostos anteriormente. Ela perguntou quais foram os exercícios em que eles haviam tido dúvidas e começou a anotar os que eram citados. Alguns alunos foram aos seus armários para buscar seus livros e acompanhar os exercícios, outros começaram a brincar de se bater, mas a professora não percebeu.

Após anotar os exercícios em que havia dúvidas, a professora foi ao quadro e fez o desenho referente ao primeiro exercício. Após, ela foi até o fundo da sala e falou com uma aluna. Ela passou

¹⁰ Aqui notamos como, muitas vezes, o conhecimento é apresentado de forma mecânica. O aluno não se importou em saber por que ele estava fazendo aquilo, apenas se importou em saber chegar na resposta. Ele saberia interpretar o resultado? Qual é a finalidade dos exercícios para este aluno? Este aluno, pela sua postura, provavelmente não vê utilidade alguma em aprender física.

alguns momentos conversando com a aluna e, posteriormente, fez uma pergunta em relação ao desenho. O desenho tratava-se de um campo elétrico não uniforme com três pontos desenhados nele. A questão apresentava algumas afirmações e os alunos deveriam dizer quais estavam certas e quais estavam erradas. Um aluno aproximou-se de mim (trouxe uma cadeira e sentou ao meu lado) para tirar dúvidas sobre um exercício do livro, então não consegui acompanhar o restante da explicação da professora. A questão perguntava quantos elétrons geravam o campo elétrico, dada uma curva de campo elétrico em função da distância. Perguntei ao aluno se ele se lembrava que a carga elétrica era quantizada e ele afirmou que sim. Eu disse, então, que para descobrir o número de elétrons que geravam aquele campo elétrico bastava dizer que a carga elétrica era n vezes a carga elétrica fundamental, ou seja, a carga elétrica do elétron. O aluno pareceu compreender. Ele continuou sentado ao meu lado após eu explicar a questão.

Na questão que a professora estivera explicando, ela aparentemente relacionou os conteúdos já explicados: força elétrica, campo elétrico e segunda lei de Newton (baseado no que estava escrito no quadro). A questão não apresentava números, apenas pedia para apresentar as relações de proporcionalidades. Como a professora não leu o enunciado, foi impossível verificar exatamente o que ele solicitava.

Na sequência, a professora partiu para a próxima questão. Ela desenhou um plano de coordenadas com dois vetores de campo elétrico posicionados nos pontos A (3,5) e B (7,2), perpendiculares entre si e com módulos de 100N/C e 50N/C, respectivamente, gerados por uma única carga localizada no ponto (3,2). A letra da professora era bastante pequena, então a visualização não era muito boa do fundo da sala. A questão perguntava qual era o valor do campo elétrico em um ponto C, que estava localizado em (7,5). Ela fez um desenho no quadro e disse que bastava usar geometria para resolver. Ela, então, foi até o meio da sala e conversou com um aluno. Ela estava falando em voz baixa, então não foi possível ouvir o teor da conversa. Os demais alunos conversavam em voz alta. Após alguns momentos conversando com o aluno, a professora foi ao quadro e começou uma nova questão.¹¹

A próxima questão relacionava campo elétrico e campo gravitacional. A professora reclamou que os alunos sempre tinham dúvidas quando se tratava de questões que envolviam o campo

¹¹ Aparentemente os alunos entenderam como resolver a questão e a professora estava tirando alguma dúvida específica daquele aluno. Interessante perceber que a simples afirmação de que poderia ser resolvida por geometria aparentemente satisfaz os alunos.

gravitacional. Ela voltou ao meio da sala, falou com um aluno e, a seguir, retomou a questão anterior, terminando de resolvê-la.¹²

O aluno que sentou ao meu lado ficou tentando fazer o exercício sozinho e eventualmente iniciava uma conversa sobre a matéria. Ele comentou que estava fazendo um cursinho pré-vestibular, que havia ganhado uma bolsa de estudos nele e que, por isso, precisava estudar bastante para ir bem.

A questão seguinte, basicamente, pedia para equilibrar um corpo de 30g na presença de um campo elétrico de 150 N/C gerado pela Terra (que tem carga elétrica negativa). A questão perguntava quanto era a carga elétrica do corpo. A professora explicou, então, que para o corpo ficar parado, o somatório das forças tinha de ser nulo. Sendo assim, como a aceleração gravitacional e a resultante das forças eram conhecidas, era possível encontrar a força elétrica. Uma vez conhecida a força elétrica, para saber a carga bastava utilizar a relação $q = F/E$. Ela fez isso para encontrar o módulo da força. Para determinar se a carga era positiva ou negativa, ela perguntou aos alunos sob que situação o campo elétrico e a força apresentam sentidos contrários. Alguns alunos responderam que ocorre quando a carga de prova é negativa. Ela concluiu, então, o exercício e disse que reparara que vários alunos estavam com dificuldade nesse tipo de questão, e afirmou que basta lembrar que para que um corpo esteja em repouso a força resultante tem que ser nula, e como o peso aponta sempre para baixo, a força elétrica tem que apontar para cima, obrigatoriamente (se essas forem as únicas duas forças presentes). Após terminar esse exercício a professora liberou os alunos para irem almoçar, após um aluno “reclamar” que já estava na hora do almoço. Era 12h44min.

Fiquei na sala no início do horário do almoço e algumas alunas começaram a conversar sobre a matéria. Uma delas afirmou que gostava de química pois os nomes faziam sentido, e complementou dizendo que gostava de física até a professora inventar o campo elétrico. Ela reclamou que campo elétrico não fazia sentido, e que as pessoas eram muito desocupadas para descobrirem o campo elétrico.¹³

A professora retornou à sala às 13h52min. A aula iniciou mais tarde devido a uma formatura mais demorada do que o habitual. Assim que a professora entrou na sala, ela perguntou “já estão

¹² Neste momento não ficou claro se a professora havia esquecido de terminar o exercício ou se ela acreditava que os alunos, unicamente com a informação da simetria, conseguiriam resolver o exercício sozinhos posteriormente.

¹³ É interessante notar que a postura da aluna indicava que os alunos não tinham contato algum com epistemologia ao longo do ensino básico. O modo como a aluna se referia à ciência e ao seu papel na sociedade, a utilização da palavra “descobrir”, indicava que ela encara a ciência como uma coisa existente que independe da humanidade, um pensamento um tanto ingênuo e que, quando elucidado, poderia modificar o modo como ela encara as disciplinas de ciências naturais e suas conexões com o mundo não escolar.

aproveitando esse tempo para fazer tudo o que falta, né?”, em tom de brincadeira, devido à agitação da turma. Após a turma se aquietar e os alunos se posicionarem em seus respectivos lugares, a professora se aproximou e conversou com alguns poucos alunos. O teor da conversa não foi audível.

Alguns alunos ficaram conversando e assobiando enquanto a professora continuou conversando, o que fez com que alguns alunos que estavam tentando estudar se incomodassem. A professora, ao perceber a bagunça, disse para que trabalhassem na lista de exercícios enquanto ela não passasse outras orientações.

A professora, após terminar de falar com uma aluna, foi à frente da sala e perguntou se alguém tinha dúvidas na questão oito, que era de vestibular. Alguns alunos responderam que não, mas ela foi até o quadro e desenhou a questão. Ela perguntou o que acontece quando uma partícula carregada entra por “fendas” em duas barras paralelas (região com campo elétrico constante). A questão pedia para dizer qual era o tipo do gráfico. A professora desenhou os dois gráficos em que os alunos ficaram em dúvida e perguntou qual das alternativas era a correta. Um deles era um gráfico com velocidade crescendo linearmente em função da distância percorrida e outro quadraticamente.

Ela explicitou que quando o gráfico é de velocidade em função da distância percorrida, a relação cinemática que deve ser utilizada é a equação de Torricelli, e que Torricelli não varia linearmente com a distância. Logo, não poderia ser o gráfico em que a velocidade crescia linearmente.

Na sequência, a professora voltou a andar pela sala enquanto solicitava que os alunos trabalhassem na lista que havia sido enviada por e-mail no dia anterior. Uma aluna reclamou que não conseguiu imprimir a lista, pois não tinha impressora e que não havia *lan house* aberta, então a professora disse para ela sentar com alguém que a tivesse. A aluna nitidamente estava incomodada com a professora e não queria fazer os exercícios. Os alunos ficaram trabalhando em pequenos grupos enquanto a professora circulava pela sala atendendo os alunos que a chamassem.

Uma aluna chamou a professora e, como a professora estava atendendo outro aluno, eu me dirigi até ela para prestar auxílio. A aluna não entendia como um corpo se movimentava e, ao entrar numa região com campo elétrico, passava a se movimentar com velocidade constante. Ela ficou confusa, pois nos exercícios anteriores o campo elétrico fazia com que as cargas fossem aceleradas. O que acontecia, nessa questão, era que a partícula estava em movimento vertical sob ação da força gravitacional, logo seu movimento era acelerado. Quando a partícula entrou numa região de campo elétrico, a força elétrica “anulou” a força gravitacional e o movimento ficou com velocidade constante por inércia. Apenas foi necessário falar sobre as forças que atuavam sobre o corpo para que a aluna percebesse como resolver a questão.

Voltando para o meu lugar, outras duas alunas estavam chamando a professora, então fui auxiliá-las também. Elas não entendiam como um corpo metálico neutro, na presença de um campo elétrico, ficava com excesso de cargas positivas em um extremo e excesso de cargas negativas no outro. Interagi com elas perguntando como era a força sob um próton e sob um elétron na presença de um campo elétrico. Elas não responderam, então eu mesmo respondi. Disse que sob o próton surge uma força que aponta no sentido do campo e sob elétron uma força no sentido contrário ao campo. Complementei explicando que como os metais são bons condutores, elétrons podem se movimentar mais livremente, então eles se deslocam no interior do metal, fazendo com que um extremo fique com excesso de cargas positivas e o outro com excesso de cargas negativas, mesmo com o corpo, como um todo, permanecendo neutro.

A professora ficou passando nas classes dos alunos durante o restante do período.

Soou o sinal da troca de períodos, era 14h30min e alguns alunos prontamente comemoraram que a aula tinha acabado.

4.4 OBSERVAÇÃO 4:

Horário: 14h30min às 15h20min

Data: 09/04/2018

Disciplina: Matemática

A professora entrou em sala às 14h32min e os alunos logo foram apresentados a ela. A professora chamou a atenção dos alunos “pessoal, vamos manter a pose enquanto o Gabriel está aí...”. A primeira coisa que a professora fez foi solicitar ao chefe de turma que passasse as faltas antes dela iniciar a aula. Ela reclamou que alguns alunos estavam com três faltas seguidas e solicitou que um colega os avisasse dessa situação, pois posteriormente eles não conseguiriam acompanhar o conteúdo.

A professora, então, solicitou que os alunos mostrassem os exercícios no caderno. Eles deveriam ter feito do 11 ao 45. Alguns alunos se fizeram de desentendidos e a professora chamou a atenção deles. Ela passou de classe em classe para verificar o que cada aluno havia feito. Um aluno falou brincando “eu não preciso mostrar, né? Eu ganho um “mais” direto”, se virou para o colega e falou “desde o primeiro trimestre do ano passado eu sempre faço todos os exercícios, 100%”. Alguns alunos ficaram conversando e brincando enquanto a professora vistoriava os cadernos.

A professora solicitou que a turma ficasse em silêncio e começou a falar. Ela chamou a atenção da turma e pediu que fizessem os exercícios com calma, pois eles estavam tentando pular etapas da resolução e isso fazia com que eles errassem.

Ela começou a perguntar aos alunos se haviam dúvidas nas questões. Ela falou os exercícios de um em um para ver se os alunos tinham dúvidas. Nas primeiras questões os alunos não tiveram dúvidas.

A questão 19, primeira solicitada, perguntava qual era a probabilidade de pegar um conjunto de três balas de morango em um saco de balas que continha cinco balas de morango e 10 de abacaxi. A professora explicou que primeiro era necessário encontrar qual era o conjunto universo, o conjunto de todas as possíveis combinações de trios. Ela realizou o cálculo de uma combinação de 15 balas tomadas três a três ($C_{15,3}$), e depois encontrou o número de combinações possíveis de pegar trios de balas de morango, ou seja, $C_{5,3}$. Ou seja, a probabilidade era dada por $C_{5,3}/C_{15,3}$, que vale $2/91$.

A questão seguinte perguntava qual era a probabilidade de, ao tirar duas cartas simultaneamente de um baralho, as duas cartas serem da mesma cor. A professora iniciou a questão determinando o conjunto universo, que é todas as possibilidades de combinação de duas cartas entre as 52 cartas do baralho, ou seja, $C_{52,2}$. Na sequência, ela procurou o conjunto de pares da mesma cor, ou seja, $C_{26,2}$. Mas, como havia duas cores diferentes, então a professora explicou que era necessário multiplicar a combinação por dois. Logo, dividindo um pelo outro a professora chegou à resposta.

Um aluno comentou que fez a questão de um jeito diferente, mas que chegou ao mesmo resultado e, então, explicou o seu modo de fazer. A professora alertou que muitas vezes os alunos não têm certeza se eles fizeram a questão por lógica ou se acertaram a resposta de modo “aleatório” ou por sorte. A professora explicou, então, que se o aluno conseguisse resolver outras questões utilizando o mesmo método haveria uma lógica matemática por trás, mesmo que não utilizasse o formalismo.¹⁴

A questão seguinte perguntava qual era a probabilidade de se tirar três bolas azuis, vermelhas, amarelas ou todas de mesma cor, sabendo que havia três azuis, sete vermelhas, cinco amarelas em um recipiente. A professora resolveu de modo análogo à questão anterior: calculou o conjunto universo (combinação de 15 bolas pegadas 3 a 3, $C_{15,3}$), a combinação de $C_{5,3}$, $C_{7,3}$ e $C_{3,3}$, para cada uma das cores e realizou a razão entre o evento desejado (as três combinações individualmente ou somadas) e o conjunto universo.

Uma aluna não entendeu por que a professora fez combinações diferentes. Uma de $C_{15,3}$ e outra para cada cor. A professora explicou, então, que é necessário conhecer o conjunto universo, ou seja, todas as possibilidades de combinações que podem sair da caixa, que era dada por $C_{15,3}$ naquele

¹⁴ Nesse ponto é interessante observar como, mesmo sendo uma disciplina de matemática, a professora não exigia que os alunos memorizem as equações. Essa postura da professora mostra como ela provavelmente tem uma visão mais consciente do conteúdo: os alunos aprendem o conteúdo para um fim, e não pelo conteúdo ser um fim em si.

caso. Ela complementou explicando que a outra combinação era para obter quais eram os possíveis casos para se tirar três bolas de cada cor. Para facilitar a questão dos “casos possíveis”, a professora utilizou um exemplo com $C_{5,3}$ para escrever bolas de um a cinco e explicou que uma combinação é 1-2-3, outra é 2-3-4, etc., explicando que a combinação 4-3-2 era igual a 2-3-4, visto que a ordem não importa nessas situações.

A questão seguinte tinha praticamente a mesma lógica, mas com valores diferentes. A diferença dela era que pedia para tirar duas balas sucessivas de um saco, fazendo com que a professora resolvesse por arranjo. Terminado o exercício, a professora liberou os alunos para o recreio poucos minutos antes de soar o sinal.

4.5 OBSERVAÇÃO 5:

Horário: 7h30min às 8h20min

Data: 11/04/2018

Disciplina: Matemática

A professora entrou em sala às 7h35min, cinco minutos após soar o sinal, uma vez que os alunos estavam no deslocamento matinal.¹⁵ A turma estava agitada e apenas um aluno estava faltando.¹⁶

A professora continuou a correção dos exercícios que havia iniciado nas aulas anteriores. A turma solicitou o exercício 30, então a professora foi ao quadro e anotou as principais informações da questão. A questão era sobre lançamento de dados, então a professora sugeriu que os alunos sempre tivessem uma “cola” (tabela de consulta) em relação a lançamento de dois dados para ajudar na intuição do problema. A questão perguntava qual era a probabilidade que, ao tirar um dado vermelho e um dado preto, se tirasse três no dado vermelho (evento a) ou dois no preto (evento b). A professora explicitou, então, que eram eventos independentes, e que para resolver isto os alunos poderiam pensar em todas as possibilidades de tirar três no dado vermelho e qualquer valor no preto, ou dois no preto ou qualquer no vermelho, sendo que então $n(a) = n(b) = 6$ o número de eventos que satisfaziam a condição a e b , respectivamente. Ela ressaltou que havia um evento em comum nos dois conjuntos e

¹⁵ Outra formalidade militar. Os alunos marcham em seus pelotões algumas vezes por semana.

¹⁶ Aqui podemos perceber como os alunos são assíduos e pontuais. A nota disciplinar deles diminuía dependendo de mau comportamento, atrasos ou desrespeito às normas do colégio de modo geral. Uma nota disciplinar muito baixa pode levar o aluno a ser expulso do colégio.

que, caso simplesmente fizessem a soma dos dois e dividissem pelo conjunto universo (36), então estariam se considerando duas vezes o valor três no vermelho e o dois no preto. Sendo assim, a resposta era $11/36$.¹⁷

A próxima questão perguntava qual era a probabilidade de, no lançamento de dois dados, sair o número quatro (evento a) ou um número par (evento b). A professora calculou a probabilidade de se tirar quatro em um dos dados utilizando apenas lógica. Ela ressaltou que, como o conjunto (4,4) é igual a (4,4), ao invés de ser $n(a) = 6 + 6 = 12$, o correto era $n(a) = 6 + (6 - 1) = 11$.

A seguir, ela analisou a possibilidade de sair um número par. Assim, ela realizou o exercício no quadro supondo que o primeiro dado tirou um e analisou os casos do segundo dado em que o primeiro dado, igual a um, entrava no evento desejado. Para isso (1,2), (1,4) e (1,6) eram válidos. Para o número dois, como era par, era (2,1), (2,2), (2,3), (2,4), (2,5) e (2,6). Utilizando essa mesma lógica a professora chegou a $n(b) = 27$. Ela calculou a interseção entre os eventos a e b e encontrou o valor errado. Ela inicialmente contabilizou duas vezes as situações em que ocorria o evento do número quatro com um dado ímpar, logo havia encontrado uma probabilidade maior do que a correta.

A questão seguinte se referia a peças de dominó. A professora começou a desenhar as peças de dominó num pensamento análogo às combinações com dados. Uma aluna perguntou com tom de desgosto: “mas a senhora vai desenhar todos os dominós?”. A professora, incomodada, disse que sim, “você quer que eu ensine a matéria ou prefere só que eu passe a resposta final?”. A turma se agitou em função da resposta da professora e os colegas começaram a implicar com a aluna que recebeu a resposta. A professora pediu, então, para que a turma se acalmasse e voltou a desenhar os dominós no quadro. Ela encerrou falando que $C_{7,2}$ era o conjunto universo, pois a peça 6-2 é igual à 2-6.

A questão perguntava qual era a probabilidade de a soma das marcas nas peças ser maior que 6 ($P(a)$) ou menor do que 6 ($P(b)$). A professora analisou o desenho e contou de uma em uma as peças, chegando que $n(a) = n(b) = 12$, logo a resposta seria $12/28$.¹⁸

¹⁷ Interessante notar que a professora não utilizou o formalismo para resolver a questão. Ela utilizou o vocabulário mais simples possível, não falando da interseção dos eventos a e b , embora tenha feito isto no cálculo. Será que foi intencional?

¹⁸ Note que essa abordagem da professora é arriscada. Para situações com conjunto universo pequeno é muito fácil resolver os exercícios utilizando a lógica, mas nas que não são? Se fosse o lançamento de três dados, por exemplo, os alunos jamais conseguiriam utilizar essa metodologia. A professora incentivava os alunos a utilizarem a lógica em casos particulares, mas o fazia em detrimento do formalismo. Como os alunos resolveriam essas questões no lançamento de três dados? Os alunos definitivamente não conseguiriam desenvolver a questão utilizando o formalismo.

Na próxima questão em que houve dúvidas apenas duas alunas se manifestaram ao solicitar a questão, então a professora disse que resolveria na sexta feira com elas.¹⁹

A questão seguinte perguntava qual era a probabilidade de sair 5 ou que o produto dos dois dados fosse 12 no lançamento de dois dados. No evento a (5) temos $n(a) = 11$, como no caso anterior. No evento b a professora analisou quais eram os números que são menores do que 6 e que têm 12 como múltiplo. Ela chegou, apenas usando a lógica, nos dados (6,2), (2,6), (4,3) e (3,4). Analisando o conjunto intercessão, a professora ressaltou que ele era nulo, uma vez que doze não era múltiplo de cinco.

A questão seguinte perguntava qual era a probabilidade de a soma ser sete ou ter faces iguais no lançamento de dois dados. Soou o sinal da troca de períodos, mas a professora preferiu terminar o exercício. Faces igual (evento a) tinha seis possibilidades: (1,1), (2,2), (3,3), (4,4), (5,5) e (6,6). A soma ser sete (evento b) tinha as possibilidades (1,6), (6,1), (2,5), (5,2), (3,4) e (4,3). A professora resolveu o exercício do mesmo modo que as questões anteriores. Ela ressaltou, então, que é importante anotar a sua linha de raciocínio, pois às vezes acontece do aluno se perder. Ela recomendou, mais uma vez, que os alunos fizessem a tabela das combinações de lançamentos de dois dados e, então, encerrou a aula.

4.6 OBSERVAÇÃO 6:

Horário: das 8h20min às 9h10min

Data: 11/04/2018

Disciplina: Língua Portuguesa

A professora entrou em sala às 8h25min, logo que a outra professora saiu. Ela disse que os alunos não precisavam ser apresentados e perguntou pelo aluno que estava faltando. Ela demonstrou preocupação com ele e perguntou se sabiam se ele estava doente. Os colegas afirmaram que achavam que sim. Enquanto a professora conversava com um aluno mais de perto (conversa inaudível), outro

¹⁹ Pelo contexto, a professora deu a entender que seria no reforço de matemática. É interessante notar que mesmo em um colégio em que os alunos fazem uma prova de seleção ainda há a necessidade de aulas de reforço. Felizmente, o colégio oferece suporte aos alunos neste sentido.

aluno apagou o quadro da aula anterior. Após conversar com o aluno, a professora foi à sua mesa e mexeu no seu celular.²⁰

A professora, então, anunciou que na próxima quarta-feira haveria uma atividade com professores universitários da área do direito. Ela fez propaganda do evento e disse que seria bastante interessante, relacionando linguística, direito civil e persuasão. Assim que ela terminou de dar os avisos, ela começou a escrever um exercício no quadro. Enquanto escrevia no quadro, a professora deu um aviso, anunciando que enviaria por e-mail exercícios valendo nota extra. Ela falou que eram importantes e que relacionavam os conteúdos trabalhados com política e geografia.²¹ Ela também avisou que no segundo trimestre ela cobraria um texto dissertativo na prova trimestral. Alguns alunos comemoram, mas a maioria reclamou. Um aluno disse “isso aí professora, foco ENEM e Fuvest!”.

Enquanto a professora escrevia no quadro, vários alunos começavam a chamá-la, fazendo com que ela se irritasse, uma vez que ela não conseguia terminar de passar o exercício.²² Alguns momentos depois, os alunos se aquietaram e a professora voltou a escrever. Ela estava copiando uma questão do livro. Tratava-se de um enunciado com três frases e ela perguntava se elas apresentavam casos de regência verbal ou nominal, pedindo para explicar o porquê da resposta. Os alunos estavam, com exceção de dois, todos sentados copiando em silêncio. Os dois alunos que estavam em pé estavam conversando com outros colegas, ambos sobre a lista de física que a outra professora havia passado. A professora gastou bastante tempo escrevendo no quadro e chamava a atenção dos alunos sempre que o volume da conversa aumentava, mesmo que em pouca intensidade. A segunda questão que a professora passou no quadro afirmava que era comum encontrar erros de regência nas mídias e apresentava um excerto.

Ao assinar um documento de controle que os professores são obrigados a assinar (que o chefe de turma passa a cada período aos professores), a professora ficou indignada pelo chefe de turma ter escrito “português” ao invés de “língua portuguesa” e o acusou de fazer aquilo só para provocá-la. Ela começou a “acusar” o aluno e, então, eu me manifestei para dizer que o aluno falou a verdade ao

²⁰ A professora parecia se irritar facilmente com quaisquer comentários que achasse desnecessários. Ela jogou os livros em cima da mesa, aparentando estar irritada logo que entrou em sala de aula.

²¹ A professora aparentemente achava importante relacionar a disciplina de língua portuguesa com outras disciplinas, uma vez que citou a atividade com pessoas da área do direito e relacionou os exercícios extras à política e geografia.

²² Parecia haver certa resistência da professora ao uso de tecnologias. Há um projetor na sala de aula e notebooks disponíveis para os professores levarem para as salas, então a professora, provavelmente, não projetou a questão em slides por falta de interesse.

dizer que foi um engano, uma vez que o ouvi reclamando assim que ele percebeu o erro que havia cometido. A professora se dirigiu a mim, então, e falou (séria, mas dando a entender que era brincadeira) “o quanto eles te ofereceram para ficar ao lado deles?”. Eu respondi que depois dividiria com ela o que eles haviam me oferecido.

Passado isto, a professora voltou ao quadro e leu o enunciado das questões. Um aluno interrompeu-a e perguntou sobre os testes. A professora repreendeu-o, dizendo que, caso ele estivesse prestando atenção na aula em lugar de estar fazendo exercícios de física e matemática, ele saberia que não, que ela ainda não havia corrigido os testes. A turma se agitou, então, implicando com o aluno que fez a pergunta.

Uma aluna solicitou que a professora fizesse a primeira questão juntamente com a turma, mas professora a ignorou. Alguns momentos depois a professora começou a falar. Um aluno a interrompeu (com conversa paralela), então ela o repreendeu e tentou forçá-lo a responder à questão. Ele ficou em silêncio e outros alunos começaram a responder por ele. A professora perguntou por que os demais estavam fazendo aquilo e disse que era para aquele aluno responder. Ele continuou em silêncio. A seguir, ela começou a responder e, posteriormente, ditou a resposta para que os alunos anotassem.²³

Na sequência, a professora leu a questão seguinte. Ela perguntou à turma onde estava o erro no excerto. Alguns alunos respondem que não havia erro. A professora analisou a frase (“os assessores da rainha Elisabeth queriam saber os assuntos que Ruth Cardoso gostava de falar – e os que preferia evitar”). Ela disse que quem sabe, sabe algo de alguém, e que o “que” presente na frase retoma a palavra que a precede. Como se tratava de uma sentença composta, ela disse que o erro seria [...] “assuntos de que Ruth”, mas que este “de” estava relacionado a “gostar”, e não a “saber”. Uma aluna não entendeu e começou a questionar a professora. A professora respondeu, mas sempre com tom bastante irônico. A aluna perguntou se poderia ir ao quadro falar o que havia entendido e a professora permitiu. A aluna foi e, então, explicou. A professora interrompeu-a no momento em que ela encontrou a falha na sua explicação e reforçou que o “de” se relacionava a “gostar”. A aluna, então, entendeu o que a professora quis dizer e voltou ao seu lugar.

Ao fim da explicação, soou o sinal da troca de período, então a turma foi apresentada e a próxima professora entrou na sala.

²³ O vocabulário da professora é demasiadamente rebuscado, tornando, boa parte do tempo, a compreensão difícil. Em vários momentos os alunos fizeram piadas (entre eles mesmos) sobre o modo como a professora falava e até mesmo comentários como “não entendi uma palavra do que ela quis dizer”. Essa professora mostrava ter muito conhecimento da língua, mas falhava, como docente, ao não se comunicar adequadamente com os alunos, uma vez que não havia transposição didática em sua fala. De que adianta a professora falar e não tentar se fazer entender pelos alunos?

4.7 OBSERVAÇÃO 7:

Horário: das 9h10min às 10h

Data: 11/04/2018

Disciplina: Química

A professora entrou em sala às 9h15min e se dirigiu diretamente à sua mesa. Ela se sentou e os alunos ficaram sentados nas suas classes, em sua maioria. Uma aluna fez uma pergunta sobre uma questão do livro e a professora começou a responder enquanto ainda estava sentada à sua mesa. Após algum tempo tentando explicar, a professora levantou-se e perguntou se mais alguém tinha dúvidas naquela questão. Uma aluna disse que sim, mas a professora a ignorou. A professora se dirigiu à aluna que fez a pergunta inicial e explicou unicamente para ela. Após algum tempo, ela voltou para a sua mesa e então começou a explicar para a turma como um todo. A professora analisou as alternativas da questão uma a uma, explicando o erro de cada uma delas. Tratava-se de química orgânica. A turma estava quieta, mas não estava prestando atenção na explicação da professora.

A professora continuou tirando dúvidas dos alunos em relação aos exercícios. Ela se levantou e desenhou uma molécula de CH_3 ligada a um anel de benzeno que tinha uma carboxila ligada no outro extremo do benzeno. Ela explicou o porquê de o nome ser o nome que era.

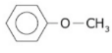
Na próxima questão em que houve dúvidas, a professora passou a desenhar as moléculas no quadro baseadas nos seus nomes. Alguns alunos conversavam em voz baixa, mas a professora se incomodou e mandou que ficassem quietos: “se não forem prestar atenção, pelo menos não atrapalhem”. O silêncio se tornou quase absoluto após essa repreensão.

A professora, então, retomou a lógica dos nomes, em que o final do nome indicava qual era o grupo funcional, o termo do meio indicava quantos carbonos estavam na cadeia principal e o início do nome se relacionava às cadeias secundárias.

A questão seguinte se tratava de uma cadeia de uma cetona com nove carbonos. A questão pedia para dizer quais dos isômeros poderiam ser considerados um palíndromo. A professora ressaltou que não poderia ser nos carbonos das pontas, uma vez que então deixaria de ser cetona. Ela desenhou todas as opções e solicitou que dissessem quais eram os possíveis nomes. Ela escreveu uma das opções, non-5-ona, em que o número 5 indica em que carbono está a ligação dupla de oxigênio. Ela também disse que havia outra opção de nomenclatura: cetoadibutílica, em que o carbono com ligação central se chama cetona e, como havia quatro carbonos de cada lado, então seria di (dois) butil (quatro carbonos).

Um aluno perguntou se haveria questões dissertativas no teste e na prova trimestral. A professora falou que talvez houvesse, mas que ainda não tinha preparado nem o teste, nem a prova trimestral. Nesse momento, um aluno reclamou e disse que o ideal seria que elas fossem o mais próximo possível do vestibular. Os seus colegas começaram, então, a reclamar, uma vez que este aluno sempre falava sobre vestibular, e que ele “metia mais pressão” nos colegas do que os próprios pais (palavras de uma aluna). A turma, então, começou a conversar um pouco e a professora ameaçou a comunicar os alunos, o que fez com que, novamente, a conversa cessasse.

Na sequência, a professora iniciou o conteúdo novo: o grupo funcional do Éter e o grupo funcional do Éster. A professora simplesmente desenhou no quadro a estrutura geral do Éter: $-O-$ (um oxigênio no meio de uma cadeia carbônica); e do Éster: $-C=O$, que podia ser escrito como COO ou CO_2 .

A professora, na sequência, apresentou um exemplo de éter: $H_3C-O-CH_3$. Ela escreveu os nomes “éter metílico metílico”, “éter dimetílico”, “metoxi metano”, dando ênfase que o “oxi” era por causa do oxigênio e o “ano” por causa do metano. Ela apresentou outro exemplo: $H_3C-O-CH_2-CH_3$ e escreveu o nome: “éter etílico metílico” (ênfatizando que se devia utilizar os radicais em ordem alfabética) ou “metoxi etano”, dizendo que se podia utilizar o prefixo “met” primeiro porque se utiliza o menos complexo primeiro. Ela enfatizou que ambas as ordens estavam corretas: complexidade e ordem alfabética. Ela, então, passou um terceiro exemplo, desenhando . Ela disse que o nome era “éter fenílico metílico” ou “metoxi benzeno”. A seguir ela solicitou que os alunos fizessem os exercícios do livro durante os últimos cinco minutos de aula.²⁴

Enquanto os alunos faziam os exercícios, a professora não se incomodou com o volume da conversa, mesmo ele sendo muito mais intenso do que nos momentos em que ela ameaçou os alunos. Soou, então, o sinal do recreio e os alunos foram dispensados após a apresentação da turma.

²⁴ A professora não explicitou no quadro quais eram as regras de nomenclatura nem as funções destes grupos funcionais, deixando apenas desenhos e palavras avulsos no quadro. Caso algum aluno não tivesse anotado ou não tivesse prestado atenção, ele não saberia como fazer os exercícios solicitados (utilizando como única fonte de informação a aula dada pela professora). A professora utilizou apenas metade do quadro durante a sua explicação, sendo que os desenhos e sua escrita ficaram amontoados. É difícil inferir o que a professora pensa utilizando esta metodologia de ensino.

4.8 OBSERVAÇÃO 8:

Horário: das 10h20min às 11h10min

Data: 11/04/2018

Disciplina: Biologia

A professora entrou em sala às 10h25min, a turma foi apresentada e, logo em seguida, cantou “parabéns a você”. Aparentemente a professora havia feito aniversário naquela semana. A professora, então, iniciou a falar sobre a matéria de sistema sanguíneo relacionada à parte de polialelia. Ela havia começado a retomar o assunto de onde haviam parado na última aula quando ela reparou que um aluno estava mexendo no celular. Ela o repreendeu e ameaçou expulsá-lo da sala caso aquilo se repetisse.

Ela começou, então, a fazer um esquema no quadro, escrevendo as partes constituintes do sangue: o plasma e os elementos figurados. Ela ressaltou que era no plasma que estavam os anticorpos e que os elementos figurados eram os glóbulos vermelhos, glóbulos brancos e as plaquetas. Ela afirmou que os glóbulos vermelhos eram os responsáveis pelo transporte de O_2 e que o oxigênio só se ligava a eles devido à presença do ferro; que os glóbulos brancos eram os responsáveis pela proteção do organismo (os anticorpos) e que as plaquetas eram responsáveis pela coagulação do sangue.

A turma prestava bastante atenção na aula e alguns alunos perguntaram sobre a relação da AIDS com o sangue. A professora explicou, então, que a AIDS não mata, mas que enfraquece o sistema imune do portador de tal modo que ele não consegue se defender contra nada.

Na sequência, ela fez quatro representações de veias com hemácias, uma para cada tipo sanguíneo, e explicou que cada um deles tem antígenos. Ela explicou que no plasma existe a aglutinina, que é um tipo de anticorpo e que cada tipo sanguíneo tem o antígeno correspondente ao inverso do tipo sanguíneo. A professora utilizava uma apostila (de sua autoria) e todos os alunos a tinham. Poucos alunos estavam copiando ou fazendo anotações sobre o que a professora dizia. A aula era majoritariamente constituída pela explicação oral da professora.

Na sequência, ela explicou que caso houvesse um acidente e alguém perdesse cinco litros de sangue e só tivesse disponível o tipo sanguíneo *A* para uma pessoa *B*, então utilizariam ele (por tempo determinado) para que a pessoa não morresse, mas que seria necessário fazer novas transfusões com tipo sanguíneo correto ou *O* para manter o sangue circulando e sem coagular. Um aluno perguntou o que aconteceria se não fizessem a nova transfusão e se a pessoa “explodiria”. A professora respondeu

que não, que como o sangue não circularia, o cérebro não receberia oxigênio, fazendo com que a pessoa morresse.²⁵

A professora explicou, ao longo de toda a aula, que os alunos iriam para o laboratório para determinar seus próprios tipos sanguíneo na semana seguinte. Ela aproveitou para fazer incentivo à doação de sangue, ressaltando que é realmente muito importante que todo mundo saudável doe e que isso seja ainda mais “cobrado” às pessoas com sangue O-, uma vez que é o tipo sanguíneo que pode salvar qualquer vida. Eu aproveitei e solicitei à professora para fazer uma participação, ressaltando que iria doar sangue na semana seguinte e que, caso alguém quisesse ir junto, seriam bem-vindos (os que pudessem/tivessem autorização).

A turma se dispersou um pouco e ficou conversando. Um aluno perguntou à professora sobre doação de medula óssea. A professora chamou a atenção da turma e explicou o processo, dizendo que fazem a coleta de sangue, analisam ele, veem os fatores que são importantes e põem os dados num sistema compartilhado no mundo todo. Assim, quando encontrassem alguém que fosse compatível, o doador seria contatado para fazer a extração, caso ainda tivesse interesse.

Nos momentos finais da aula, a professora explicou como seria a realização do experimento para determinação do tipo sanguíneo e encerrou a aula. Soou o sinal da troca de períodos e a professora foi embora sem que a turma fosse apresentada.

4.9 OBSERVAÇÃO 9:

Horário: das 11h10min às 12h45min

Data: 11/04/2018

Disciplina: Física

A professora entrou em sala às 11h18min. A turma foi apresentada e então a professora foi à sua mesa. Vários alunos foram à sua mesa para conversar com ela.

Uma aluna me procurou enquanto a professora não iniciava a aula. Ela queria tirar uma dúvida sobre leis de newton. A questão se tratava de dois blocos numa superfície lisa, conectados por um fio ideal, sendo puxados por uma dada força. Era dado o valor das massas dos blocos. A aluna não sabia como encontrar a tração do fio. A fim de fazer com que ela desenvolvesse a linha de raciocínio,

²⁵ A turma aparentava gostar bastante da aula. Ela ficou bastante atenta à explicação e perguntava sobre questões relacionadas ao assunto, procurando associar a assuntos de seu conhecimento, como o HIV, fazendo claramente uma interação não-literal e não-arbitrária, como propõe Ausubel.

perguntei a ela o que fazia com que os blocos se movimentassem, então ela respondeu que era a força externa. Perguntei, então, se a força movia apenas um dos blocos ou os dois e ela disse que os dois. Assim, complementei que deveríamos utilizar a segunda lei de Newton com a massa total que estava sendo acelerada para descobrir a aceleração do sistema. Ou seja, a massa utilizada na equação deveria ser a soma das massas dos blocos. Com isto, conhecendo a aceleração do sistema, conheceríamos a aceleração de cada um dos blocos também, e como o segundo bloco tinha a resultante das forças igual à tração, então bastaria utilizar, novamente, a segunda lei de Newton, mas com a massa do segundo bloco e a sua aceleração, e assim se chegaria ao valor da tração. A aluna ficou espantada ao ver que era só isso, achou bastante fácil.

Ao iniciar a aula, a professora pôs um *slide* no quadro com exercícios. O primeiro tratava-se de uma partícula emitida por um núcleo radioativo incidindo sobre duas placas paralelas com campo elétrico uniforme. A questão pedia para identificar quais eram as possíveis trajetórias da partícula caso ela fosse positivamente carregada e caso fosse negativamente carregada.

A turma ficou em silêncio absoluto tentando fazer a questão. Alguns momentos depois a professora partiu para o próximo exercício, sem mostrar a resposta certa. O exercício seguinte era de marcar verdadeiro (V) ou falso (F). As afirmações eram:

- 1) Existe um ponto entre duas cargas de mesmo módulo em que o campo elétrico é nulo, então as cargas têm sinais contrários.
- 2) Um próton sob a ação exclusiva de um campo elétrico sempre se move na direção e no sentido deste.
- 3) Podemos produzir um campo elétrico uniforme utilizando-nos de dois condutores cilíndricos.
- 4) A força elétrica adquirida por um elétron abandonado em um campo elétrico uniforme é paralela às placas que geram esse campo
- 5) As linhas de força do campo elétrico, devido a uma carga elétrica puntiforme, são semirretas saindo ou chegando à carga.
- 6) As linhas de força do campo elétrico uniforme são retas paralelas entre si e de mesmo sentido.

Assim como na questão anterior, a professora não mostrou o gabarito e partiu para a próxima questão. A questão seguinte dizia que uma carga elétrica puntiforme gerava um campo elétrico e apresentava dois vetores (\vec{A} e \vec{B}), sendo conhecido o módulo de \vec{B} . A questão perguntava qual era o valor do campo num ponto P . Nessa questão, bastava utilizar o prolongamento dos vetores \vec{A} e \vec{B} para

determinar a posição da carga elétrica geradora do campo elétrico. Como o ponto P estava duas vezes mais distante que o ponto do vetor \vec{B} , então sua intensidade era quatro vezes menor.

A turma ficou em silêncio enquanto tentavam resolver os exercícios. Havia pouca conversa, e de modo geral aparentava ser sobre o conteúdo. Uma aluna chamou a professora e ela foi até a classe da aluna para auxiliá-la.

A próxima questão era sobre quatro cargas elétricas distribuídas ao longo de um semicírculo em ângulos iguais em relação ao eixo vertical, sendo elas q , $-q$, q , $-q$ (da esquerda para a direita). A questão perguntava qual era o sentido do campo elétrico resultante no centro do semicírculo. Alguns alunos tiveram dificuldades e me perguntaram sobre questões de direções do campo. Eu expliquei que o campo elétrico de cargas positivas era no sentido de afastamento e o negativo era de aproximação. Uma aluna não entendeu o motivo de a resposta certa ser apontando para a direita, então eu sugeri que ela analisasse os campos elétricos individualmente. Como ela não entendeu o que eu quis dizer, desenhei com ela cada um dos vetores e falei de a soma vetorial ser dada pela regra do paralelogramo. Ela, então, entendeu, me agradeceu e voltou ao seu lugar.

A questão seguinte pedia para determinar o módulo do campo elétrico em função de m , g e q de uma gota de óleo que estava na presença de um campo elétrico que apontava para cima. A aceleração da gota era para cima.²⁶

A professora, sempre que passava para o exercício seguinte, ia para o fundo da sala ou ficava caminhando por ela. Após algum tempo, a professora falou qual era o gabarito das questões. Os alunos não tiveram dúvida no primeiro exercício. No segundo, alguns alunos marcaram que era possível gerar campo uniforme com dois cilindros. A professora disse, então, que dois cilindros são diferentes de duas placas paralelas. Não ficou claro se os alunos compreenderam, mas eles ficaram quietos.²⁷

Na questão seguinte, a professora tentou resolver a questão por proporção quadrática inversa, mas não resolveu de fato. Ela disse, resumidamente, qual era a lógica da questão, mas só pôs uma proporção no quadro. Alguns alunos comentaram que nunca entenderam proporções inversas. A professora seguiu, igual, para a próxima questão.

Na próxima questão, a professora foi ao quadro e desenhou os vetores de cada uma das cargas elétricas. A professora utilizou a “regra do paralelogramo” para resolver a questão. Um aluno

²⁶ Neste momento a professora poderia ter introduzido história da física na sua aula, explicado sobre o experimento de Millikan e a sua importância, uma vez que o experimento de Millikan era análogo àquela questão.

²⁷ Aqui, como visto em outra observação, percebe-se a ausência de questionamento por parte dos alunos. A professora dissera que dois cilindros eram diferentes de duas placas paralelas, mas não explicitou no que eles eram diferentes.

comentou que era muito complexo, e que nunca pensaria naquilo. A professora retrucou dizendo que ela cobrara exatamente o mesmo conhecimento na questão 15 da lista de exercícios que havia enviado. A professora utilizou apenas recursos de simetrias para resolver a questão. Os alunos pareceram compreender.

Seguindo, no próximo exercício a professora pôs, direto, a segunda lei de newton no quadro, dizendo que a força resultante era igual à massa vezes a aceleração. Na linha de baixo, ela explicou que a força resultante era a força gerada pelo campo elétrico menos a força peso, e substituiu a por g . Como a força elétrica era dada pelo produto da carga elétrica pelo campo elétrico, então a professora simplesmente substituiu a por g e encontrou a resposta.

Após resolver esse exercício, a professora passou um vídeo sobre blindagem elétrica. O vídeo mostrava o deslocamento de um pêndulo elétrico na presença de um bastão eletrizado, depois dentro de uma gaiola de acrílico e, posteriormente, dentro de uma gaiola de arame. Dentro da gaiola de acrílico o pêndulo se movimentava normalmente, enquanto dentro da gaiola de arame o pêndulo ficava parado. Os alunos prestaram atenção no vídeo.

A professora, num dado momento, parou o vídeo e perguntou como se fazia para retirar apenas as cargas negativas da gaiola quando se estava com o bastão próximo à gaiola de arame (com o pêndulo dentro). Alguns alunos respondem rapidamente “terra”, se referindo ao aterramento. A professora voltou, então, ao vídeo que mostrava a pessoa encostando um fio na gaiola. Um aluno falou “o fio agiu como fio terra”. A professora, sem falar nada, concordou fazendo movimentos com a cabeça.

Após encerrar o vídeo, a professora solicitou que os alunos trabalhassem na lista de exercícios. A turma ficou conversando nos momentos finais da aula, enquanto eu atendia uma aluna que veio me pedir ajuda. A primeira questão que ela me perguntou era relacionada à polarização de um objeto condutor na presença de um campo elétrico. Ela não entendia como havia a polarização, uma vez que o objeto estava eletricamente neutro. Expliquei que os metais são materiais condutores e que os elétrons conseguiam se movimentar facilmente no seu interior, logo, quando o condutor estivesse na presença de um campo elétrico, os elétrons se moveriam no sentido contrário ao campo elétrico, fazendo com que houvesse excesso de cargas positivas em um lado do condutor e excesso de negativas no outro.

A questão seguinte se tratava de uma partícula carregada que caía unicamente sob a ação da força gravitacional e, posteriormente, entrava numa região com campo elétrico uniforme e passava a se movimentar com velocidade constante. A aluna não entendia como era possível isto acontecer, visto que havia tanto força elétrica quanto força gravitacional. Expliquei, então, que isto acontecia

porque a força elétrica se somava à força gravitacional, e como elas são grandezas vetoriais, disse que para que a resultante das forças fosse nula, o único jeito de isto acontecer seria se a força elétrica apontasse para cima e tivesse o mesmo módulo da força gravitacional. A aluna pareceu entender, então eu disse para que ela terminasse de resolver a questão sozinha, uma vez que ela já sabia toda a linha de raciocínio.

A última questão em que ela tinha dúvida era análoga à primeira, então pedi para que ela lembrasse da minha explicação e tentasse resolver sozinha, mas ao meu lado. Pedi, também, que fosse me explicando a sua linha de raciocínio para que eu pudesse dizer se ela estava certa ou não. Se tratava de um cilindro condutor na presença de um campo elétrico. A questão apresentava cinco imagens e perguntava em qual região haveria maior concentração de cargas negativas. A aluna conseguiu chegar à resposta correta sem que eu fizesse grandes interferências. No final desta questão, soou o sinal da troca de períodos, então a turma foi dispensada. A turma não foi apresentada antes de ser liberada.

4.10 OBSERVAÇÃO 10:

Horário: das 12h às 12h45min e das 13h40min às 14h30min

Data: 16/04/2018

Disciplina: Física

A professora entrou em sala às 12h02min, a turma rapidamente foi apresentada e começou a preparar seus materiais para corrigir os exercícios da lista que havia sido passada. Ela perguntou quais eram as dúvidas que os alunos tinham. Um aluno, neste momento, foi me procurar e perguntar se ele havia realizado o cálculo de uma integral corretamente.²⁸

A primeira questão que foi solicitada foi a mesma que a aluna me solicitara no final da aula anterior. Se tratava da partícula que caía sob ação da força gravitacional e entrava numa região de campo elétrico constante. A professora resolveu a questão escrevendo no quadro “ $P = F_e$ ”, “velocidade constante” e “ $E = F_e/q$ ”. Ela não fez nenhum comentário significativo em relação à lógica por trás desta resolução.²⁹

²⁸ Se tratava do aluno que estava construindo o foguete. Ele estava tentando realizar um cálculo relacionado à variação da massa do foguete (em função do gasto de combustível). Eu não soube dizer se ele havia construído a integral corretamente para calcular o que ele queria, mas a sua resolução estava correta.

²⁹ Note que a professora simplesmente não comentou sobre a física do problema, apenas fez anotações sobre os cálculos envolvidos. Ela perdeu uma oportunidade de gerar aprendizagem significativa.

A questão seguinte era análoga à questão das partículas distribuídas ao longo do semicírculo, mas nesta questão se tratava de quatro partículas carregadas dispostas nos vértices de um quadrado, perguntando o sentido do campo elétrico num ponto no interior dele. A professora explicou a questão desenhando cada um dos vetores individualmente e os somando aos pares, utilizando a regra do paralelogramo. Os alunos pareceram entender a questão.

Após a professora resolver esta questão, uma aluna perguntou sobre o sentido do campo elétrico na questão anterior. A professora, então, voltou e retomou a questão. Ela afirmou que, para que a partícula tivesse velocidade constante, era necessário que a resultante das forças que atuavam sobre ela fosse nula. Assim, o campo elétrico deveria ter sentido oposto à força gravitacional.

A questão seguinte apresentava duas partículas carregadas com cargas q e $4q$ distantes entre si de 6 metros e perguntava qual era o ponto em que a força elétrica sobre uma terceira partícula carregada seria nula. Para isto, a professora afirmou que o campo elétrico tinha de ser nulo naquele ponto, e que o único jeito de isto acontecer seria caso o campo elétrico gerado por cada uma das partículas tivesse mesmo módulo e sentido oposto. Sendo assim, a professora igualou a expressão dos dois campos elétricos e encontrou a razão para as distâncias do ponto até as partículas. O único ponto que respeitava a proporção encontrada e onde o sentido dos campos elétricos gerados pelas duas partículas eram contrários era a 2 metros da carga q e 4 metros da carga $4q$, logo esta era a resposta.

Logo após encerrar a correção do último exercício, a professora dispensou os alunos para irem almoçar, uma vez que o período estava terminando.

A professora retornou à sala às 13h50min, logo após os alunos serem dispensados da formatura vespertina. A professora entrou em sala e uma aluna comentou que não conseguira fazer uma questão. Então, a professora se aproximou para auxiliá-la.

Uma aluna se aproximou de mim e solicitou que eu a auxiliasse. A questão apresentava a carga de duas partículas, o módulo da força que uma delas sentia e perguntava qual era o campo elétrico que a partícula de menor carga sentia. Perguntei à aluna se ela lembrava quais eram as equações da força elétrica e do campo elétrico e ela disse que sim. Solicitei, então, que ela me ditasse elas. Escrevi as equações e mostrei como o campo elétrico era igual à força elétrica dividida pela carga da partícula que sente a força, ou seja, para resolver a questão bastava dividir o valor da força elétrica pela carga da partícula com menor carga para obter o campo elétrico gerado pela outra partícula.

Enquanto eu a atendia, outra aluna se aproximou e sentou ao nosso lado. A próxima questão solicitada apresentava a figura de um vetor campo elétrico em um ponto e perguntava qual figura melhor representava o campo elétrico em um ponto com o dobro da distância do primeiro ponto.

Analisei com elas cada uma das figuras e relacionei com a equação do campo elétrico, e apenas uma delas não estava errada, respeitando o módulo e sentido do vetor no devido ponto.

A questão seguinte, analogamente a uma corrigida pela professora, apresentava duas partículas carregadas e a distância entre elas e perguntava o ponto em que o campo elétrico seria nulo. Analisei o desenho com elas e desenhamos o sentido do campo elétrico para cada uma das partículas, individualmente. Apenas analisando o sentido dos campos elétricos pudemos eliminar três das alternativas da questão. Para determinar qual era a alternativa certa, tivemos de igualar a equação do campo elétrico para cada uma das partículas, encontrando a relação entre as distâncias do ponto até cada uma das partículas. Assim, percebemos que apenas uma das alternativas satisfazia esta relação, obtendo, então, a resposta correta.

A questão seguinte também era análoga a outras corrigidas pela professora. Tratava-se de partículas carregadas dispostas nos vértices de um quadrado e perguntava qual seria o campo elétrico no centro do quadrado. Como a distribuição de cargas apresentava certa simetria, não foi necessário realizar o cálculo para todas as partículas, uma vez que duas delas se anulavam e que o das outras duas eram iguais. Deste modo, mostrei às alunas geometricamente cada um dos vetores e calculamos a intensidade de cada um dos vetores campo elétrico. Elas pareceram entender.

Na sequência, soou o sinal da troca de períodos e a professora solicitou que os alunos fossem apresentados antes de serem dispensados.

4.11 OBSERVAÇÃO 11:

Horário: das 14h30min às 15h20min

Data: 16/04/2018

Disciplina: Matemática

A professora entrou em sala às 14h32min e solicitou que a turma fosse apresentada. Junto à professora, algumas professoras de uma universidade entraram na sala para aplicar um teste de orientação vocacional que os alunos já haviam iniciado anteriormente. Se tratava de um programa de orientação vocacional de uma universidade privada do estado. Naquela aula os alunos deveriam responder a um questionário.

As professoras explicaram que o teste deveria ocupar dois períodos, mas que infelizmente o período que elas utilizariam seria utilizado no treinamento para a formatura de boinas dos novos alunos, então teriam de fazer tudo em um único período. Elas explicaram que a carreira profissional era altamente influenciada pela personalidade da pessoa, então que o teste era muito importante.

Uma delas explicou que a psicologia tem duas grandes bases: a frequência e a intensidade das respostas. O teste apresentava diversas frases com um espaço para que os alunos marcassem de 0 a 3, onde 0 significava “não me representa”, 1 significava “às vezes”, 2 significava “muitas vezes” e 3 significava “muito eu” (palavras da professora). Elas afirmaram que o nome do teste era RIASEC, que era um teste de personalidade ocupacional.

Os alunos fizeram o teste em silêncio. Só se manifestaram para fazer perguntas sobre o modo que deveriam responder certas afirmações. Conforme o período passava os alunos começaram a conversar uns com os outros em relação às suas respostas.

A professora de literatura do colégio (que também estava trabalhando como orientadora pedagógica) entrou na sala de aula e conversou com alguns alunos mais de perto. Ela ficou caminhando pela sala de aula por alguns minutos e, posteriormente, se retirou.

Faltando dez minutos para acabar as aulas, após os alunos já terem concluído o questionário, uma professora dirigiu-se à frente da sala para explicar o significado de RIASEC. Ela disse que R significava realista, que são personalidades que gostam de coisas mais concretas, I era de investigativo, que são pessoas mais curiosas, pessoas que procuram sempre complementar o seu atual conhecimento com mais informações, A era de artístico, S de social, que são pessoas que trabalham mais voltadas a questões sociais, E de empreendedor, que são pessoas inovadoras, líderes e C era de convencional, que são pessoas que se adequam melhor às regras, como profissões militares.

Soou o sinal da troca de períodos e os alunos foram dispensados após a apresentação.

4.12 OBSERVAÇÃO 12:

Horário: das 7h30min às 8h20min

Data: 18/04/2018

Disciplina: Matemática

A aula iniciou às 7h35min, logo após os alunos voltarem do deslocamento matinal. Eles foram apresentados e, em seguida, a professora falou de que iria continuar passando o conteúdo que havia iniciado no dia anterior. Ela escreveu no quadro os principais assuntos relacionados à aula anterior e,

então, terminou de explicar o formalismo matemático. Tratava-se de situações em que havia apenas dois eventos possíveis: vencer ou perder, cara ou coroa, verdadeiro ou falso, masculino ou feminino.³⁰

A professora escreveu a matéria no quadro em silêncio e os alunos ficam conversando e copiando. Um aluno se levantou e perguntou algo sobre o círculo trigonométrico, mas não ficava claro qual era a sua dúvida.

Um aluno se dirigiu até mim e me perguntou se eu havia visto ou se sabia o que cairia no teste de física. Respondi que não sabia. Ele respondeu que eu deveria “dar uma sondada” para poder ajudar eles. Respondi, então, que eles deveriam estudar e que mesmo que eu soubesse o que iria cair eu não os falaria, e que, provavelmente, cairia o que a professora cobrou na lista de exercícios e falou em sala de aula.

No quadro, a professora escreveu o seguinte enunciado: “Se para determinado evento há somente duas possibilidades, sucesso ou insucesso, cujas probabilidades são respectivamente p e q , temos para a probabilidade de ocorrer m vezes o resultado procurado, em um total de n repetições do experimento,

$$P(E) = C_{n,m} p^m q^{n-m}$$

Exemplo:

Jogando um dado 5 vezes, qual a probabilidade de sair a face 3 em dois dos 5 eventos?”

A professora conversou com os alunos sobre um aluno em particular. Ela disse que o aluno faltava demais, que ele pensava que era muito tempo gasto em sala de aula e que ele conseguiria fazer em casa o que era trabalhado no colégio, mas que ele estava errado e não conseguiria.³¹ Os alunos comentaram, então, que falaram com ele, pediram para ele voltar, mas que eles foram ignorados.

Na sequência, a professora explicou o que foi passado no quadro. Ela basicamente explicou que isso só podia ser utilizado em eventos de “sim” ou “não”, que são eventos independentes. Um aluno perguntou se esse método era algo que acrescentava algo novo ou se era apenas um artifício. Ela respondeu, então, que era um artifício e que este método facilitava alguns exercícios.³²

³⁰ A situação dos eventos “masculino”/“feminino” não me pareceu um exemplo feliz, dado todo o atual debate que há na sociedade sobre sexualidade e identidade de gênero.

³¹ Aparentemente a professora nunca ouviu falar em *Homeschooling* e dos casos de estudantes que têm desempenho incrível mesmo sem terem ido à escola (organizando seus estudos em casa), caso contrário não teria feito tal afirmação.

³² Para essa professora, formalismo parece ser sinônimo de artifício. Há situações em que o tratamento por lógica é praticamente inviável, sendo necessário o formalismo para conseguir resolver a questão. A professora falhava ao não deixar isto claro aos alunos.

A professora, então, começou a resolver o exemplo, relacionando que a probabilidade de ocorrer o evento A (o evento desejado, ou seja, sair 3 no dado) era $1/6$ e que o complementar era $5/6$. Assim, ela determinou os valores de m e n (5 e 2, respectivamente) e aplicou na equação.

A professora falou, então, que naquele momento havia acabado o mecanismo matemático novo sobre essa matéria. Ela ressaltou que os alunos costumam ficar com dúvida nos exercícios pois vários deles podem ser feitos por diferentes métodos, e recomendou que os alunos olhassem os exercícios que já haviam sido feitos para comparar os métodos de resolução e verem quais eram mais fáceis em cada situação.

Na sequência, ela passou uma lista de exercícios do livro para que os alunos fizessem (valendo nota) e disse que verificaria se haveria dúvidas na segunda-feira da semana seguinte. Ela complementou afirmando que haveria teste na sexta-feira posterior. Alguns alunos pediram, então, para que o teste fosse em dupla e a professora disse que poderia pensar a respeito, mas que se fosse em duplas o teste iria valer mais nota. Alguns alunos gostaram da ideia, outros não. “O ENEM e o vestibular não serão em dupla, professora!”, disse uma aluna, mas a professora a ignorou.

A professora disse, então, para que os alunos fizessem os exercícios enquanto o período não acabava. Alguns alunos utilizaram esse tempo para conversar sobre assunto aleatórios. Alguns deles conversavam sobre exercícios de física, uma vez que estavam preocupados com o teste de física que haveria no último período.

A professora sentou junto a uma aluna para tirar dúvidas. Enquanto isso, um aluno se aproximou de mim para tirar uma dúvida sobre uma questão. A questão perguntava quantos elétrons havia em excesso ou falta numa esfera metálica eletrizada positivamente que gerava um gráfico de intensidade do campo elétrico em função da distância até a carga. Eu li o enunciado com o aluno e ele prontamente respondeu “eletrizada positivamente... Ahhh, então é excesso de prótons, eu não tinha lido essa parte. Obrigado”. Não houve necessidade de discutir nenhum conceito físico com ele.

Soou, então, o sinal da troca de período, era 8h20min, mas a professora ficou alguns minutos a mais para terminar de tirar as dúvidas da aluna. Após isto, a professora saiu da sala sem que a turma tivesse sido apresentada.

4.13 OBSERVAÇÃO 13:

Horário: das 8h20min às 9h10min

Data: 18/04/2018

Disciplina: Língua Portuguesa

A professora entrou em sala acompanhada de outras duas professoras (Professoras A e B) e três alunas de direito. A professora A falou que eram da Fundação do Ministério Público e que, juntos, eles desenvolveriam um projeto a respeito da área de direito. A professora B tomou a palavra e falou que o colégio foi bastante receptivo à proposta de juntar o direito à disciplina de literatura. Ela explicou que geralmente há falta de diálogo entre as duas áreas nos profissionais do direito, que isso era muito importante e que a literatura fazia com que o direito fosse muito interdisciplinar.³³ A professora de língua portuguesa falou, então, que os alunos já haviam lido Dom Casmurro e que elas pretendiam fazer um júri simulado (“uma audiência” jurídica) para determinar se Capitu traiu Bentinho ou não. Ela explicou que o texto era escrito pelo Bentinho, então toda a questão do texto já era enviesada. Elas falaram sobre realização de atividade em duas turmas, em uma simulação da Capitu estar acusando o Bentinho (invertendo os papéis), e que a turma que ficasse com o lado da Capitu iria decidir qual seria a acusação.

A professora B sugeriu que houvesse um sorteio entre as turmas. A professora de língua portuguesa perguntou, então, se a análise jurídica seria feita no século XXI ou no século XIX, pois a legislação havia mudado muito. A professora B falou, então, que poderia ser uma análise no século XXI, desde que não modificasse a estrutura básica da história.

Um aluno perguntou se haveria personagens. A professora B respondeu que sim, que haveria alunos fazendo o papel do réu, da autora da acusação, testemunhas, ministro, narrador da história e assim por diante.

A professora B começou, então, a fazer um calendário de como ocorreria o processo. Haveria uma data para a audiência, apresentação da defesa, apresentação da acusação e encontro dos alunos do colégio com as alunas de direito.

Nos momentos seguintes, realizaram o sorteio e a turma 32 ficou com a Capitu, ou seja, eram os autores da acusação. Depois disso, começou a ocorrer a divisão dos papéis. Um aluno queria ficar com o papel da Capitu, o que faz com que a turma se agitasse. A professora interveio, falou que essa

³³ Existiria algum modo da literatura e da linguística não serem interdisciplinares? Uma vez que a comunicação humana é majoritariamente através da linguagem oral e escrita, me parece uma obviedade o que essa professora disse.

atividade era importante pois os alunos precisariam se ouvir, a turma se acalmou e então decidiram que uma dada aluna seria a Capitu.³⁴

A professora B explicou, então, como se daria a audiência final, explicando resumidamente como era um processo jurídico. Um aluno propôs que houvesse uma penalização à parte que perdesse o caso, sugerindo que a turma ganhadora recebesse uma semana sem usar farda como forma de engajamento dos alunos.³⁵

A professora de língua portuguesa implicou com o aluno por ele ser interesseiro (palavras dela). Ela disse que os alunos queriam desvirtuar a audiência. A professora B fez um discurso dizendo que eles não pensem em recompensas materiais, e sim no conhecimento que eles adquiririam.³⁶ Ela também disse que haveria uma série de textos de apoio que relacionariam o autor do livro e questões jurídicas.

Poucos minutos antes do final da aula, as alunas de direito se apresentaram, uma vez que elas acompanhariam a evolução das atividades na escola. Soou, então, o sinal da troca de períodos e a turma foi dispensada após ser apresentada.

4.14 OBSERVAÇÃO 14:

Horário: 9h10min às 10h

Data: 18/04/2018

Disciplina: Química


A professora entrou em sala às 9h14min, com a turma pronta para ser apresentada. Uma aluna foi falar com outra e comentou, ao me ver, “Ah, eu esqueci que ele tava aí”, se referindo a mim.

³⁴ Aqui pode-se perceber o caráter tradicional do ambiente. O que mudaria na essência da história se um aluno fizesse o papel da Capitu? Como é um “teatro”, não há problemas em um homem interpretar uma mulher. Além disso, também poderia ser um casal homossexual, uma vez que a sociedade está mais tolerante no século XXI do que era no século XIX.

³⁵ Os alunos não gostam de usar farda. Sempre que possível eles solicitam para utilizar o abrigo do colégio. Eles o utilizam uma vez por semana e nos dias da educação física, apenas.

³⁶ No discurso do aluno estava nítido que ele sugeriu a utilização do abrigo como forma de engajamento. Com a turma engajada haveria muito mais predisposição à aquisição do conhecimento, na acepção de Ausubel, algo que as professoras e as alunas de direito aparentemente não pensaram. Embora a proposta seja uma abordagem com base behaviorista, esta utilização parece bastante pertinente.

Após organizar o seu material, a professora foi ao quadro. Ela escreveu “amidas”, “grupo

funcional ” e escreveu três exemplos com suas respectivas estruturas. Após escrever sobre as amidas, a professora retomou as aminas, que são ligações de nitrogênio a cadeias carbônicas. Ela explicou rapidamente (em dois minutos, no máximo), e mandou os alunos fazerem os exercícios do livro.³⁷

Um aluno perguntou sobre a estrutura química da metanfetamina, e como a professora não soube responder prontamente, ela pesquisou no seu *tablet* para responder ao aluno. Alguns alunos começaram a fazer piadas sobre o assunto e então surgiu o assunto da série *Breaking Bad*. A professora disse que começou a ver e ficou viciada na série. A turma se agitou com o assunto e a conversa ficou intensa.

Um aluno perguntou sobre as notas de um trabalho que eles haviam feito e a professora afirmou que verificaria em alguns momentos. Alguns momentos depois, a turma se aquietou e os alunos começaram a fazer os exercícios do livro. A professora, então, encontrou a fórmula estrutural da metanfetamina e mostrou aos alunos que perguntaram. Na sequência, ela comentou “eu procurei metanfetamina no google e a primeira coisa que apareceu foi como produzir metanfetamina, então eu precisei procurar “metanfetamina fórmula estrutural”, então eu encontrei”. A turma se agitou novamente, mas pouco tempo depois ela já se acalmou. A professora, algum tempo depois, se levantou e começou a andar pela sala, pressionando os alunos para que fizessem os exercícios.

Um aluno perguntou sobre a papoula, então a professora começou a falar com os alunos sobre drogas, morfina e uma experiência pessoal com morfina. Ela disse que uma vez ela fez uma cirurgia, deram morfina para ela e que ela estava consciente, mas não conseguia se mexer, então todos achavam que ela estava dormindo. Ela disse que a sensação era muito ruim.

Após contar esta história, a professora deu mais uma volta na sala e então retornou à sua mesa. Um aluno perguntou se a professora tinha o gabarito das questões, ela disse que havia no livro, mas não sabia se estavam certas. Ela, então, ficou olhando o livro, verificando as respostas dele.

Após terminar de fazer um exercício, a professora perguntou se alguém tinha dúvidas nele. Uma aluna próxima a ela disse que sim, então ela explicou a questão e a “repreendeu” por ter errado. “Presta atenção. Segue o passo a passo”. O restante da turma trabalhava em silêncio.³⁸

³⁷ A professora não passou sequer as regras de nomenclatura antes de solicitar que os alunos fizessem os exercícios.

³⁸ Aqui a postura da professora mostrava não ser nada favorável à aprendizagem significativa. Como o aluno pode aprender sem errar? A professora, pelo seu tom, pareceu ter dado uma “receita de bolo” para os alunos seguirem, o que mostra que o entendimento não é priorizado, e sim a resposta final. Ela apresenta uma postura bastante behaviorista.

A turma continuou trabalhando em silêncio até o final do período. Um aluno foi até a mesa da professora e perguntou algo. A professora leu algo para ele e complementou “teus olhos leram, mas teu cérebro não leu” em tom sério. O período se encerrou às 9h59min, os alunos foram apresentados à professora e saíram para o recreio.

4.15 OBSERVAÇÃO 15:

Horário: das 10h20min às 11h10min

Data: 18/04/2018

Disciplina: Biologia

A professora entrou em sala de aula às 10h25min e os alunos foram apresentados a ela. Eles perguntaram sobre a nota do teste que haviam feito, a professora disse que um dado aluno havia gabaritado e complementou, em tom de brincadeira, dizendo que ele certamente havia colado. A professora avisou, então, aos alunos que eles não realizariam na próxima aula a experiência em laboratório, uma vez que eles perderiam o período por causa do treinamento para a formatura de boinas.³⁹

A professora, então, retomou o conteúdo que havia começado a falar na aula anterior (fator Rh e tipo sanguíneo) e interrompeu a aula para me cumprimentar: “oi, lindo”. Um aluno, pensando que ela estava falando com ele, respondeu, então ela disse que estava falando comigo (eu já estava na sala quando a professora entrou). Isto gerou agitação na turma.

Depois de alguns momentos, a turma se acalmou e a professora voltou à matéria. Ela pegou o seu polígrafo e solicitou que os alunos também o pegassem. A professora só explicou o conteúdo verbalmente, não passando nada no quadro nem utilizando o projetor como auxílio. Os alunos estavam em silêncio prestando atenção na professora. Após terminar sua linha de raciocínio, a professora fez alguns exemplos simples no quadro.

A professora avisou que o quadro de Punnett não era resposta, que ele era desenvolvimento, e que se os alunos não haviam dado uma resposta completa no teste eles ganharam errado na questão.

³⁹ Existe uma cerimônia em que os alunos novos passam a ingressar os pelotões e marchar junto aos demais alunos e utilizar a farda do colégio. Antes dela, os alunos novos marcham separados por turmas e utilizam apenas o abrigo do colégio.

Ela disse que ela nem olha o quadro de Punnett, e sim apenas a resposta.⁴⁰ Uma aluna mostrou uma anotação para a professora e perguntou se era assim que ela queria as respostas. Ela respondeu “Isso, querida! Certinho”, e complementou “aluno quando é inteligente tira nota boa no teste”.⁴¹

Voltando à explicação, a professora ressaltou que o sistema Rh só gera problema quando ocorrem sucessivas transfusões de pessoas positivas para pessoas negativas. Percebendo que dois alunos estavam fazendo exercícios de outra disciplina, a professora se exaltou, mandando os dois para seus lugares e dizendo que eles precisavam estudar biologia, pois ambos tinham ido mal no teste.⁴²

A professora comentou, então, sobre questões de doenças relacionadas ao fator Rh. Ela repetiu várias coisas que já haviam sido ditas na aula anterior. Ela explicou como funcionava a DHRN (“Doença Hemolítica do Recém-Nascido”, também conhecido como “amarelão”), interagindo com os alunos e utilizando o vocabulário dos alunos (e respostas deles) para responder às perguntas que eram feitas.

A professora encerrou a aula às 11h03min, passando uma atividade de pesquisa para que os alunos fizessem para a próxima aula. Ela devolveu os testes e rapidamente corrigiu parte dele com os alunos. Como sou o sinal da troca de períodos, ela avisou que iria terminar de corrigir ele na próxima aula.

4.16 OBSERVAÇÃO 16:

Horário: das 11h10min às 12h45min

Data: 18/04/2018

Disciplina: Física

A professora entrou em sala de aula às 11h20min, dez minutos atrasada. A turma foi apresentada e a professora se dirigiu à sua mesa. Alguns alunos se aproximaram dela para solicitar

⁴⁰ A professora não analisa o desenvolvimento dos alunos?

⁴¹ Podemos notar uma visão completamente equivocada por parte desta professora. Com ensino tradicional, a professora parece realmente acreditar que uma prova escrita consegue medir o conhecimento que o aluno apresenta. Além disso, ela também afeta diretamente a autoestima dos alunos, uma vez que afirma que se o aluno não tira nota boa ele não é inteligente.

⁴² O tom de voz utilizado pela professora, neste momento, foi o de querer humilhar os alunos. Houve uma exposição completamente desnecessária por parte da professora. É impressionante como, mesmo com esta postura, a turma aparentava gostar da professora.

que ela alterasse a nota do teste devido à uma correção incorreta. Ela ficou com o teste para analisar posteriormente.

A professora solicitou, então, que os alunos organizassem a sala em quatro fileiras para que eles já estivessem prontos para a aplicação do teste que seria no segundo período. A turma ficou agitada enquanto organizava o seu material. Quando a turma se acalmou a professora distribuiu o teste, mesmo não estando no segundo período ainda.

Após distribuir o teste aos alunos, a professora me trouxe uma cópia dele. Uma aluna fez uma pergunta e a professora respondeu “interpretação faz parte da prova”. Outra aluna chamou a professora e mostrou algo no teste, então ela percebeu que havia um erro de digitação nele, fazendo com que ela avisasse o restante da turma e solicitasse que eu avisasse a outra turma que também estava fazendo o teste.

O teste continha seis questões de múltipla escolha e três dissertativas. A primeira questão apresentava uma partícula em um campo elétrico uniforme e fazia perguntas acerca da força, aceleração e tipo de movimento que a partícula apresentava.

A questão dois apresentava duas partículas com cargas dadas e posições bem definidas e perguntava onde o campo elétrico era nulo, valor do campo em dados pontos e o que aconteceria ao se colocar outra partícula eletrizada em determinadas posições.

A questão três era, assim como a primeira, conceitual, perguntando qual era a carga elétrica de gotas de tintas lançadas por uma impressora sabendo a trajetória das gotas.

A questão quatro apresentava três partículas carregadas ao longo de um círculo e perguntava qual era o sentido do campo elétrico, sabendo o valor e a posição de cada uma das cargas elétricas.

A questão cinco dizia que uma carga puntiforme gerava um campo elétrico e apresenta dois vetores de campo elétrico (em dois pontos diferentes), sendo um deles com módulo dado. A questão perguntava qual era o valor do campo elétrico no outro ponto.

A questão seis apresentava uma figura com linhas de campo elétrico não homogêneas e apresentava três pontos. Ela pedia para relacionar a intensidade dos campos elétricos em cada um dos pontos, dizendo se no ponto A era maior, igual ou menor do que no ponto B, por exemplo.

A primeira questão dissertativa pedia para calcular a aceleração de uma partícula com carga elétrica e massa definida na presença de um campo elétrico dado. A professora deixou em aberto (intencionalmente) se a carga era positiva ou negativa, justamente para avaliar as respostas dos alunos.

A segunda questão dissertativa perguntava onde se deveria colocar uma terceira partícula carregada, próxima a outras duas partículas carregadas, para que num dado ponto o campo elétrico resultante fosse nulo.

A última questão relacionava a força gravitacional à força elétrica. Ela perguntava qual seria o valor do campo elétrico se uma partícula que estava caindo sob ação exclusiva da gravidade entrasse em um campo elétrico uniforme e passasse a ter um movimento retilíneo uniforme (item *a*) ou um movimento retilíneo uniformemente variado (item *b*) com aceleração igual a 2 m/s^2 para baixo.

A professora conversou comigo em alguns momentos do teste, reclamando que estava perdendo muitos períodos em função da formatura de boinas e que daquele jeito não seria possível cumprir o cronograma da escola.

Os alunos, conforme terminavam o teste, foram liberados.

5. PLANEJAMENTO E REGÊNCIA

A partir do dia 23 de abril iniciei minha regência na turma. Como o calendário do colégio era bastante rígido e eu tinha várias restrições de conteúdos nas minhas aulas, não pude executar meu projeto com os alunos. No Apêndice B consta o cronograma de regência que executei. Ele sofreu diversas modificações, uma vez que o andamento das aulas nem sempre correspondeu às expectativas.

PLANO DE AULA (1 e 2)

Data: 23/04/2018, das 12h às 12h45min e 13h40min às 14h30min

Conteúdo: Revisão de Conservação de energia; Diferença entre Energia Potencial Elétrica e Potencial Elétrico.

Objetivos de ensino:

- Apresentar os conteúdos que serão trabalhados, relacionando-os com os conteúdos já vistos;
- Relembrar as relações de energia cinética, energia potencial e trabalho;
- Apresentar o trabalho da força elétrica;
- Apresentar a equação da Energia Potencial Elétrica e relacioná-la com o Potencial Elétrico;

Procedimentos:

Atividade Inicial:

Iniciarei a aula me apresentando. Nesse momento falarei brevemente sobre a faculdade, as minhas experiências universitárias, pedagógicas, profissionais e como será o andamento das aulas.

A seguir, mostrarei algumas das respostas dos questionários, mostrando que a opinião dos alunos foi ouvida e que atenderei, na medida do possível, o que foi pedido. Um dos assuntos que os alunos gostariam de ver (resposta recorrente nos questionários) foi Física Moderna, então procurarei utilizar este assunto como problematização inicial. Utilizarei o LHC (“Grande Colisor de Hádrons”) e a Próton Terapia para problematizar e contextualizar situações em que partículas são aceleradas por campos eletromagnéticos, adquirindo energia cinética por causa da energia potencial armazenada no campo elétrico.

Na sequência, apresentarei os conteúdos que serão trabalhados ao longo das próximas aulas (energia potencial elétrica, potencial elétrico, diferença de potencial elétrico, trabalho de uma força elétrica, poder das pontas e capacitores) e as metodologias utilizadas (*Peer Instruction*, exposição dialogada, vídeos e simulações).

Desenvolvimento:

Após a apresentação dos conteúdos, abrirei o *Simulador 1* (<http://www.flashphysics.org/electricField.html>) e mostrarei aos alunos o comportamento de cargas de prova em regiões próximas e distantes da carga geradora. Utilizarei uma carga de 1 C localizada em algum vértice da tela para que a simulação de “carga no infinito” seja mais realista. Com isso ressaltarei a conservação da energia no sistema, dizendo que o trabalho para levar uma carga do infinito até as proximidades é igual à diferença de energia potencial que a carga apresenta nos dois pontos. A seguir, mostrarei algumas das propriedades do Potencia Elétrico.

Fechamento:

Reservarei o momento final da aula para resolver uma questão utilizando alguns dados do LHC, solicitando que os alunos calculem a velocidade de um próton sabendo a energia e a sua massa. Ao fazer isto, os alunos encontrarão um valor mais alto do que a velocidade da luz. Assim, discutirei

com os alunos as questões de modelos na ciência, e o modelo atual que diz que velocidade da luz é a velocidade mais alta em que se pode transmitir informação.

Ao final do período solicitarei que os alunos explorem as funcionalidades dos *Simuladores 1 e 2*, vejam o *Vídeo 1*, façam anotações sobre eles e mostrem a mim na aula seguinte. Os alunos deverão tentar responder às seguintes questões utilizando estes recursos:

- 1) Qual a relação entre a Superfície Equipotencial e o Campo Elétrico?
- 2) O que acontece com o Potencial Elétrico em um ponto caso haja **duas ou mais** cargas geradoras próximas a este ponto?
- 3) O módulo do Campo Elétrico é igual em todos os pontos da superfície equipotencial?

Recursos:

Computador, Apresentação de Slides, Projetor, Quadro Branco e Canetas para Quadro.

Simulador 1 - <http://www.flashphysics.org/electricField.html>

Simulador 2 - https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_pt_BR.html

Vídeo 1 - https://www.youtube.com/watch?v=eNxDgd3D_bU

Observações:

Não foi possível realizar todo o desenvolvimento da aula. Foi possível apresentar o conteúdo apenas até a relação do trabalho realizado pelo campo elétrico em função de uma diferença de potencial elétrico.

Os alunos não lembravam bem das regras de conservação de energia, logo a aula se estendeu mais nesta parte.

REGÊNCIA (1 e 2)

A turma não estava na sala de aula quando soou o sinal das 12h. Como o professor que estaria com a turma até às 12h estava de licença paternidade, a secretária do colégio achou que era melhor não deixar os alunos livres, então eles estavam na aula de educação física com outra turma. Aproveitei o tempo de atraso deles para aprontar o projetor com os slides que eu utilizei na aula. Poucos minutos depois a turma chegou. O chefe de turma apresentou a turma à professora, que então disse que daquele dia em diante eu seria o professor e que eles deveriam se apresentar a mim.

Iniciei a minha aula com a minha própria apresentação, explicando que eu era ex-aluno do Colégio Tiradentes, que estava terminando a faculdade de física e que já tinha experiência com

docência em aulas particulares e projetos extraclasse, mas que aquela era minha primeira vez regendo uma turma, oficialmente.

Parti, então, para o conteúdo a ser ministrado. Como forma de demonstrar que os alunos foram ouvidos, mostrei algumas das questões que os alunos responderam previamente sobre suas opiniões sobre física.⁴³ Uma das questões que eu mostrei para eles era relacionada aos assuntos que os alunos gostariam que fossem abordados em sala de aula, uma vez que houve uma resposta bastante recorrente: teorias modernas.

Usei o interesse deles por teorias modernas para problematizar o conteúdo que eu precisava ensinar utilizando o *Large Hadron Collider (LHC; Grande Colisor de Hádrons)*. Perguntei à turma se eles conheciam ou já haviam ouvido falar dele e a turma ficou dividida. Alguns já tinham ouvido falar, outros não. Expliquei, então, que se tratava do maior acelerador de partículas do mundo e que ele utiliza campos eletromagnéticos para acelerar partículas a velocidades próximas à velocidade da luz. Neste momento, um aluno me fez uma pergunta: “ainda não conseguiram atingir a velocidade da luz, né sor?”. Eu hesitei em responder, visto que pretendia abordar essa questão no final da aula. Respondi que não, e que provavelmente nem iriam, mas que no final da aula eu entraria mais a fundo nessa questão. Outro aluno perguntou para que servia um acelerador de partículas, então eu respondi, sem me aprofundar muito, que era para verificar qual era a estrutura interna de partículas como prótons e nêutrons, as quais chamamos de Hádrons.

Na sequência, comentei que embora pareça inútil e um desperdício de dinheiro estudar a estrutura interna das partículas, a tecnologia gerada para possibilitar estes estudos possibilitou avanços nas mais diversas áreas, como é o caso da medicina. Como colidir partículas como prótons exige muita precisão, os aparelhos de medidas e de controle de campos eletromagnéticos foram aperfeiçoados, possibilitando o desenvolvimento da protonterapia, que é um tratamento para câncer muito menos danoso à saúde do que a radioterapia que é bastante utilizada. Alguns alunos ficaram impressionados e perguntaram se já havia este tratamento no Brasil, algo que eu não soube responder. Um dos alunos afirmou que havia poucos anos sua mãe havia tido câncer e que os médicos não falaram nada deste tratamento.

Segui, então, com a aula e lancei aos alunos uma pergunta: “O que o LHC e a Protonterapia têm a ver com o conteúdo que vocês estavam trabalhando?”. Os alunos não se manifestaram, então

⁴³ Fiz isto com o intuito de motivar os alunos, mostrar que suas opiniões e visões eram importantes para o andamento das aulas. Tentei mostrar que as aulas não seriam um monólogo do professor, mas sim um diálogo entre os alunos e o professor.

esperei algum tempo e respondi que as partículas adquiriam energia cinética, e que essa energia cinética vinha da energia armazenada no campo elétrico.

Após esta problematização inicial, apresentei os conteúdos que trabalharíamos ao longo das próximas aulas (energia potencial elétrica, potencial elétrico, trabalho de uma força elétrica e o poder das pontas) e que metodologias utilizaríamos (*Peer Instruction*, *Just in Time Teaching*, exposição dialogada, simulações e vídeos).⁴⁴

Abri, então, o *Simulador 1* e posicionei uma partícula de carga +1 no canto inferior esquerdo da tela. Com o recurso de campo elétrico, mostrei o que a professora já havia falado em relação ao campo elétrico: que se trata de uma grandeza vetorial, que para partículas positivamente carregadas é de afastamento e que sua intensidade diminui conforme nos afastamos da carga. Perguntei, então, o que aconteceria se pusessemos uma carga de prova nas proximidades da carga. Eles responderam que ela iria se afastar. Fiz a simulação e, de fato, elas se afastavam da carga geradora, mas com velocidades muito diferentes. No extremo superior direito da tela a partícula praticamente ficava parada, então eu relatei isto com a intensidade do campo elétrico ser muito pequena e que naquele ponto ele era praticamente nulo. Relacionei também as suas velocidades com as energias cinéticas e concluí que, como as partículas atingem velocidades diferentes, suas energias potenciais são diferentes. Mostrei também que conforme aumentamos ou diminuimos o valor da carga geradora a velocidade da carga de prova aumentava ou diminuía também. Assim, procurei relacionar a energia potencial num ponto à energia cinética e ao trabalho realizado pela força elétrica.

Pouco depois de começar a falar sobre a relação entre a energia potencial elétrica e o trabalho os alunos começaram a ficar inquietos. Era 12h40min, quase hora de soar o sinal da troca de períodos, então dispensei os alunos para irem almoçar.⁴⁵

Os alunos voltaram do almoço às 13h50min, dez minutos atrasados em função de terem tido uma formalidade militar que se estendeu além do devido horário. A turma estava bastante agitada, então precisei aumentar meu tom de voz para que eles se acalmassem. Como os alunos estavam apresentando dúvidas acerca das regras de conservação de energia, eu levei, no segundo período, uma

⁴⁴ Optei por apresentar os conteúdos após a problematização inicial, pois energia potencial elétrica estava na lista dos conteúdos. Sendo assim, apresentar os conteúdos antes da problematização faria com que eles não soubessem onde eu queria chegar com as perguntas sobre a energia cinética obtida no LHC e na Protonterapia.

⁴⁵ É interessante como para professores iniciantes a identidade de autoridade ainda não está bem formada. Neste momento, observando a movimentação dos alunos que estavam separando seus almoços, olhei para a professora para verificar se eu podia dispensá-los ou não para irem almoçar. Isto porque naquele momento eu ainda não me sentia a autoridade na sala, mas sim, na minha visão, a professora assumia este papel.

questão que relacionava energia cinética, potencial gravitacional, potencial elástica e trabalho para resolvermos juntos.

A questão consistia em um bloco que era solto do repouso sobre uma rampa, chegava num plano e se deslocava até chegar em uma mola que estava presa a uma parede, indo comprimi-la. A questão perguntava qual era a compressão máxima da mola. Havia duas situações possíveis: em uma o plano era liso, em outra o plano era rugoso. Resolvi a questão com eles lentamente, relacionando sempre a energia mecânica com cada um dos tipos de energias. Boa parte da turma prestou atenção na explicação, mas alguns alunos estavam fazendo atividades de outras disciplinas ou dormindo. Como estes não estavam atrapalhando, não me incomodei em repreendê-los.⁴⁶ Poucos alunos estavam interagindo comigo (fazendo perguntas ou respondendo às perguntas que eu fazia a eles), mas os demais alunos estavam atentos às perguntas feitas e às minhas explicações.

Após terminar a resolução do exercício, mostrei os *slides* que apresentavam, por escrito, o que eu havia dito a respeito da simulação e transformações de energia que envolviam eletricidade. Os alunos pareceram um pouco mais atentos quando voltei a falar sobre eletromagnetismo.⁴⁷

Como o período já estava se encerrando, afirmei que na aula seguinte continuaria de onde havíamos parado e que enviaria os *slides* para eles. Afirmei também que enviaria um polígrafo para, caso necessário, revisassem a parte de conservação de energia e suas transformações e uma lista de exercícios (vide Apêndice C) para resolverem e me mostrarem na nossa terceira aula. Posteriormente, resaltei que enviaria três perguntas junto aos *slides* para eles responderem utilizando dois simuladores (*Simuladores 1 e 2*) e um vídeo que também enviaria (*Vídeo 1*). Soou, então, o sinal da troca de períodos, o chefe de turma apresentou a turma e me retirei da sala.

PLANO DE AULA (3 e 4)

Data: 25/04/2018, das 11h10min às 12h45min.

Conteúdo: Propriedades do Potencial Elétrico, Superposição de Potenciais Elétricos, Superfícies Equipotenciais, Poder das Pontas

⁴⁶ Posteriormente a professora me disse que os alunos geralmente prestam menos atenção nas aulas logo após o almoço, e que mesmo ela não consegue prender a atenção de todo mundo.

⁴⁷ Talvez isto fosse um indício de que os alunos não estavam prestando atenção na aula por já saberem trabalhar com a conservação de energia, deixando de prestar atenção por não se tratar de nenhum assunto novo para eles.

Objetivos de ensino:

- Apresentar as propriedades do Potencial Elétrico
- Relacionar a soma de campos elétricos (vetoriais) com a soma de potenciais elétricos (escalares).
- Apresentar o conceito de superfícies equipotenciais.
- Relacionar as superfícies equipotenciais à concentração de cargas em regiões pontiagudas.

Procedimentos:Atividade Inicial:

No início da aula questionarei os alunos acerca das anotações que fizeram sobre as tarefas de leitura. Darei um “visto” nas suas anotações para fins de avaliação e entregarei os *cards* do *Plickers*, conhecendo melhor cada aluno e podendo associar os nomes dos alunos aos *cards*. A seguir, farei uma breve revisão sobre o que foi trabalhado na aula anterior (conservação de energia, equação do potencial elétrico e trabalho em função da diferença de potencial). Na sequência, apresentarei as propriedades do potencial elétrico que não foram apresentadas na primeira aula.

Desenvolvimento:

Na sequência, apresentarei algumas questões conceituais para serem trabalhadas via Instrução pelos Colegas. As Tarefas de Leitura (TL) enviadas na aula anterior (Vídeo “How to Survive a Lightning Striking” e os Simuladores 1 e 2), bem como as propriedades apresentadas ao longo das duas aulas, devem ser suficientes para resolver as questões.

Após a resolução das questões, abrirei o *Vídeo 1* e os *Simuladores 1 e 2* e retomarei o que foi discutido nas questões conceituais. Após isso, apresentarei mais uma questão conceitual que está relacionada ao *Vídeo 2*.

Fechamento:

Reservarei o final da aula para apresentar slides que apresentem, por escrito, os principais assuntos trabalhados nesta aula.

Recursos:

Computador, Apresentação de Slides, Projetor, Quadro Branco e Canetas para Quadro.

Simulador 1 - <http://www.flashphysics.org/electricField.html>

Simulador 2 - https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_pt_BR.html

Vídeo 2 - <https://www.youtube.com/watch?v=fLVzvMTgGDY>

Observações:

Os alunos não realizaram as tarefas prévias, logo não pude realizar a discussão desejada com eles, tornando a aula majoritariamente expositiva. Assim, realizei com os alunos em sala de aula o que eles deveriam ter feito em casa. Consegui trabalhar apenas três questões conceituais com os alunos neste dia.

REGÊNCIA (3 e 4)

Entrei na sala de aula às 11h12min, logo que a outra professora saiu. O chefe de turma apresentou a turma a mim, aprontei os *slides* no computador e apaguei o quadro da disciplina anterior.

A turma estava calma. A professora de física chegou logo em seguida. Falei que iria chamar eles um a um para me mostrar as anotações sobre as questões que eu havia enviado por e-mail. Ao fazer isto, a turma se agitou. Alguns alunos tomaram a palavra e falaram que a turma não havia feito as atividades. Uma minoria tentou fazer. Os alunos alegaram falta de tempo ou que não conseguiram fazer. Optei, então, por não passar o “visto” no caderno deles.⁴⁸

Distribuí os *cards* dos *Plickers* aos alunos, entregando os *cards* referentes aos seus números da chamada e então retomei o que eu havia falado na aula anterior. Falei brevemente sobre a energia potencial elétrica e sobre a conservação da energia. Retomei o trabalho realizado para deslocar uma partícula carregada para regiões com diferentes potenciais elétricos.

Quando retomei a equação $\tau = q(V_A - V_B)$, surgiram dúvidas sobre o sinal do trabalho realizado para aproximar ou afastar uma carga elétrica. Expliquei, então, que o trabalho positivo

⁴⁸ Posteriormente percebi que fui injusto com os alunos que haviam feito. Eu deveria ter passado o visto no caderno deles, mesmo que apenas dois ou três tivessem feito, assim poderia recompensar o comprometimento deles posteriormente. A ideia inicial era que parte da nota fosse baseada na dedicação deles.

significava que a força elétrica tinha realizado o trabalho ao mover uma partícula de carga positiva (quando a partícula ia de uma região de maior potencial para uma de menor) e que o sinal negativo significava que uma força externa realizava o trabalho. Para ilustrar isso, comparei essa situação a soltar uma pasta na presença da gravidade. Soltei uma pasta e ela caiu no chão, então falei que o trabalho, nesse caso, era positivo, pois a força gravitacional era a causa do seu movimento. Ao me abaixar para pegar a pasta, falei que a pasta estava em um local com potencial gravitacional menor e quando a ergui falei que este potencial gravitacional era maior. Questionei os alunos sobre como a pasta havia “subido” e eles disseram que era porque eu havia levantado ela. Assim, foi necessária uma força externa para movimentar ela, logo o seu trabalho era negativo. Após essa explicação ficou claro para eles o significado do trabalho ser positivo ou negativo.

Na sequência, apresentei a equação para a diferença de potencial elétrico em regiões com campo elétrico constante, associando a diferença de potencial ao trabalho realizado para movimentar a partícula no campo. Os alunos lembravam da equação do trabalho realizado por uma força qualquer⁴⁹, logo eles não tiveram dúvidas ao longo da dedução.

Na sequência, apresentei as propriedades do potencial elétrico: cargas elétricas positivas geram potenciais elétricos positivos, cargas elétricas negativas geram potenciais elétricos negativos, potencial é uma grandeza escalar e que todos os pontos à mesma distância de uma carga geradora apresentam o mesmo potencial, chamando então a junção de todos esses pontos de “linhas equipotenciais”.

Após a explanação das propriedades, retomei a questão do LHC para resolver com eles uma questão de energia. A questão dava dados de energia reais de um próton após ser acelerado no LHC e fornecia a massa do próton, perguntando, então qual seria a sua velocidade se ela fosse puramente cinética. Alguns alunos acharam a questão um pouco aleatória (“O que isso tem a ver com o que ele acabou de falar”, uma aluna perguntou para outra)⁵⁰. Resolvi a questão com eles (utilizando a mecânica newtoniana) e encontramos que a velocidade do próton seria 122 vezes a velocidade da luz. Alguns alunos não ficaram surpresos, já outros, sim. Um aluno perguntou se algo podia se movimentar mais rápido do que a velocidade da luz. Utilizei a pergunta do aluno para responder que se acredita que não, que segundo a teoria da relatividade, de Einstein, nada poderia se movimentar mais rápido que a luz, e que em 1964 o Físico William Bertozzi realizou um experimento para

⁴⁹ Talvez os alunos tenham olhado o polígrafo que eu enviara para eles (ou estudado por outros materiais), visto que de uma aula para outra o número de dúvidas sobre conservação de energia diminuiu significativamente.

⁵⁰ Alguns alunos não entenderam o porquê de eu ter retomado o assunto do LHC, o que fez bastante sentido. Esta questão deveria ter sido apresentada na aula anterior, então apresentá-la nesta aula talvez tenha ficado um pouco deslocado e, aparentemente, sem sentido.

verificar a energia do elétron em função da sua velocidade, apresentando resultados compatíveis com a Teoria da Relatividade. Fiquei algum tempo falando sobre a questão de modelos, validade de modelos e sobre não existir a “verdade” na ciência.

Após algum tempo falando sobre epistemologia, abordei as questões que eles deveriam ter tentado responder em casa. Como eles não realizaram as Tarefas Prévias, eu mesmo mostrei aos alunos os diferentes recursos e como encontrar as respostas para cada uma das questões.

Inicialmente os alunos ficaram um pouco confusos com a primeira questão: “qual é a relação entre a superfície equipotencial e o campo elétrico?”. Um aluno me perguntou o que eram superfícies equipotenciais, então a professora me lembrou que eu havia falado apenas de linhas equipotenciais. Agradei pela lembrança e ressaltai que a superfície equipotencial era uma visualização tridimensional das linhas equipotenciais. Fiz menção a um exemplo dado pela própria professora para falar do campo elétrico (um aluno segurando uma caneta e a professora se posicionando ao redor dele), dizendo que assim como as linhas de campo elétrico eram distribuídas em um espaço tridimensional, o mesmo funcionava para as linhas equipotenciais. Assim, as linhas equipotenciais nada mais eram do que uma representação bidimensional de uma estrutura tridimensional.

Utilizei diversas distribuições de cargas no *Simulador 1* para mostrar o comportamento do campo elétrico e das linhas equipotenciais, mas os alunos demoraram para dizer que as linhas de campo elétrico e as linhas equipotenciais apresentavam uma relação de perpendicularidade, que era o que eu gostaria que eles tivessem observado. Houve algumas perguntas sobre como funcionava o simulador que foram respondidas rapidamente. Neste momento ficou nítido que eles sequer tinham tentado realizar as Tarefas Prévias.

A segunda pergunta que eles deveriam ter tentado responder era “o que acontece com o potencial elétrico em um ponto caso haja duas ou mais cargas geradoras próximas a este ponto?”. Para responder esta questão eu utilizei o *Simulador 2*, em que havia um recurso para medir o potencial elétrico do ponto em relação ao infinito. Posicionei uma carga e movimentei o voltímetro para mostrar como o potencial variava, e, após movimentá-lo por toda a tela, o deixei fixo em um ponto. A seguir, questionei os alunos sobre o que aconteceria com o potencial elétrico caso eu adicionasse outra carga geradora a uma distância igual daquele ponto. Os alunos começaram a responder, vários deles dizendo ou que o potencial no ponto ficaria zero ou que ele dobraria. Deixei que eles debatessem um pouco entre si antes de interferir no debate. Quando interfeiri, fiz perguntas como “qual é o sinal das cargas geradoras?” e se “soma ou diminui os potenciais?”. Com essas perguntas os alunos chegaram à conclusão de que os potenciais se somariam. Sendo assim, concluí a questão afirmando que, assim como acontece a superposição de campos elétricos, também ocorre uma superposição de potenciais

elétricos, ressaltando que com potencial elétrico era muito mais fácil, uma vez que ele era dado por um número e não por um vetor.

A terceira e última questão que os alunos deveriam ter respondido era “o módulo do campo elétrico é igual em todos os pontos de uma superfície equipotencial?”. Os alunos responderam, quase em coro, que sim. Então eu voltei ao *Simulador 1* e coloquei cargas enfileiradas. A seguir, gerei uma linha equipotencial e fixei um vetor campo elétrico em um ponto sobre ela. Movi o *mouse* sobre a linha e o vetor campo elétrico, além de mudar de direção, mudou seu módulo também. Questionei aos alunos por que aquilo acontecia, e um aluno me respondeu que acontecia pois estava mais próximo de uma das cargas, e o campo elétrico dependia quadraticamente com a distância. Afirmei que era isso mesmo, e associei, então, o desenho feito a um para-raios.

Fiz um desenho no quadro e tentei relacionar as questões anteriores ao meu desenho. Tratava-se de um objeto de formato indefinido que apresentava uma região mais pontiaguda do que o resto do objeto. Expliquei que o corpo, uma vez em equilíbrio, apresentava uma superfície equipotencial. Os alunos não compreenderam muito bem, então usei um exemplo comparando os alunos a elétrons e a sala a um material condutor. Como a interação entre elétrons é de repulsão, para que eles ficassem mais afastados entre si eles ficariam nas paredes externas do condutor. Falei o mesmo em relação aos alunos, dizendo que eles deveriam, obrigatoriamente, se localizar nas paredes das salas para que a maior distância entre eles fosse atingida. Os alunos pareceram entender essa analogia. Ressaltei, também, que isso acontecia de modo que o campo elétrico que partisse do objeto fosse sempre perpendicular à superfície, o que geraria uma distribuição de carga não uniforme, fazendo com que o campo elétrico fosse mais intenso próximo às regiões pontiagudas. Alguns alunos não haviam compreendido muito bem, mas após explicar novamente com palavras diferentes eles aparentaram entender.

Na sequência, então, passei para as questões conceituais para serem trabalhadas via *Peer Instruction*. Expliquei como aconteceria a votação e que eles deveriam pensar em argumentos para tentar convencer os seus colegas, que haviam votado em outra alternativa, de que a sua resposta estava correta. A primeira questão era sobre “o poder das pontas”. Apresentei uma questão com uma imagem aos alunos e perguntei onde deveria haver maior concentração de cargas. Li o enunciado com eles e me certifiquei de que o enunciado estava claro a todos. Logo na primeira questão houve grande índice de acertos, então optei por não fazer a discussão em pequenos grupos, apenas fiz uma breve explanação para ressaltar qual era a alternativa correta.

Na segunda questão cometi um erro bastante grave: as alternativas estavam fora de ordem no site dos *Plickers*⁵¹, fazendo com que eu tivesse uma visão errada da votação na turma. A questão apresentava uma imagem com duas partículas carregadas e com linhas equipotenciais ao redor delas. A diferença de potencial elétrico entre as linhas equipotenciais era de $1V$. Uma carga apresentava à sua volta muitas linhas equipotenciais a mais do que a outra. Após deixar os alunos trabalharem um pouco sozinhos (foi necessário chamar a atenção para que não conversassem num primeiro momento), fiz a primeira votação. O aplicativo no meu celular indicou um índice muito baixo de acertos, então fiz uma breve explanação para eles, indiquei a linha de raciocínio que eles deveriam seguir, e então deixei que pensassem sozinhos mais um pouco. Na segunda votação o índice de acertos no aplicativo foi ainda mais baixo, foi então que percebi que o aplicativo estava errado. Na realidade os alunos haviam acertado a questão após a segunda votação, então a parte da conversa com os colegas não foi necessária. A primeira votação teria permitido que o debate entre os colegas fosse proveitoso, mas meu erro impossibilitou que isto ocorresse.

A terceira questão perguntava para onde apontava o campo elétrico em um ponto A sobre uma das linhas equipotenciais. Para resolver ela os alunos deveriam lembrar que o campo elétrico é sempre perpendicular às linhas equipotenciais e que, como o potencial elétrico era negativo, as cargas elétricas eram negativas também. Inicialmente houve um índice muito baixo de acertos, mas após eu fazer uma breve explanação o índice aumentou para mais de 80%, fazendo com que, mais uma vez, não houvesse o diálogo entre os alunos.

Nos últimos dois minutos da aula (quando os alunos já estavam se levantando para ir embora) solicitei que ficassem um pouquinho mais que eu queria mostrar um vídeo a eles (*Vídeo 2*). Os alunos ficaram incomodados, mas assim que botei o vídeo a turma ficou 100% atenta e interagindo comigo. Expliquei o vídeo (uma vez que ele estava em inglês e não havia legenda disponível). Se tratava de um vídeo ensinando como sair, sem ser eletrocutado, de um carro que está eletrizado devido a um fio de alta tensão que caiu sobre ele.

Após encerrar o vídeo, os alunos foram dispensados sem que houvesse a necessidade da turma ser apresentada. Neste momento, um grupo de alunos veio me fazer mais perguntas sobre o vídeo, fazendo com que eu me estendesse um pouco mais em sala de aula. Eles nitidamente gostaram do vídeo e ficaram curiosos.

⁵¹ Nos meus *slides* a alternativa correta era B, mas no site dos *Plickers* a alternativa B estava no lugar da C e vice-versa. Assim, quando olhei o aplicativo tive um “*feedback enganoso*”, parecendo que os alunos tinham errado quando, na verdade, tinham acertado.

PLANO DE AULA (5 e 6)

Data: 02/05/2018, das 11h10min às 12h45min.

Conteúdo: Dúvidas acerca das atividades das Aulas 1 e 2 e da lista de exercícios.

Objetivos de ensino:

- Sanar dúvidas sobre Potencial Elétrico, Trabalho de uma força elétrica, Transformações de Energia e Superfícies Equipotenciais.

Procedimentos:

Para esta aula solicitarei que os alunos já tenham enviado, pelo menos até 24 horas antes da aula, as principais questões em que têm dúvidas, além de convidar os alunos a enviarem questões adicionais (que não estavam na lista) mas que considerem interessante e que sejam relevantes para a matéria.

Atividade Inicial:

Iniciarei a aula fazendo uma breve explanação sobre as principais dúvidas encaminhadas a mim, ressaltando os tópicos mais importantes e conceitos chave.

Desenvolvimento:

No momento posterior, apresentarei questões análogas às questões em que os alunos tiveram dúvidas e algumas questões a serem resolvidas por *Peer Instruction*. Será dado alguns minutos para os alunos resolverem os exercícios individualmente e, conforme o nível de acerto da turma em relação às questões, será solicitado que os alunos se juntem em pequenos grupos (os alunos que apresentaram respostas diferentes) para que haja um debate. Se houver índice muito baixo de acertos, resolverei a questão utilizando uma exposição dialogada, sempre apresentando a conexão entre a questão apresentada em aula com as questões análogas da lista.

Fechamento:

Caso os alunos tenham todas as suas dúvidas sanadas antes do final da aula, será aberto espaço para discussão das demais questões enviadas pelos alunos.

Recursos:

Computador, Apresentação de *Slides*, Projetor, Quadro Branco e Canetas para Quadro.

Simulador 1 - <http://www.flashphysics.org/electricField.html>

Simulador 2 - https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_pt_BR.html

Vídeo 2 - <https://www.youtube.com/watch?v=fLVzvMTgGDY>

Observações:

Os alunos não mandaram nenhuma dúvida por e-mail, como havia sido solicitado. Eles apenas enviaram um e-mail reclamando da lista de exercícios enviada. Em função disto, os momentos iniciais da aula foram uma conversa com os alunos acerca de seus descontentamentos.

Não consegui sanar todas as dúvidas dos alunos, então me comprometi a enviar para eles, por e-mail, uma resolução comentada de todas as questões.

REGÊNCIA (5 e 6)

Entrei em sala de aula às 11h11min, logo após soar o sinal da troca de períodos. O professor orientador de Estágio estava junto. Os alunos rapidamente se aprontaram para que a turma fosse apresentada a mim. O chefe de turma apresentou a turma, apresentei rapidamente o professor, dizendo que ele era meu orientador na disciplina de estágio e que ele viria alguns dias observar a turma e a mim.

Na sequência, arrumei meu material e perguntei aos alunos em relação ao e-mail que eles haviam enviado. No dia anterior eles haviam me enviado o seguinte texto pelo e-mail da turma:

“Bom dia

A lista solicitada para amanhã não condiz com o conhecimento passado em sala de aula. De modo que é injusta a cobrança da mesma de modo avaliativo, peço que primeiro passa todo o conteúdo de modo completo para depois sim a aplicação de exercícios complexos de vestibular.

Obrigado e bom feriado.”

Perguntei se eles sabiam que esse e-mail havia sido enviado e se era consenso entre a turma, uma vez que não houve identificação por parte de quem o enviou. Alguns alunos responderam que sim.⁵² Falei, então, que discordava do e-mail, que tudo que eu cobrara na lista eu havia falado em sala de aula, e mencionei que até comentara a resolução de alguns exercícios quando respondi ao e-mail. Perguntei também quais haviam sido as dificuldades deles, pois isto não estava presente no e-mail que me mandaram. Repreendi-os, também, pois eles haviam recebido a lista de exercícios no primeiro dia do meu estágio e disse que eles deveriam ter feito os exercícios aos poucos, e não na última hora, como um aluno comentou que tentou fazer.

Um aluno justificou a reclamação contida no e-mail dizendo que era um assunto bastante abstrato, que as aulas haviam sido muito corridas e que eles não tinham tido tanto tempo para processar a informação. Eu concordei com ele e disse que lamentava, mas que a culpa não era minha, lembrando ele que eu tinha prazos a cumprir, que as provas trimestrais estavam chegando. Expliquei que o conteúdo tinha de ser dado até as provas trimestrais, sem falar que as avaliações não poderiam ser feitas na semana que antecedia as provas trimestrais e que foi necessário que abrissem uma exceção para que eu pudesse cumprir com os prazos do colégio. Além disso, ressaltai que me coloquei à disposição o tempo todo e que ninguém havia me procurado com dúvidas.

Perguntei a eles quais eram as suas dificuldades e alguns alunos começaram a se manifestar. Um aluno disse que não havia ficado claro qual a diferença do potencial elétrico e da energia potencial elétrica. Uma aluna disse que eram muitas fórmulas e que não sabia qual usar e em quais situações usar. Outra aluna disse que tinha dificuldade nas questões matemáticas, e que as questões conceituais ela havia entendido.

Mais uma vez me pus à disposição para tirar, tanto pessoalmente quanto por e-mail, quaisquer dúvidas que eles apresentassem. Na sequência, comecei a fazer um apanhado geral da matéria, deduzindo novamente o conteúdo que havia sido apresentado.

Iniciei a explicação retomando a relação entre força elétrica e campo elétrico, dando ênfase que a força elétrica era uma interação entre duas partículas carregadas, enquanto o campo elétrico era uma modificação causada no espaço ao redor das partículas carregadas, que independia de haver

⁵² Acredito que não houve maiores manifestações por medo da minha reação.

alguma partícula carregada ou não. A turma estava bastante quieta durante a minha explicação, ficando difícil diferenciar se eles estavam desmotivados ou extremamente atentos à aula.

Na sequência, relacionei a implicação de haver força elétrica com o movimento das partículas, relacionando com a energia. Tentei, sempre que possível, interagir com os alunos, perguntando o que aconteceria em diversas situações, mas os alunos estavam bastantes quietos, havendo pouca participação num momento inicial da aula. Relacionei a força sobre a partícula com uma variação do seu estado de movimento (aceleração), fazendo com que uma partícula que estava inicialmente em repouso iniciasse um movimento. Perguntei o que significava a partícula ter movimento, então uma aluna respondeu “energia cinética” e eu concordei. Então, eu complementei questionando sobre a origem dessa energia cinética. Expliquei que a origem era que havia energia potencial na partícula e fiz perguntas que relacionavam a velocidade da partícula com as suas posições iniciais, a fim de explicitar a dependência da energia potencial elétrica com a distância em relação à carga geradora. Além disso, também fiz os mesmos questionamentos pensando em diferentes cargas de prova, relacionando cargas elétricas maiores a maiores forças elétricas, que gerariam maiores energias cinéticas e, conseqüentemente, maior energia potencial inicial.

Após essa explicação, relacionei a energia potencial elétrica ao potencial elétrico fazendo um paralelo da força elétrica com o campo elétrico. Neste momento, aproveitei para explicitar a diferença entre potencial elétrico e energia potencial elétrica, que fora uma das dúvidas que um dos alunos tinha apresentado. Logo após eu escrever no quadro a equação de $V = E_{PE}/q$, uma aluna me perguntou sobre a outra forma de escrever o potencial elétrico. Então eu fui ao quadro e escrevi ela: $V = kQ/d$, explicando que são expressões equivalentes. Ela disse que ficava confusa de quando usar uma equação ou outra. Então eu expliquei que a primeira era mais útil quando se tratava de questões de conservação de energia e a segunda quando apresentava os dados da carga geradora e distância entre ela e um dado ponto.

Na sequência, relacionei a variação da energia potencial com a variação da energia cinética, ressaltando que a soma das duas sempre era nula, representando a conservação da energia. Deste modo, ao escrever $E_{PE} = Vq$, mostrei que a variação da energia potencial elétrica de uma partícula que se desloca de A para B era dada por $\Delta E_{PE} = q(V_B - V_A)$, e na sequência relacionei com a variação da energia cinética e com o trabalho realizado pela força elétrica, acreditando ter finalizado a essência da explicação e me dirigindo à minha mesa. Perguntei se alguém tinha alguma dúvida e uma aluna se manifestou. Ela não sabia quando usar a “fórmula Edu” (palavras da aluna). Pensei por alguns momentos e percebi que eu havia esquecido de falar sobre o trabalho da força elétrica na presença de um campo elétrico constante.

Retornei ao quadro e comecei a minha explanação. Perguntei sobre o que acontecia com a força quando o campo elétrico era constante e alguns alunos se manifestaram, afirmando que ela era constante. Neste momento da aula os alunos já estavam mais participativos, então eles respondiam quando eu os perguntava algo. Interagi com os alunos de modo a relacionar o trabalho realizado por uma força qualquer (conteúdo que eles já haviam visto no primeiro ano e revisado em uma das minhas aulas) e o trabalho realizado pela força elétrica para deslocar uma partícula entre dois pontos. Deste modo, chegamos à expressão que a diferença de potencial entre dois pontos U era dada por $U = Ed$.

Retornei à minha mesa e então questionei aos alunos sobre as propriedades do potencial elétrico. Vários alunos se manifestaram, afirmando que ele é uma grandeza escalar, e ressaltando também que ocorre uma superposição de potenciais, assim como ocorre no campo elétrico. Disse que eles estavam certos e enunciei as demais propriedades do potencial elétrico.

Na sequência, perguntei quais eram os exercícios em que eles tinham dúvidas. Começamos pelo primeiro exercício. Tratava-se de uma partícula que se movimentava com dada velocidade e então adentrava numa região com campo elétrico constante. A questão perguntava qual seria a energia potencial da partícula quando ela parasse. Os alunos não haviam entendido que se tratava de uma questão de conservação de energia. Interagi com eles, perguntando o que ocorria com a energia cinética (se ela sumia ou o não sumia, etc.), daí alguns alunos falaram que ela virava energia potencial. Concluí, então, dizendo que bastava calcular a variação da energia cinética, que seria exatamente o valor da energia potencial ganhada pela partícula. Alguns alunos ficaram com cara de “É só isso?” após eu ter dito isso. Terminei de resolver a questão e os alunos aparentemente a compreenderam. A segunda parte da questão perguntava qual era a aceleração que a partícula sofria. Fiz diversas perguntas a eles de forma que os levassem a lembrar da segunda lei de Newton, e então afirmei que bastava igualar a força elétrica à massa da partícula vezes a sua aceleração, e então isolar a aceleração. Resolvi a conta no quadro, mas cometi um equívoco que só reparei depois de os professores me avisarem. Percebi eles gesticulando para me avisar que algo estava errado, mas não consegui visualizar o erro, me levando a crer que eu havia cometido algum erro conceitual importante, algo que me deixou bastante nervoso. Quando me aproximei deles, eles falaram que eu havia esquecido o “ao quadrado” dos “metros por segundo ao quadrado” da aceleração. Fiquei aliviado e voltei ao quadro e brinquei com os alunos: “Bah, esqueci do termo ao quadrado e ninguém me avisou! Só o pessoal lá do fundo para me avisar, né?”. Os alunos se viraram para ver e um deles comentou “Ah, mas eles são professores!”. Eu ri e falei “é, mas isso vocês também sabem, né. Só me confundi nas unidades”. Após isso, voltei à mesa e perguntei pela próxima questão.

A próxima questão em que eles tinham dúvidas era a questão dois. Tratava-se de duas partículas de mesma carga elétrica (negativa) e um elétron que era arremessado em direção a passar

exatamente entre as duas. Fui ao quadro e fiz o desenho. Comecei a explicar que a alternativa “a” perguntava apenas sobre a força resultante, e que isso era assunto da matéria vista anteriormente, bastando apenas utilizar a regra do paralelogramo. Fiz o desenho e os alunos não apresentaram dúvidas. A questão “b” perguntava o potencial elétrico no ponto entre as duas cargas. Comentei, então, que bastava calcular o potencial de cada uma das cargas naquele ponto e somá-las. Um aluno comentou: “mas nesse caso basta calcular um potencial e multiplicar por dois, né? Já que as esferas são iguais”. Eu concordei e fiz isso, ressaltando para o resto da turma o que o colega havia me falado. A turma entendeu sem problemas essa questão. Para resolver a alternativa “c” eu tentei utilizar o *Peer Instruction*. A questão perguntava qual era a energia mínima para que o elétron passasse pelas duas esferas. Fui até a minha mesa, abri o computador e solicitei que ligassem o projetor. Distribuí os *cards* e então comentei a questão com eles. Não li o enunciado, uma vez que já estávamos trabalhando sobre a mesma questão anteriormente, li apenas a pergunta final e as alternativas e disse que os alunos deveriam escolher uma alternativa e pensar num argumento para convencer os colegas de que a sua resposta estava certa. Alguns alunos tentaram conversar com os colegas mais de uma vez, o que fez com que eu os repreendesse, dizendo que naquele momento era para eles pensarem sozinhos. Após a votação houve um índice altíssimo de acertos, havendo apenas quatro erros. Conversei com os alunos e perguntei se alguém gostaria de dizer porque havia marcado uma das alternativas incorretas. Uma aluna se manifestou e disse que a partícula nunca chegaria no local desejado, uma vez que as forças eram repulsivas. Um colega tentou a explicar assim que ela terminou de falar, mas ela não entendeu. Afirmei, então, que sim, a força era repulsiva, mas que essa força fazia com que a velocidade da partícula diminuísse. Deste modo, dependendo da velocidade inicial (ou seja, da energia cinética inicial) a partícula poderia chegar ao ponto desejado, ou não. A aluna pareceu entender.

Outro aluno perguntou o que aconteceria se, ao invés de um elétron, fosse um próton e fosse solto nas imediações das cargas. Expliquei, então, que ele faria um movimento harmônico. Ele ficaria eternamente oscilando ao redor do ponto central caso não houvesse nenhuma força resistiva.

Como percebi que não haveria tempo para terminar a correção da lista de exercícios, falei aos alunos que lhes enviaria, por e-mail, a lista de exercícios resolvida e comentada (vide Apêndice D), para eles conseguirem estudar para o teste. Poucos momentos após isto, soou o sinal da troca de períodos, então a turma foi apresentada a mim e eles foram dispensados.

PLANO DE AULA (7 e 8)

Data: 07/05/2018, das 12h às 12h45min e das 13h40min às 14h30min.

Conteúdo: Avaliação 1

Objetivos de ensino: Avaliar a capacidade dos alunos de resolver questões de cunho teórico e matemático.

Procedimentos:

Os alunos realizarão um teste majoritariamente com questões dissertativas, tanto conceituais quanto matemáticas, de forma individual e sem consulta. As questões abordarão as relações de conservação de energia, superposição de potenciais elétricos, superfícies equipotenciais e poder das pontas.

REGÊNCIA (7 e 8)

Entrei em sala de aula às 12h, logo que sou o sinal da troca de períodos. Os alunos, assim que me viram, perguntaram se o teste seria naquele período ou depois do almoço, então eu respondi que seria naquele. Os alunos estavam bastante nervosos. Alguns deles, inclusive, perguntaram se o teste não poderia ser em dupla. Respondi que não, e pedi para que eles guardassem os seus materiais para que iniciássemos o teste.

Como percebi que eles estavam bastante nervosos, avisei qual seria a dinâmica da avaliação: o teste iniciaria naquele período, eles me devolveriam o teste no final do período e após o almoço eu devolveria os testes para eles continuarem resolvendo. Deixei claro que as questões que entregaria a eles pela manhã seriam exatamente iguais às questões que devolveria à tarde, e que não me importava que eles consultassem os seus materiais ou conversassem com os colegas na hora do almoço.⁵³

Enquanto a turma arrumava seus materiais, a professora me comentou que os alunos estavam bastante nervosos para o teste, que não haviam conseguido fazer a lista de exercícios e que os alunos a haviam procurado.⁵⁴ Respondi que imaginava que estivessem nervosos e que o jeito que eu tinha decidido fazer a minha avaliação era justamente pois não havia muito tempo que eu havia trabalhado

⁵³ Neste momento percebi que os alunos ficaram bastante aliviados.

⁵⁴ Os alunos procuraram a professora de física e não a mim, indicando que provavelmente não gostavam da minha explicação ou não se sentiam à vontade para me procurar em momentos fora do horário de aula.

o conteúdo e que queria que os alunos buscassem compreender o conteúdo. Sendo assim, mesmo que eles conversassem no horário do almoço, se eles conseguissem apresentar o desenvolvimento correto nas questões isto seria vantajoso, pois dificilmente eles conseguiriam decorar todos os passos dos desenvolvimentos para respondê-las sem que houvesse compreensão do conteúdo.

Assim que os alunos terminaram de guardar seus materiais eu distribuí os testes (vide Apêndice E) e entreguei junto uma folha branca para realizarem as contas que achassem necessárias. Avisei que todas as questões deveriam ter desenvolvimento, ou seja, que questões sem desenvolvimento não seriam consideradas. Avisei, também, que caso algo não ficasse claro no enunciado eles poderiam me chamar para que eu os explicasse.

Após iniciado o teste, houve pouca movimentação da turma. Uma das movimentações da turma foi para perguntar se a prova tinha de ser a caneta ou a lápis, em que eu respondi que apenas a resposta final deveria ser a caneta e que o desenvolvimento poderia ser deixado a lápis. Outra delas foi em relação à folha branca que entreguei junto com a prova: perguntaram se precisavam resolver as questões nela ou se podia ser na folha de questões mesmo. Respondi que eles poderiam responder onde eles preferissem, mas que na folha branca havia mais espaço e que poderiam realizar suas contas com mais tranquilidade.

Durante o restante do primeiro período a turma permaneceu em silêncio resolvendo o teste. Alguns alunos pareciam estar um pouco preocupados enquanto resolviam a prova. Pouco antes do término do período, recolhi os testes e, então, os dispensei para que fossem almoçar.⁵⁵

Na volta do almoço distribuí os testes novamente. Os alunos, de modo geral, estavam mais tranquilos e confiantes. Um deles, inclusive, entrou em sala de aula bradando “vamos gabaritar esse teste!”. A professora ficou mexendo no seu computador durante o teste.⁵⁶

Anunciei aos alunos quando faltavam quinze minutos para acabar o teste e, novamente, quando faltavam cinco minutos. Após recolher os testes, enquanto organizava meu material, um aluno veio, animado, me perguntar “as respostas de 45 metros e 15 m/s são familiares, sor?”. Rindo,

⁵⁵ Logo que saí da sala de aula vi uma das alunas chorando e conversando com a professora. A professora perguntou se ela havia estudado e a aluna afirmou que sim. Então a professora me disse que a aluna estava muito nervosa em relação ao teste, e que disse para ela que ficar preocupada apenas a atrapalharia, e que se ela havia estudado ela conseguiria fazer o teste. Também falei com a aluna e disse para ela se acalmar e conversar com os colegas e dar uma olhada no seu material, que assim a prova ficaria bastante fácil.

⁵⁶ Ela, aparentemente, estava passando suas anotações do caderno de chamada das outras turmas para o computador.

respondi que não lembrava e continuei a guardar meu material. A turma não foi apresentada, então saí da sala e a aula foi encerrada.

PLANO DE AULA (9 e 10)

Data: 09/05/2018, das 11h10min às 12h45min.

Conteúdo: Correção da Avaliação 1 e Revisão para a Prova Trimestral.

Objetivos de ensino:

- Sanar das dúvidas das questões da avaliação 1;
- Revisar propriedades da Força Elétrica, Campo Elétrico e Potencial Elétrico.

Procedimentos:

Atividade Inicial:

Nos momentos iniciais da aula será realizada a entrega da Avaliação 1 e correção da mesma através da exposição dialogada.

Desenvolvimento:

Após a correção da Avaliação 1, serão realizados exercícios de cunho conceitual e matemático com os alunos como forma de revisão para a prova trimestral, procurando utilizar o *Peer Instruction* quando possível.

Fechamento:

Os momentos finais da aula serão destinados à discussão de um mapa conceitual já elaborado, relacionando todos os principais conceitos da eletrostática, de modo a fazer a reconciliação integradora do conteúdo.

Recursos:

Computador, Apresentação de *Slides*, Projetor, Quadro Branco e Canetas para Quadro e *cards* dos *Plickers*.

Observações:

A discussão do mapa conceitual foi bastante superficial devido à falta de tempo. A correção da avaliação foi mais longa do que o esperado.

REGÊNCIA (9 e 10)

Entrei em sala de aula às 11h10min, logo que soou o sinal da troca de períodos. O professor orientador estava presente naquele dia. O chefe de turma rapidamente apresentou a turma e fui para a minha mesa organizar o material da aula.

Separei os testes e comecei a entregar aos alunos. Enquanto eu os entregava, eles foram se aglomerando ao redor da professora.⁵⁷ Após terminar de devolver os testes, alguns alunos se aproximaram de mim para verificar a correção. Um deles questionou por que eu havia dado errado para ele numa questão em que ele tinha chegado na resposta certa. Ele tentou me confundir, dando argumentos para justificar a “mágica” que ele havia feito para chegar na resposta certa.⁵⁸ Uma aluna se aproximou de mim para confirmar a correção do teste e perguntou “professor, isso é menor mesmo?” e eu respondi que sim. Ela se conformou com a resposta e voltou ao seu lugar.

Mais alunos vieram me fazer perguntas sobre o teste, então solicitei que sentassem para que eu corrigisse o teste com a turma inteira. Chamei a atenção da turma e solicitei que sentassem. Naquele momento havia vários alunos conversando com a professora. Eles se sentaram e então perguntei quais questões era necessário que eu corrigisse. Eles afirmaram que todas.

Expliquei que a primeira questão na verdade podia ser respondida com apenas uma frase. Afirmei que caso a superfície não fosse equipotencial haveria movimentação de elétrons, então o corpo não poderia estar em equilíbrio. Uma aluna perguntou por que eles iriam para o ponto de menor potencial elétrico, então eu afirmei que nele os elétrons teriam menor energia. A aluna discordou, dizendo que eles iriam para a região de maior potencial, visto que se tratava de um elétron. Percebi que havia cometido um equívoco na correção e disse que ela estava certa, então falei que no final da aula todos deveriam me devolver seus testes para eu verificar essa questão.

⁵⁷ Imagino que o tenham feito para tirar dúvidas quanto à correção das questões.

⁵⁸ Durante a correção dos testes apareceram várias respostas certas, mas com desenvolvimento errado. Nessas situações, dependendo do desenvolvimento, eu escrevia “Mágica?” ao lado da resposta que não tinha ligação alguma com suas contas.

A questão seguinte apresentava duas esferas condutoras que podiam ser ligadas por um fio condutor. Uma delas estava inicialmente neutra e outra eletricamente carregada. Após ligadas pelo fio as duas esferas teriam o mesmo potencial elétrico, e a questão perguntava qual esfera teria maior campo elétrico. Expliquei que o campo elétrico era igual ao potencial elétrico dividido pela distância do centro da esfera até a superfície dela. Sendo assim, o campo elétrico seria mais intenso na superfície da esfera menor. Lembrei aos alunos que era isto que fazia com que houvesse o “poder das pontas”.

Logo após corrigir este exercício, um aluno me perguntou quanto era o campo elétrico na superfície de um condutor eletrizado. Respondi que era o valor dado pela equação do campo elétrico. O aluno disse que seu professor de cursinho havia dito que era, na realidade, metade do valor que aparecia na equação. Respondi, então, que eu não estava recordado disso, e que, a princípio, não haveria motivos para isto acontecer, mas que pesquisaria e responderia na aula seguinte.

A terceira questão perguntava qual era a velocidade de uma partícula carregada após se deslocar entre dois pontos, A e B, com potenciais elétricos diferentes. Os valores das cargas elétricas eram dados e a distância entre os dois pontos também. Nessa questão houve alunos que utilizaram o valor da energia potencial em B e igualaram à energia cinética. A diferença de energia potencial entre A e B era igual à energia potencial em B, logo alguns alunos chegaram na resposta certa, mas com um desenvolvimento errado.⁵⁹ Ressaltei que isto estava errado, e que a variação da energia potencial elétrica era igual à variação da energia cinética, e ressaltei que na lista de exercícios havia várias questões muito parecidas. Os alunos estavam bastante quietos durante a correção do teste, aparentando estar bastante descontentes com ela. Alguns alunos não estavam acompanhando a correção.

A questão seguinte perguntava qual seria a menor distância entre duas partículas carregadas, sabendo-se que o lançamento ocorreu com uma distância muito grande entre as partículas e conhecendo as cargas de cada uma delas e a velocidade do lançamento. Novamente se tratava de uma questão de conservação de energia. Li o enunciado com eles, dei ênfase à parte que falava da distância muito grande entre as partículas e perguntei o que isso significava. Um aluno respondeu que significava que a energia potencial elétrica inicial era zero. Concordei, afirmando que, então, a energia total podia ser assumida como sendo igual à energia cinética inicial. Realizei todas as contas

⁵⁹ Nessa hora percebi que, embora tivesse sido bem mais trabalhoso corrigir a prova por ser dissertativa, as notas foram mais coerentes e refletiram as suas linhas de raciocínios durante o teste. Corrigi todas as questões e, posteriormente, atribuí um desconto para cada tipo de erro que os alunos cometiam (conversão de unidades, falta de atenção, etc.). Caso o teste tivesse sido de múltipla escolha, o aluno teria obtido a resposta certa com uma linha de raciocínio errada, mostrando como questões de múltipla escolha são problemáticas às vezes.

com os alunos e eles não aparentaram ter dificuldades. Chamei a atenção que houve resoluções utilizando a equação de Torricelli para calcular a distância mínima, mas afirmei que, embora o aluno tivesse chegado à resposta certa (por coincidência), o desenvolvimento estava errado. O aluno havia considerado a força elétrica como sendo constante ao longo de todo o percurso, o que não condizia com a realidade, visto que no momento inicial a força elétrica era nula e no final do movimento não.

A questão seguinte era a única de múltipla escolha. Ela apresentava o valor de um potencial elétrico e de um campo elétrico num mesmo ponto e perguntava qual era o valor da carga elétrica geradora. Resolvi a questão relacionando as equações do potencial elétrico e do campo elétrico, mostrando que $E = V/d$. Assim, uma vez obtida a distância entre a carga geradora e o ponto em questão, bastava substituir os valores dados para o campo elétrico, distância e constante elétrica do meio para descobrir o valor da carga elétrica. Os alunos não tiveram dificuldades nesta questão.

A questão seguinte perguntava qual era o valor do campo elétrico e do potencial elétrico no centro de um quadrado em que havia cargas elétricas distribuídas simetricamente em seus vértices. Nesta questão eu disse que não era necessário realizar contas, mas apenas argumentos escritos seriam mais do que o suficiente. Expliquei que a resposta certa era que, como as cargas elétricas apresentavam todas o mesmo módulo e duas eram positivas e duas negativas, e como a distância do centro do quadrado até os vértices era igual para todas as partículas, então o potencial elétrico era nulo. Analogamente para o campo elétrico, como no centro do quadrado havia um vetor de igual módulo, mas sentido oposto para o vetor gerado por cada uma das cargas, então a soma dos vetores seria nula.

Alguns alunos ficaram indignados, uma vez que haviam posto como resposta, para ambas as questões, “nulo, pois a soma se anula” e não haviam ganhado a nota inteira. Expliquei que eu havia solicitado argumentos, e que havia faltado dizer que a soma dos potenciais e vetores dava zero em função das cargas terem o mesmo módulo e estarem equidistantes do ponto. Um aluno, indignado, perguntou se alguém havia acertado aquela questão. Antes mesmo de eu responder que sim, alguns alunos se manifestaram, dizendo que eles haviam acertado.

A questão seguinte era sobre superposição de potenciais elétricos. Ela perguntava qual era a diferença de potencial entre dois pontos nas proximidades de duas cargas elétricas. Realizei com eles as contas dos potenciais gerados por cada uma das partículas em cada ponto e, posteriormente, os somei para determinar o potencial daqueles pontos. Assim, concluí a questão realizando a subtração entre os potenciais elétricos dos dois pontos para verificar a diferença de potencial entre eles.

A última questão, como havia uma igual na lista de exercícios, eu não corriji, dizendo que eles poderiam olhar a resolução que eu havia mandado para eles por e-mail e me procurando caso tivessem dúvidas.

Após concluir a resolução da avaliação, expliquei que realizaria com os alunos uma revisão para a prova trimestral. Falei, então, que começaríamos pelo início do conteúdo visto por eles, ou seja, processos de eletrização. Questionei os alunos sobre quais eram eles e como eles ocorriam, então alguns alunos se manifestaram, respondendo corretamente. Abri, então, um mapa conceitual que eu havia construído previamente e comecei a relacioná-lo com o que os alunos haviam me falado. Perguntei se os alunos já conheciam mapas conceituais e sabiam como lê-los e interpretá-los, então eles me responderam que sim. Como estava no final da aula, mostrei brevemente o que havia no mapa conceitual e como os conteúdos se conectavam, afirmando que os enviaria o mapa conceitual por e-mail. Souu, então, o sinal da troca de períodos e os alunos foram dispensados após serem apresentados.

PLANO DE AULA (11 e 12)

Data: 21/05/2018, das 12h às 12h45min e das 13h40min às 14h30min.

Conteúdo: Correção da Prova Trimestral e Revisão para a Prova de Recuperação.

Objetivos de ensino:

- Sanar das dúvidas das questões da Prova Trimestral;
- Revisar propriedades da Força Elétrica, Campo Elétrico e Potencial Elétrico.

Procedimentos:

Atividade Inicial:

Nos momentos iniciais da aula será realizada a entrega da Prova Trimestral e correção da mesma através da exposição dialogada.

Desenvolvimento:

Após a correção da prova trimestral, será distribuída aos alunos uma lista de exercícios a ser trabalhada em sala de aula e mostrado o *Vídeo 3* para apresentar uma nova forma de interpretar a atração e repulsão eletrostática.

Os alunos resolverão os exercícios do modo que preferirem, podendo ser realizada individualmente ou em pequenos grupos. A correção dos exercícios será feita conforme os alunos forem terminando de fazer os exercícios.

Recursos:

Computador, Projetor, Quadro Branco e Canetas para Quadro.

Vídeo 3 - <https://www.youtube.com/watch?v=-Rb9guSEeVE>

Observações:

Na semana do dia 14 a 19 de maio ocorreram as provas trimestrais dos alunos. Nesta semana não houve aulas, sendo utilizada unicamente para avaliar os alunos. A prova trimestral, que era uma única para todo o terceiro ano, foi elaborada pela professora regente da turma.

Não houve o primeiro período, uma vez que os alunos foram dispensados mais cedo após terem realizado uma prova trimestral (que não estava no calendário inicial do colégio).

O período da tarde iniciou atrasado em função das formalidades militares do colégio e houve demora para entregar as provas trimestrais e acalmar a turma para efetivamente iniciar a correção da prova, então não foi possível sequer terminar a correção da prova, ficando a sua correção pendente para a próxima aula. Não foi possível trabalhar o *Vídeo 3*.

REGÊNCIA (11)

Entrei em sala às 13h50min, junto à professora, logo que os alunos foram dispensados da formatura vespertina. A professora se dirigiu à minha mesa e largou seu material. O chefe de turma rapidamente pôs a turma em condições de ser apresentada e a apresentou. Após a apresentação da turma, a professora se dirigiu à mesa, pegou as provas trimestrais e entregou aos alunos em silêncio. Aproveitei que a professora estava entregando as provas trimestrais e entreguei os testes que eu havia recolhido na aula anterior.

Após a entrega das provas trimestrais, a turma ficou agitada e estava conversando bastante entre si e com a professora. Enquanto a professora conversava com alguns alunos sobre a prova, um aluno veio até mim com a prova em mãos para fazer uma pergunta. Quando vi que ele estava com a prova em mãos fiquei receoso da professora ter corrigido algo errado e que eu acabasse a corrigindo,

afetando sua credibilidade.⁶⁰ O aluno queria saber se borracha era um material isolante. Eu afirmei que sim, então ele me mostrou o enunciado de uma questão. A questão perguntava qual era o campo elétrico no interior de um balão de borracha em que havia cargas distribuídas pela sua superfície. Ele me perguntou se o campo elétrico só era nulo no interior de condutores carregados. Falei para ele que não havia prestado atenção no fato de ser um balão (mas sim um corpo eletrizado) e li novamente o enunciado da questão em silêncio. Nele dizia que as cargas estavam distribuídas pela superfície do balão. Expliquei, então, que o campo elétrico no interior do balão era nulo justamente por isso, ressaltando que em materiais condutores as cargas se distribuem automaticamente, mas que o importante era que elas estivessem distribuídas pelo material. Expliquei que se as cargas estivessem localizadas em apenas algumas partes do balão o campo no interior do balão não seria zero, mas como elas estavam, então era. Ele, então, compreendeu, agradeceu e se dirigiu ao seu lugar.

Neste momento a turma já estava mais calma, então aproveitei que a professora estava falando com poucos alunos e iniciei a discussão que eu queria. Dirigi a palavra ao aluno que havia me perguntado sobre o campo elétrico na superfície de um condutor eletrizado e disse: “Carlos (nome fictício), foi tu quem me perguntou do campo elétrico na superfície do condutor, né?”. Ele afirmou que sim, então iniciei um debate com a turma. “Turma, vocês lembram que na nossa última aula o Carlos tinha perguntado sobre o campo elétrico na superfície de um condutor e eu não soube responder na hora, mas que eu falei que ia dar uma olhada e trazer na próxima aula? Então, eu fiz isso”. Então eu segui “mas eu não vou simplesmente dizer a resposta, vamos pensar um pouquinho juntos e construir um raciocínio”. Falei que iria devolver uma pergunta para ele para discutirmos e fiz a seguinte pergunta: “qual é o campo elétrico em uma carga pontual?”. A turma nitidamente ficou bastante desconfortável com a pergunta. Deixei-os quietos por um momento e perguntei novamente. Alguns deles começaram a tentar responder, mas elaboraram uma linha de raciocínio baseada em locais próximos à carga e não na carga. Ressaltei que eu não estava perguntando em locais próximos à carga, mas sim na carga. Eles ficaram realmente desconfortáveis com a pergunta. Complementei, então, “vocês não gostaram da pergunta e não foi por motivo algum. O campo elétrico é dado por $E = \frac{kQ}{d^2}$. Se queremos saber o campo elétrico na carga, a distância é zero, logo a gente teria um número diferente de zero por dividido por zero, o que não faz sentido, é uma indeterminação. Isso é uma limitação do modelo. O modelo que foi criado não funciona para esse ponto”. Os alunos

⁶⁰ Analisando esta atitude, posteriormente, percebi que foi um pensamento infundado. A turma conhecia bem a professora e precisaria muito mais do que isto para que sua credibilidade fosse afetada. Talvez fosse algo que eu tivesse receio que tivesse acontecido comigo na aula anterior quando os alunos se reuniram com a professora após eu entregar o teste para eles.

aparentemente compreenderam o que eu disse, mas não aparentavam entender aonde eu queria chegar. O Carlos perguntou, então, quem havia criado esse modelo. Pensei por alguns momentos e não soube dizer. Dirigi a palavra à professora (que estava conversando com outra aluna) e ela também não soube dizer. Expliquei, então, que quando as teorias são muito bem aceitas e por muito tempo acaba-se perdendo a referência de quem propôs o modelo.

Seguindo com a explicação, afirmei que poderíamos muito bem pegar infinitas cargas e botar uma ao lado das outras, formando um fio, e que ainda assim não faria sentido perguntar o campo elétrico no fio. Fiz um raciocínio análogo com os fios: poderíamos colocar infinitos fios uns ao lado dos outros e assim formaríamos um plano, e que ainda assim não faria sentido perguntar o campo elétrico no plano. Concluí, então, dizendo que se curvássemos o plano, por exemplo, num formato esférico a pergunta continuaria a não fazer sentido, e que o campo sobre a superfície de um condutor era um valor indeterminado. Afirmo que o que os outros professores haviam afirmado estava errado, e que era um erro comum, aparecendo, inclusive, em diversos livros didáticos, e que enviaria para eles, por e-mail, o artigo que explicava mais detalhadamente o que eu havia explicado em sala de aula. Se tratava do artigo (ASSAD, 2012).

Outro aluno, logo após eu terminar a explicação, me perguntou: “mas é indeterminado só na teoria, não? Porque se for lá medir tu obténs um valor, certo?”. Eu respondi que sim, dá para medir, mas que a noção de superfície é um conceito muito abstrato. Expliquei que ao encostar um objeto para medir o campo elétrico nós estaríamos verificando o campo elétrico logo acima do objeto, e não na superfície, e se furarmos o condutor para medir “verdadeiramente na superfície” também não estaríamos na superfície, e sim abaixo dela.

Após concluir essa explicação, perguntei em quais exercícios da prova trimestral os alunos tinham dúvidas. Os alunos manifestaram dúvidas em seis das dezoito questões, sendo que quatro delas eram as questões dissertativas da prova. Iniciei pela questão um. A questão dava duas partículas pontuais carregadas com cargas Q_1 e Q_2 iguais, respectivamente, a $2\mu C$ e $8\mu C$ e separadas por uma distância de 6 cm . Ela perguntava qual era o ponto em que o campo elétrico era nulo e qual era o valor do potencial elétrico a 4 cm à direita de Q_2 (a carga Q_1 estava à esquerda de Q_2). Expliquei, então, que se tratava de uma questão de superposição de campos elétricos, e que para descobrir isto, precisávamos encontrar o ponto em que o módulo de um campo elétrico era igual ao módulo do outro, mas apontando em sentido contrário. Escrevi, de forma genérica, a equação do campo elétrico de cada uma das cargas e mostrei que, para que os campos elétricos se anulassem, era necessário que $\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$, logo como a razão das cargas era igual a 4 (ou 1/4, dependendo de como escrevessem),

significaria que a distância d_2 deveria ser o sobro da distância d_1 . Complementei, então, que na região em que os campos elétricos de cada uma das cargas apontava em sentidos opostos, só era possível para que $d_1 = 2 \text{ cm}$ (à direita de Q_1) e $d_2 = 4 \text{ cm}$ (à esquerda de Q_2). Para calcular o potencial elétrico a 4 cm à direita de Q_2 , simplesmente bastava calcular cada um dos potenciais elétricos individuais. A turma não teve dificuldades.

A questão dois envolvia o conteúdo de potencial elétrico. Ela apresentava quatro pontos (chamados de A, B, C e D) na presença de um campo elétrico uniforme e perguntava a diferença de potencial entre os pontos B e C, o trabalho para mover uma partícula carregada do ponto D ao ponto A e o trabalho para movimentar outra partícula carregada do ponto B ao D. A distância entre os pontos era dada. Expliquei aos alunos que, como o campo elétrico era constante, conseguíamos utilizar a equação $U = Ed$, onde U representa a diferença de potencial entre dois pontos. Eu deduzi com eles, novamente, essa equação. Eles não aparentaram ter dificuldade para entender.

Para calcular o trabalho para mover a carga de D até A era necessário perceber que B e D eram equipotenciais, logo a distância utilizada para calcular a diferença de potencial entre os pontos D e A deveria ser a distância entre B e A. Sempre que respondia alguma questão eu procurava fazer com que os alunos se lembrassem das nossas aulas onde o assunto havia sido trabalhado, sempre questionando os alunos e procurando fazer com que eles participassem da aula.

Quando eu estava terminando de resolver o item *b* da prova, souo o sinal da troca de períodos, então eu não consegui concluir a explicação do exercício. Falei que continuaria com a correção da prova trimestral, a partir do item *c*, na próxima aula e encerrei a aula assim que a turma foi apresentada a mim.

PLANO DE AULA (12 e 13)

Data: 23/05/2018, das 15h30min às 17h10min.

Conteúdo: Continuação da Correção da Prova Trimestral e Revisão para a Prova de Recuperação.

Objetivos de ensino:

- Sanar das dúvidas das questões da Prova Trimestral;
- Revisar propriedades e cálculos dos Processos de Eletrização, da Força Elétrica, Campo Elétrico e Potencial Elétrico.

Procedimentos:Atividade Inicial:

Nos momentos iniciais da aula será realizada a continuação da correção da prova trimestral (que havia sido iniciada na aula anterior) através da exposição dialogada.

Desenvolvimento:

Após a correção da prova trimestral, será distribuída aos alunos uma lista de exercícios a ser trabalhada em sala de aula.

Os alunos resolverão os exercícios do modo que preferirem, podendo ser realizada individualmente ou em pequenos grupos. Ficarei à disposição dos alunos para tirar dúvidas a qualquer momento e farei a correção dos exercícios conforme os alunos forem terminando de fazer os exercícios.

Recursos:

Computador, Projetor, Quadro Branco e Canetas para Quadro.

Observações:

Consegui resolver apenas dois dos seis exercícios da lista de exercícios proposta nesta aula.

REGÊNCIA (12 e 13)

Entrei em sala às 15h40min, logo após soar o sinal do final do recreio. O chefe de turma prontamente apresentou a turma e então arrumei meu material para iniciar a aula. Havia quatro alunos faltando neste dia. Separei minha cópia da prova trimestral para continuar com a correção. Perguntei aos alunos quais eram as questões em que eles ainda tinham dúvidas e eles se manifestaram solicitando unicamente nas questões dissertativas da prova, que eram de cunho matemático. As questões de múltipla escolha eram, em sua maioria, questões conceituais, mostrando que houve bom entendimento conceitual por parte dos alunos.

Eles pediram para eu resolver a questão dois e três da prova, então eu afirmei que eu já havia corrigido os itens *a* e *b* da questão dois, faltando unicamente o item *c*.⁶¹ O item *c* perguntava qual era o trabalho realizado para movimentar uma carga do ponto B até o ponto D, então eu disse que na verdade eu já tinha respondido essa questão na aula anterior, mas que não havia dito explicitamente que era a resposta. Para ajudar os alunos a formularem a resposta, perguntei a eles se eles lembravam qual era a relação entre as linhas de campo elétrico e as linhas equipotenciais. Alguns alunos prontamente responderam que eles são perpendiculares entre si. Então perguntei o que significava que o ponto D estivesse logo acima do ponto B, sendo que o campo elétrico era horizontal. Responderam, então, que os pontos B e D pertenciam à minha linha equipotencial, e que então o trabalho para mover uma partícula carregada entre aqueles pontos era nulo. Concordei e basicamente reafirmei, resumidamente, o que o aluno já havia falado.

Parti, então, para a próxima questão. A questão apresentava uma imagem com duas placas paralelas gerando um campo elétrico uniforme com um dado módulo. Entre as placas eram marcados três pontos: M, N e R, sendo o ponto M mais próximo da placa negativa e os pontos N e R mais próximos da placa positiva (a uma mesma distância da placa), mas com certa distância entre eles. As distâncias entre M e N e entre N e R eram dadas. A primeira pergunta feita era qual era a diferença de potencial entre os pontos M e N.

Perguntei aos alunos o que eles tinham feito (ou tentado fazer) nessa questão, então uma aluna rapidamente respondeu “EDU”. Fiquei inicialmente confuso com o que ela havia dito, então perguntei o que ela quis dizer. Ela respondeu “É, EDU. $Ed = U$ ”. Eu ri, concordei com ela, mas voltei ao quadro para explicar àqueles alunos que não haviam entendido. Optei por iniciar a minha explicação questionando os alunos sobre qual era a equação que apresentava a diferença de potencial entre dois pontos. Um aluno respondeu que a equação do trabalho tinha como um dos seus termos a diferença de potencial, então eu concordei e escrevi a equação genérica no quadro: $\tau = q(V_A - V_B)$. Complementei perguntando qual era a outra equação para o trabalho que eles conheciam, então outro aluno respondeu que $\tau = Fd$. Deste modo, igualei as duas equações, e como o campo elétrico é constante ao longo do percurso e $F = qE$, mostrei que em casos de campo elétrico constante temos que a diferença de potencial pode ser escrita como $U = Ed$. Sendo assim, simplesmente substituí os valores dados no enunciado e, então, obtive a resposta correta.

O segundo item nesta questão perguntava qual era o trabalho realizado para mover uma partícula com uma dada carga do ponto R ao M. Como eu já havia explicado no item anterior, os

⁶¹ O aluno que havia pedido a questão dois não tinha vindo na aula anterior, então eu disse que eu poderia ajudá-lo posteriormente ou que ele poderia pedir para que algum colega o ajudasse.

alunos sabiam como calcular a diferença de potencial entre os pontos R e M. Surpreendentemente, quando questionei os alunos qual era a distância que deveríamos utilizar na questão, os alunos responderam que as diferenças de potencial elétrico entre M e N e M e R eram iguais, uma vez que os pontos N e R fazia parte da mesma linha equipotencial. Isto demonstrou um grande entendimento conceitual dos alunos, embora matematicamente eles não tivessem compreendido tão bem. Sendo assim, ficou claro que bastava multiplicar o valor da carga dada no enunciado pelo valor da diferença de potencial elétrico obtido no item anterior para obter o valor do trabalho.

Finalizando a correção da questão, perguntei se havia alguma outra questão em que os alunos haviam tido dúvidas ou se poderíamos mudar de assunto. Houve silêncio na turma, então eu perguntei de novo. Um aluno se manifestou, perguntando sobre a outra questão dissertativa da prova (a única que eu ainda não tinha resolvido). Tratava-se de partículas carregadas positiva ou negativamente, com carga de mesmo módulo, de maneira praticamente simétrica sobre um anel. Eram cinco partículas negativas e três positivas. O aluno queria saber porque o potencial elétrico no centro do anel era negativo. Expliquei que como todas as partículas apresentavam o mesmo módulo de carga elétrica e todas as partículas estavam a distâncias iguais do centro, então o módulo do potencial elétrico gerado por todas as partículas era igual. Perguntei o que podíamos dizer sobre o potencial de partículas positivas e de partículas negativas, então um aluno respondeu “o potencial de cargas positivas é positivo e o potencial de cargas negativas é negativo”. Concordei, e disse que como tínhamos mais cargas negativas do que positivas, o potencial resultante seria negativo também.

Terminada a resolução das questões da prova em que os alunos apresentavam dúvidas, entreguei a eles uma lista de exercícios para ser resolvida em sala de aula (vide Apêndice F), individualmente ou em grupos, como forma de revisão. Entreguei, também, para a professora uma cópia da lista. Feito isso, caminhei um pouco pela sala para ver como estava o andamento das resoluções. Enquanto caminhava pela sala, ouvi alguns alunos comentando que a lista não tinha nenhuma questão com valores para substituir, então outro aluno disse que assim era mais genérico.

Na sequência, fui conversar com a professora para ver o que ela havia achado dos exercícios, mas ela ainda não havia olhado a lista. Ela estava corrigindo provas de outras turmas. Mostrei a lista para ela e disse que havia escolhido aqueles exercícios pois, pelos exercícios da prova que os alunos haviam solicitado na aula anterior, eles tinham tido mais dificuldade nos exercícios de cunho matemático. Olhando rapidamente, ela disse que havia gostado dos exercícios. Enquanto eu estava conversando com a professora, um aluno se aproximou de mim e me perguntou sobre a primeira questão. Ele queria verificar se sua linha de raciocínio estava certa. Ele perguntou se bastava igualar a energia potencial gravitacional inicial à energia cinética final. Li o enunciado com o aluno,

ênfatizando a parte que falava sobre o equilíbrío, e perguntei a ele o que isso significava. Ele disse que estaria parado. Então perguntei quais eram as situações em que um corpo pode ficar parado. Ele disse, então que era necessário que a força resultante fosse nula e complementou, bastante empolgado, “Ah, então como o peso é para baixo a força elétrica tem que ser para cima e igual ao peso”, então eu sorri e ele foi para o seu lugar resolver a questão.

Caminhei pela sala verificando o andamento da atividade e, alguns minutos depois, fui ao quadro resolver a questão um. Fiz o desenho no quadro e li parte do enunciado com os alunos. Ênfatizei que a primeira parte do enunciado era um modo indireto de dizer que a partícula podia se movimentar unicamente na direção vertical. Após concluir a leitura do enunciado, ênfatizei a parte dele que dizia que havia força gravitacional e perguntei como era possível que a partícula estivesse em repouso se havia força gravitacional apontando para baixo. Alguns alunos responderam que tinha a força elétrica apontando para cima, então eu concordei e expliquei que as duas forças tinham o mesmo módulo na altura de equilíbrío. Deste modo, bastava igualar a força elétrica à gravitacional na altura de equilíbrío e, posteriormente, isolar a altura de equilíbrío para chegar na resposta final.

Depois de explicar a questão um, deixei os alunos trabalhando por algum tempo sozinhos e caminhei pela sala para ver como estava o andamento dos exercícios. Um aluno, quando passei por ele, falou que era impossível calcular a força na partícula de carga q localizada em A pois entrava no caso mencionado na aula anterior (distância entre duas cargas zero, fazendo com que a força elétrica, campo elétrico e potencial elétrico tivessem valor indeterminado).⁶² Li o enunciado e reparei que ele não estava claro. Ele não dizia explicitamente que as cargas das partículas presentes em A, B e C eram iguais e de módulo q , ou seja, não deixava claro que se queria saber o valor da resultante das forças que B e C geravam em A. Sendo assim, alguns alunos pensaram que o problema relacionava quatro cargas elétricas, e não apenas três. Depois de explicar isso, percebi que os alunos não haviam entendido o que a questão queria dizer, algo que aparentemente só ficou claro após a minha explicação.⁶³ Deixei os alunos trabalharem por mais algum tempo sozinhos e continuei caminhando pela sala.

Após algum tempo caminhando pela sala, perguntei aos alunos se eu podia resolver a questão dois e eles afirmaram que sim. Fui ao quadro e fiz o desenho referente à questão. Perguntei como calcular o módulo da força gerada por cada uma das partículas B e C, então alguns alunos disseram

⁶² O aluno nitidamente havia prestado atenção na minha explicação sobre o campo na superfície de um condutor eletrizado.

⁶³ Isso só mostra como os alunos não gostam de perguntar em sala de aula. Será que era a minha postura? Sempre me esforcei para demonstrar que era receptivo para atender às demandas dos alunos, tanto em aula quanto fora dela.

que bastava utilizar a equação da força elétrica. Concordei, e perguntei se para encontrar a resultante das forças bastava somar o módulo das forças geradas pelas duas cargas. Alguns alunos responderam que sim e outros que não. Questionei eles do porquê de não poder, então eles responderam que a força era vetorial, então tinha que usar a regra do paralelogramo. Falei que era exatamente isso, e que, como queríamos saber qual era a força resultante (módulo, direção e sentido), então era necessário decompor as forças nos eixos vertical e horizontal. Utilizei semelhança de triângulos, trigonometria e as simetrias para mostrar que a componente vertical de cada uma das forças era igual e que as horizontais tinham mesmo módulo, mas sentidos opostos. Deste modo, sem grandes dificuldades chegamos à resposta certa.

Deixei que os alunos continuassem trabalhando na lista de exercícios. Enquanto eu estava na minha mesa dois alunos vieram, bastante empolgados, pedindo um pirulito caso eles tivessem acertado a questão três. Eu, sorrindo, concordei. Peguei suas anotações, então, e olhei a resposta final. Os alunos haviam esquecido de apagar um termo (substituíram P por mg mas esqueceram de apagar o P da resposta final) e esqueceram de um fator 2, por falta de atenção. Eu, percebendo que eles haviam desenvolvido toda a linha de raciocínio correta, disse que eles haviam errado, mas que ainda assim ganhariam o pirulito, e expliquei onde eles haviam errado. Eles ficaram empolgados com os erros que cometeram, afinal, haviam percebido que fora apenas falta de atenção, mas que haviam entendido o conteúdo.

Poucos minutos depois, soou o sinal da troca de períodos e informei a eles que continuaríamos trabalhando na lista de exercícios na próxima aula. Assim, o chefe de turma apresentou a turma para mim e então a turma foi dispensada.

PLANO DE AULA (14)

Data: 24/05/2018, das 11h10min às 12h.

Conteúdo: Revisão para a Prova de Recuperação.

Objetivos de ensino:

- Revisar propriedades e cálculos da Força Elétrica, Campo Elétrico e Potencial Elétrico.

Procedimentos:Desenvolvimento:

Os alunos continuarão realizando os exercícios entregues na aula anterior. Eles os resolverão do modo que preferirem, podendo ser realizada individualmente ou em pequenos grupos. Ficarei à disposição dos alunos para tirar dúvidas a qualquer momento e farei a correção dos exercícios conforme os alunos forem terminando de fazer os exercícios.

Encerramento:

Reservarei os momentos finais da aula para conversar com os alunos, agradecer pela oportunidade de ter acompanhado eles ao longo do trimestre e dizer que enviarei um formulário por e-mail para eles me darem um parecer geral da experiência que tiveram comigo.

Recursos:

Quadro Branco e Canetas para Quadro.

Observações:

Não foi possível terminar a correção dos exercícios remanescentes da aula anterior, então me comprometi a enviar por e-mail a resolução comentada da lista de exercícios.

REGÊNCIA (14)

Entrei na sala às 11h10min, logo que o outro professor saiu da sala. Não havia soado o sinal da troca de períodos, mas optei por entrar na sala mesmo assim, visto que faltava um minuto para ele soar. O chefe de turma chamou a atenção da turma para que ela fosse apresentada. A turma estava agitada, então ele me perguntou, enquanto a turma se acalmava, se na minha época a questão

disciplinar era assim.⁶⁴ Respondi que era praticamente igual, mas que dependia muito de qual era o professor que estava em frente à sala. Ele disse que a turma, de modo geral, era bastante bagunceira, e que mesmo com a professora de física, que a turma gostava, eles não respeitavam.⁶⁵ Então, quando a turma se aquietou, o chefe de turma a apresentou e logo em seguida me dirigi à minha mesa, onde separei meu material e anunciei que os alunos deveriam continuar fazendo os exercícios da lista que eu havia dado na aula anterior. Alguns alunos que não haviam ido na aula anterior perguntaram se eu tinha cópias da lista para dar para eles, então eu as entreguei.

Caminhei um pouco pela sala e percebi que alguns alunos estavam fazendo exercícios de matemática, então solicitei que guardassem o material. Todos, com exceção de um, guardaram o material de matemática e pegaram a lista que eu havia lhes passado. O que não guardou perguntou se, antes de guardar o material, poderia terminar o exercício que estava fazendo, então eu permiti.⁶⁶

A professora entrou em sala de aula aproximadamente dez minutos depois do início do período e disse que estava esperando o sinal para sair da turma anterior. Aquele dia, excepcionalmente, o sinal não havia tocado naquela troca de períodos, algo que só percebi depois da professora ter entrado em sala de aula.

Enquanto eu caminhava pela sala, percebi que alguns alunos haviam tentado resolver alguns exercícios em casa. Duas alunas (que tinham algumas anotações nas suas listas) aparentavam estar confusas, então me aproximei delas e perguntei se gostariam de ajuda. Elas disseram que sim, então perguntei o que elas não haviam entendido. Elas falaram que não sabiam sequer como começar a questão três, então as expliquei. Lendo o enunciado da questão percebi que nele não havia a informação de que as esferas estavam em equilíbrio, então avisei a turma quanto a isto. Após falar isto para a turma, perguntei para elas o que significava que as esferas estivessem em equilíbrio. Elas não souberam responder, então eu respondi que seria que a resultante das forças fosse nula. Complementei minha explicação perguntando quais eram as forças que cada uma das partículas sentia, então uma delas respondeu que eram o peso, a tração e a força elétrica. Expliquei, então, que como os vetores não estavam todos na mesma direção era necessário decompor os vetores nos eixos

⁶⁴ Este aluno, em particular, achava que o rigor disciplinar era pouco. Ele estava desmotivado com o militarismo do colégio e até pensava em sair do colégio em função disso.

⁶⁵ Aqui nitidamente vemos que o aluno estava decepcionado com o rigor disciplinar do colégio.

⁶⁶ Como os alunos estavam estudando a matéria de probabilidade e estatística e muitos exercícios não têm uma lógica trivial, achei que seria vantajoso ao aluno terminar o exercício, visto que posteriormente ele poderia não conseguir retomar a sua linha de raciocínio.

vertical e horizontal, analogamente à questão anterior. Montei o sistema de equações com elas e, então, disse que elas deveriam tentar resolver a questão a partir dali.

Na sequência, continuei caminhando pela sala para verificar o andamento dos exercícios. Um dos alunos que havia me pedido o pirulito estava resolvendo a questão quatro. Olhei o enunciado da questão e percebi que havia um erro de digitação. Na questão C estava escrito B no lugar de E, o que levava a pergunta a não fazer sentido (similarmente à questão levantada por um dos alunos na aula anterior), uma vez que haveria uma partícula com carga elétrica se movimentando para um ponto em que o potencial elétrico não era bem definido. Mais uma vez avisei aos alunos que o enunciado estava errado, ressaltando qual correção deveria ser feita.⁶⁷

Após feito este aviso, me dirigi ao quadro para resolver a questão três. Fiz o desenho no quadro e, com os alunos, li o enunciado da questão. Resolvi a questão do mesmo modo que iniciei a resolução com as alunas: questionando os alunos e direcionando o raciocínio deles para os temas de equilíbrio, forças que atuavam nas esferas e a resultante das forças ser nula. Após montado o sistema de equações, perguntei como poderíamos obter o valor da carga q , que era a finalidade do exercício. Um aluno, no fundo da sala, falou que bastava isolar a tração T em uma equação e substituir na outra. Eu, sabendo qual era mais vantajosa de isolar, isolei a tração que estava na equação que representava as forças verticais e então substituí na outra equação.⁶⁸ Sendo assim, com poucas manipulações algébricas foi possível obter o valor de carga elétrica que mantinha o sistema naquela configuração.

Como faltava pouco tempo para acabar a aula, chamei a atenção dos alunos e conversei um pouco com eles. Agradei a eles pela oportunidade de ter estado a frente deles, por terem sido respeitosos e disse que fora uma experiência muito importante e boa para mim. Também contei da situação dos dois colegas deles que haviam me procurado, empolgados, perguntando se haviam acertado a questão e pedindo um pirulito, e falei que era isso que eu gostaria de ver em todos eles: empolgação ao aprender, curiosidade. Falei que fiquei tão comovido com a empolgação e ânimo deles que foi impossível dizer “não”, mas que também não poderia dar pirulito apenas para eles dois, então

⁶⁷ Neste momento é interessante ressaltar que, embora haja todo um cuidado com o material que é elaborado para ser entregue aos alunos, sempre deixamos escapar alguns detalhes. A lista de exercícios já havia sido apresentada ao professor e aos colegas na disciplina de Estágio, mas nenhuma dessas correções estavam nas sugestões de modificações indicadas pelos colegas ou professor, dando indícios que estes erros passaram despercebidos por eles também.

⁶⁸ Posteriormente percebi que cometi um erro neste momento. Eu deveria ter perguntado aos alunos em qual das equações seria vantajoso isolar a tração. Caso se isolasse a tração na componente horizontal seria necessário fazer mais manipulações algébricas (apareceria uma cotangente, seria necessário “passar de um lado para outro” vários termos da equação), induzindo-os a ter um pensamento mais abstrato e preditivo (“O que vai ser mais vantajoso posteriormente? O que vai me dar menos trabalho para resolver?”).

havia trazido uma balinha (não consegui comprar pirulitos) para cada um dos alunos e disse para agradecerem ao aluno que pediu pelo pirulito. Os colegas o aplaudiram com bastante empolgação e, então, entreguei as balinhas para a turma.

Após terminar a entrega das balinhas, falei que enviaria para eles os exercícios da lista resolvidos (vide Apêndice G), visto que não consegui resolver todos eles em sala de aula. Falei também que, assim como no início da minha trajetória com eles, enviaria um questionário (vide Apêndice H) para que respondessem, para dizerem como foi esta experiência para eles, se gostaram, se não gostaram, do que gostaram, o que achavam que poderia ter sido diferente, entre outras coisas. Falei que isto era bastante importante para mim, visto que isso era importante para que eu pudesse me tornar um professor melhor. Após falar isso, um aluno começou a me aplaudir e o restante da turma aplaudiu também.⁶⁹ Poucos momentos após isto, soou o sinal da troca de períodos, então o chefe de turma apresentou a turma para mim e eles foram dispensados.

6. CONCLUSÃO

Ao longo de toda a minha vida eu admirei a carreira docente, mas nem sempre me achei digno de seguir tal carreira. O professor é, ao meu ver, uma das figuras mais importantes depois da família, uma vez que ele acompanha os jovens ao longo de vários anos.

O professor não tem mais a função de transmissor de conhecimento, mas sim, ao meu ver, tem o papel de motivar e orientar os alunos, fazer com que eles expandam suas visões de mundo. Orientar, neste caso, não está ligado unicamente ao conhecimento que o professor detém, mas sim a uma figura que apresenta mais vivências e que possivelmente já passou por muitas das situações que seus alunos passam. Neste sentido, percebo que falhei como professor ao longo deste Estágio, uma vez que não consegui nem motivá-los nem orientá-los de forma alguma.

Minha ideia inicial para o estágio era o desenvolvimento de uma unidade didática interdisciplinar como tema motivador para os alunos, mas isto se mostrou impossível. Com um cronograma extremamente rígido no colégio, fui impossibilitado de “fugir dos padrões” nas minhas aulas. Minha regência ocorreu no período próximo às provas trimestrais do colégio e, pelas normas do colégio, a semana anterior e posterior às provas trimestrais é destinada à revisão do conteúdo dado ao longo de todo o trimestre. Além disso, tive apenas três aulas antes de aplicar a minha avaliação (que também foi na última data possível), fazendo com que eu tivesse pouquíssimo tempo para

⁶⁹ Pela situação, não ficou claro se as palmas foram sinceras ou sarcásticas.

introduzir e desenvolver o conteúdo com os alunos. Apesar disso, fiz o melhor que eu pude para influenciar positivamente os alunos.

Enviei aos alunos, algumas semanas antes do início da minha regência, um questionário para que respondessem. Este questionário serviria para orientar a preparação dos meus planos de aula. Apenas metade da turma o respondeu, mas algumas das respostas foram recorrentes: os alunos gostavam de física, gostariam que as aulas tivessem mais conexões com o cotidiano deles, tivessem mais experimentos e fossem abordados assuntos de teorias modernas. Procurei orientar a minha prática docente baseado nisso.

Optei por problematizar e contextualizar o assunto de potencial elétrico utilizando o LHC e a protonterapia, uma vez que eles podiam ser relacionados às respostas dos questionários. Levantei, também, discussões sobre epistemologia e influência da ciência na sociedade (e vice-versa) como tentativa de fugir do currículo tradicional. Os alunos pareceram gostar do assunto, mas pareceram, também, considera-lo uma curiosidade sobre a matéria, e não como um assunto importante.

Em relação à metodologia do *Peer Instruction*, os alunos demonstraram um bom entendimento conceitual. Dentre aproximadamente dez questões apresentadas a eles ao longo das aulas, em apenas duas houve a oportunidade dos alunos discutirem entre si. A dificuldade dos alunos era majoritariamente nas questões matemáticas, então eu não soube como utilizar este método para atacar este problema.

Em relação ao *Just-in-Time Teaching*, confiei na palavra da professora de física, uma vez que ela me disse que os alunos realizariam as atividades de preparação e que eles eram interessados. Ela estava errada. Solicitei que os alunos respondessem algumas questões utilizando algumas simulações como recurso, mas pouquíssimos alunos sequer tentaram fazer. Além disto, eu também havia solicitado que os alunos me mandassem por e-mail as questões da lista em que eles haviam tido dúvidas para que eu preparasse minhas aulas voltadas às suas dúvidas. Eles também não o fizeram. A única vez que os alunos me procuraram fora da sala de aula foi para reclamar da minha aula e da lista de exercícios (vide Regência 5 e 6).

Percebi, posteriormente, que ter escolhido o Colégio Tiradentes como local de estágio pode não ter sido uma boa escolha. Embora os alunos fossem diferenciados e apresentassem certo interesse por física, estes já estavam bastante adequados à metodologia padrão de ensino: aulas expositivas em que os alunos são simples e unicamente agentes passivos em sala de aula. Ao tentar modificar esta dinâmica, associado ao fato dos alunos gostarem da professora de física e suas metodologias, obtive uma resposta negativa, uma vez que não houve empenho dos alunos nas atividades que eu propus.

Minha maior frustração ocorreu após eu encerrar o meu período de docência. Na minha última aula, avisei aos alunos que os enviaria um questionário para que avaliassem como foi o período em

que eu estive à frente deles. Disse a eles que gostaria que ressaltassem os pontos positivos das aulas, mas que principalmente me apresentassem os pontos que eles não haviam gostado e que eu poderia melhorar. Expliquei que isto era importante para que eu me tornasse um professor melhor e que meus futuros alunos agradeceriam. Apesar de ter sido aplaudido por este discurso, não houve uma única resposta ao questionário. Sendo assim, concluo que a experiência dos alunos ao longo de minha regência não foi nada significativa para eles, uma vez que os alunos sequer responderam ao questionário para dizer que não gostaram de absolutamente nada ou que gostaram de tudo, mostrando total indiferença por parte deles.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, Ives Solano; MAZUR, Eric. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 362–384, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/26150>>

ASSAD, Gustavo Elia. Campo elétrico “na superfície” de um condutor : uma questão a ser esclarecida. [s. l.], v. 4701, 2012.

CARVALHO, A. M. P. et al. **Ensino de física** Cengage, , 2011.

LATOUR, Bruno. **A Esperança de Pandora**. [s.l: s.n.].

MOREIRA, Marco Antonio; OSTERMANN, Fernanda. Teorias Construtivista. [s. l.], p. 45–57, 1999.

8. APÊNDICES

8.1 APÊNDICE A – Questionário

8.2 APÊNDICE B – Cronograma de Regência

8.3 APÊNDICE C – Lista de Exercícios

8.4 APÊNDICE D – Lista de Exercícios Resolvida

8.5 APÊNDICE E – Avaliação

8.6 APÊNDICE F – Lista de Exercícios de Aula

8.7 APÊNDICE G – Lista de Exercícios de Aula Resolvida

8.8 APÊNDICE H – Avaliação do Estagiário

8.1 APÊNDICE A

Questionário

Esse questionário será utilizado como referência para a elaboração das aulas de física que serão dadas pelo estagiário Gabriel L. Debastiani, sendo assim, solicito que respondam tudo com o máximo de sinceridade possível. Caso vocês mintam em alguma pergunta vocês serão os únicos prejudicados. Este questionário **não vale nota**.

- 1) Qual é a sua matéria favorita? Por quê?
- 2) Qual é a matéria que você menos gosta? Por quê?
- 3) Você gosta de física? Por quê?
- 4) Complete a sentença: "Eu gostaria mais de física se..."
- 5) O que você acha mais interessante na Física? (Teoria? Experimentos? Simulações? Contas/Equações?)
- 6) O que você acha menos interessante na Física? (Teoria? Experimentos? Simulações? Contas/Equações?)
- 7) Que tipo de assunto você gostaria que fosse abordado nas aulas de física? (Ex.: Teorias Modernas? Realização de Experimentos? Simulações? Astronomia? Programação? História de física? História da ciência? Epistemologia? A Física presente em algum tópico específico (de sua escolha) do dia a dia? Sinta-se livre para falar qualquer coisa que vier a sua mente aqui.)
- 8) Você vê alguma utilidade em aprender física? Comente a sua resposta.
- 9) Você acha que física se relaciona com quais outras disciplinas?
- 10) Você teria interesse em aprender mais sobre essas relações?
- 11) Quais dificuldades você costuma ter ao estudar física?
- 12) Quais as características da ciência? E de um cientista?
- 13) Você trabalha? Se sim, em quê?
- 14) Em qual profissão você pretende seguir?
- 15) Você pretende fazer algum curso superior? Se sim, qual? Em qual instituição?
- 16) Sinta-se livre para fazer qualquer comentário adicional caso tenha sentido falta de alguma pergunta que você julgue ser importante.

8.2 APÊNDICE B

Cronograma de Regência

Aula	Data	Conteúdo(s) a serem trabalhado(s)	Objetivos de ensino	Estratégias de Ensino
1	23/04/18	Revisão de Conservação de energia Diferença entre Energia Potencial Elétrica e Potencial Elétrico Diferença de Potencial	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar os conteúdos que serão trabalhados relacionando com os conteúdos já vistos; • Relembrar as relações de energia cinética, energia potencial e trabalho; • Apresentar o trabalho da força elétrica; • Apresentar a equação da Energia Potencial Elétrica e relacioná-la com o Potencial Elétrico; • Ressaltar que a ciência é uma construção e que ela utiliza modelos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição dialogada; • Utilização de Simulações; • Apresentação de vídeos esquemáticos;
2	25/04/18	Superposição de Potenciais Elétricos Superfícies Equipotenciais Poder das Pontas	<ul style="list-style-type: none"> • Relacionar a soma de campos elétricos (vetoriais) com a soma de potenciais elétricos (escalares). • Apresentar o conceito de superfícies equipotenciais. • Apresentar como as superfícies equipotenciais e o campo elétrico se relacionam. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tarefas de leitura (JiTT); • <i>Peer Instruction</i>; • Apresentação de vídeos esquemáticos; • Utilização de simuladores;
3	02/05/18	Dúvidas acerca das Atividades Anteriores	<ul style="list-style-type: none"> • Sanar dúvidas sobre Potencial Elétrico, Trabalho de uma força elétrica, Transformações de Energia e Superfícies Equipotenciais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição dialogada; • <i>Peer Instruction</i>; • Apresentação de vídeos esquemáticos; • Resolução de exercícios;
4	07/05/18	Avaliação 1	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliar a capacidade dos alunos de resolver questões de cunho teórico e matemático. 	--
5	09/05/18	Correção da avaliação 1 Revisão para a prova trimestral	<ul style="list-style-type: none"> • Sanar das dúvidas das questões da avaliação 1; • Revisar propriedades da Força Elétrica, Campo Elétrico e Potencial Elétrico; 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição dialogada; • Vídeos demonstrativos; • Utilização de simuladores; • Mapa Conceitual; • Realização de Exercícios;
6	21/05/18	Correção da prova trimestral Revisão para a prova de recuperação	<ul style="list-style-type: none"> • Sanar as dúvidas em relação ao conteúdo da prova trimestral. • Revisar propriedades dos Processos de eletrização, da Força Elétrica, Campo Elétrico e Potencial Elétrico; 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição dialogada; • Realização de Exercícios;
7	23/05/18	Continuação da correção da prova trimestral Revisão para a prova de recuperação	<ul style="list-style-type: none"> • Sanar as dúvidas em relação ao conteúdo da prova trimestral. • Revisar propriedades dos Processos de eletrização, da Força Elétrica, Campo Elétrico e Potencial Elétrico; 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição dialogada; • Realização de Exercícios;
8	24/05/18	Revisão para a prova de recuperação	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar propriedades dos Processos de eletrização, da Força Elétrica, Campo Elétrico e Potencial Elétrico; 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição dialogada; • Realização de Exercícios;

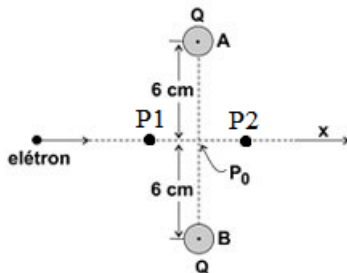
8.3 APÊNDICE C

Centro de Ensino Médio Tiradentes

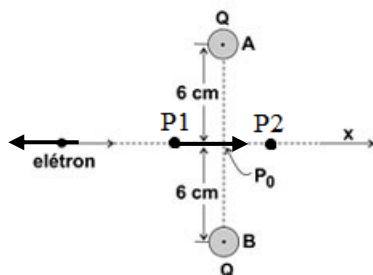
Prof. Gabriel L. Debastiani

Lista de Exercícios: Potencial Elétrico, Superfícies Equipotenciais e Energia Potencial Elétrica.

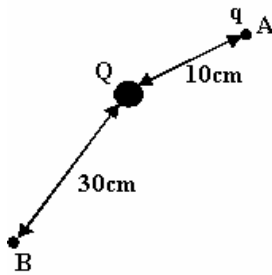
- 1) (Fuvest-1993) Um elétron penetra numa região de campo elétrico uniforme de intensidade 90N/C , com velocidade inicial $v_0 = 3,0 \cdot 10^6\text{m/s}$ na mesma direção e sentido do campo. Sabendo-se que a massa do elétron é igual a $9,0 \cdot 10^{-31}\text{kg}$ e a carga do elétron é igual a $-1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$, determine:
- a energia potencial elétrica no instante em que a velocidade do elétron, no interior desse campo, é nula.
 - o módulo da aceleração do elétron.
- 2) (FUVEST-2008) Duas pequenas esferas iguais, A e B, carregadas, cada uma, com uma carga elétrica Q igual a $-4,8 \times 10^{-9}\text{C}$, estão fixas e com seus centros separados por uma distância de 12 cm. Deseja-se fornecer energia cinética a um elétron, inicialmente muito distante das esferas, de tal maneira que ele possa atravessar a região onde se situam essas esferas, ao longo da direção x, indicada na figura, mantendo-se equidistante das cargas.



- Esquematize, na figura da página de respostas, a direção e o sentido das forças resultantes F_1 e F_2 , que agem sobre o elétron quando ele está nas posições indicadas por P1 e P2.



- Calcule o potencial elétrico V, em volts, criado pelas duas esferas no ponto P0.
 - Estime a menor energia cinética E, em eV, que deve ser fornecida ao elétron, para que ele ultrapasse o ponto P0 e atinja a região à direita de P0 na figura.
- 3) (Mack-1996) Na figura a seguir, $Q = 20\mu\text{C}$ e $q = 1,5\mu\text{C}$ são cargas puntiformes no vácuo. O trabalho realizado pela força elétrica em levar a carga q do ponto A para o B é:



- a) 1,8J
- b) 2,7J
- c) 3,6J
- d) 4,5J
- e) 5,4J

4) (Mack-1998) Um corpúsculo de 0,2 g eletrizado com carga de $80 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ varia sua velocidade de 20 m/s para 80 m/s ao ir do ponto A para o ponto B de um campo elétrico. A d.d.p. entre os pontos A e B desse campo elétrico é de:

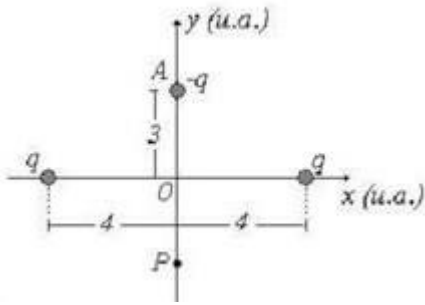
- a) 9000 V
- b) 8500 V
- c) 7500 V
- d) 3000 V
- e) 1500 V

5) (PUC - RJ-2008) Uma carga positiva puntiforme é liberada a partir do repouso em uma região do espaço onde o campo elétrico é uniforme e constante.

Se a partícula se move na mesma direção e sentido do campo elétrico, a energia potencial eletrostática do sistema

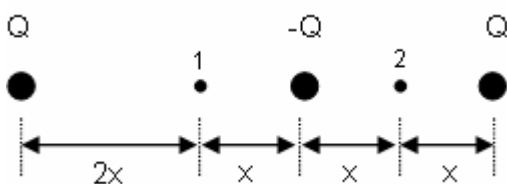
- a) aumenta e a energia cinética da partícula aumenta.
- b) diminui e a energia cinética da partícula diminui.
- c) e a energia cinética da partícula permanecem constantes.
- d) aumenta e a energia cinética da partícula diminui.
- e) diminui e a energia cinética da partícula aumenta.

6) (UFC-2009) Na figura abaixo, é mostrada uma distribuição de três partículas carregadas (duas com carga positiva e uma com carga negativa) localizadas ao longo dos eixos perpendiculares de um dado sistema de referência. Todas as distâncias estão em unidades arbitrárias (u.a.). As cargas positivas, ambas iguais a q , estão fixas nas coordenadas (x,y) , iguais a $(4,0)$ e $(-4,0)$. A carga negativa, igual a $-q$, está localizada, inicialmente em repouso, no ponto A, cujas coordenadas são $(0,3)$. A aceleração da gravidade local é constante (módulo g) e aponta no sentido negativo do eixo y do sistema de referência, que está na vertical. Todas as partículas possuem a mesma massa m . A constante eletrostática no meio em que as partículas carregadas estão imersas é K .



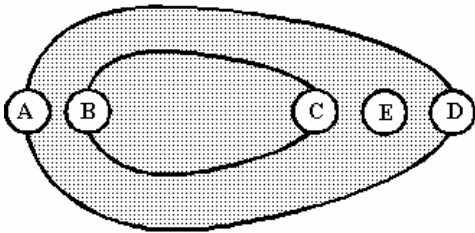
Determine o módulo da velocidade com que a partícula com carga negativa chega ao ponto P, localizado pelas coordenadas $(x,y) = (0,-3)$.

- 7) (UFES-1996) Uma partícula de massa "m" e carga elétrica "q", positiva, é abandonada a uma distância "d" de outra partícula cuja carga elétrica é "Q", positiva, e que está fixa em um ponto. Considere as partículas apenas sob interação elétrica, no vácuo, onde a constante da lei de Coulomb vale K_0 .
- Calcule o módulo da força elétrica que atua na carga "q" quando ela é abandonada e indique, em uma figura, a direção e o sentido dessa força.
 - Qual será a variação da energia potencial do sistema, entre o abandono e o instante em que a distância entre as partículas for igual a $4d$?
 - Qual será o trabalho da força elétrica sobre a partícula de carga "q", entre o abandono e o instante em que a distância entre as partículas for igual a $4d$?
 - Qual será a velocidade da partícula de carga "q", quando a distância entre as partículas for $4d$?
- 8) Um elétron com energia cinética de $2,4 \times 10^{-16} \text{ J}$ entra em uma região de campo elétrico uniforme, cuja intensidade é $3,0 \times 10^4 \text{ N/C}$. O elétron descreve uma trajetória retilínea, invertendo o sentido do seu movimento após percorrer uma certa distância. Calcule o valor desta distância, em **cm**.
- 9) (UFPE-1995) Uma partícula de massa igual a 10 g e carga igual a 10^{-3} C é solta com velocidade inicial nula a uma distância de 1 m de uma partícula fixa e carga $Q = 10^{-2} \text{ C}$. Determine a velocidade da partícula livre quando ela encontra-se a 2 m da partícula fixa, em km/s .
- 10) (UFPE-1996) Duas partículas de mesma massa M e cargas diferentes são aceleradas a partir do repouso por uma mesma diferença de potencial V . Se suas velocidades finais estão na razão $v_1/v_2 = 7$, qual a relação q_1/q_2 entre suas cargas?
- 11) (AFA-2001) A figura abaixo mostra três cargas pontuais. Em relação aos potenciais dos pontos 1 e 2, V_1 e V_2 , respectivamente, podemos dizer que:



- a) $V_1 = V_2$
- b) $V_1 > V_2$
- c) $V_2 = V_1^2$
- d) $V_2 > V_1$

12) (Faap-1996) A figura mostra, em corte longitudinal, um objeto metálico oco, eletricamente carregado. Em qual das regiões assinaladas há maior concentração de carga?



- a) E
- b) D
- c) C
- d) B
- e) A

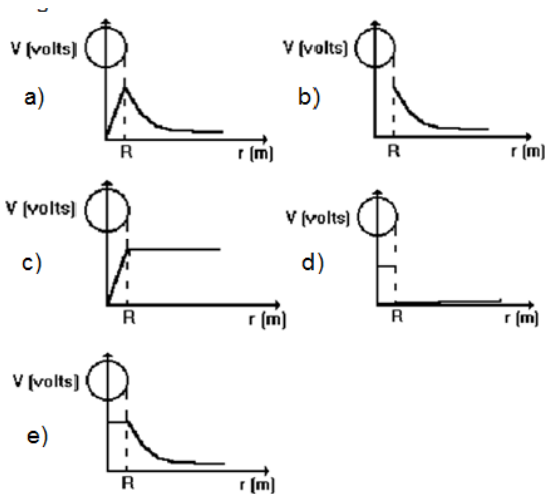
13) (FGV-2005) Com respeito à eletrodinâmica, analise:

- I. Tomando-se a mesma carga elétrica, isolada de outra qualquer, entre os módulos do campo elétrico e do potencial elétrico em um mesmo ponto do espaço, o primeiro sofre uma diminuição mais rápida que o segundo, conforme se aumenta a distância até a carga.
- II. Comparativamente, a estrutura matemática do cálculo da força elétrica e da força gravitacional são idênticas. Assim como as cargas elétricas estão para as massas, o campo elétrico está para a aceleração da gravidade.
- III. Uma diferença entre os conceitos de campo elétrico resultante e potencial elétrico resultante é que o primeiro obtém-se vetorialmente, enquanto o segundo é obtido por uma soma aritmética de escalares.

É correto o contido em

- a) I, apenas.
- b) II, apenas..
- c) I e III, apenas.
- d) II e III, apenas.
- e) I, II e III

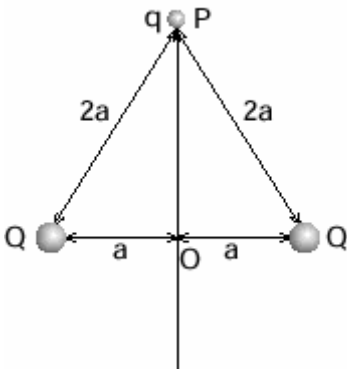
14) (FURG) Uma esfera condutora isolada está eletricamente carregada. Qual dos gráficos abaixo está condizente com a afirmativa acima?



15) (FMTM-2003) O planeta Terra é um grande condutor esférico eletrizado negativamente com carga avaliada em $5,8 \times 10^5 \text{ C}$. Seu raio é de aproximadamente $6,4 \times 10^3 \text{ km}$. Se o considerarmos isolado do universo, seu potencial elétrico será, em relação a um referencial no infinito, aproximadamente igual a:

- a) $-9 \times 10^2 \text{ V}$
- b) $-6 \times 10^4 \text{ V}$
- c) $-1 \times 10^6 \text{ V}$
- d) $-4 \times 10^7 \text{ V}$
- e) $-8 \times 10^8 \text{ V}$

16) (Fuvest-2001) Duas pequenas esferas, com cargas positivas e iguais a Q , encontram-se fixas sobre um plano, separadas por uma distância $2a$. Sobre esse mesmo plano, no ponto P , a uma distância $2a$ de cada uma das esferas, é abandonada uma partícula com massa m e carga q negativa. Desconsidere o campo gravitacional e efeitos não eletrostáticos.



Determine, em função de Q , K , q , m e a ,

- a) A diferença de potencial eletrostático $V = V_O - V_P$, entre os pontos O e P .
- b) A velocidade v com que a partícula passa por O .
- c) A distância máxima D_{max} , que a partícula consegue afastar-se de P .

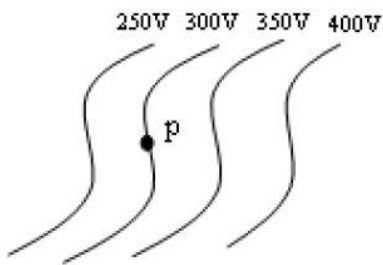
17) (Fuvest-1992) Uma esfera condutora de raio igual a $1,6 \text{ cm}$, inicialmente neutra, tem massa igual a $2,13225 \text{ g}$ quando medida numa balança eletrônica digital de grande precisão. (Adote: constante elétrica

no ar: $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$). Supondo a esfera neutra, que quantidade de elétrons deve ser retirada desta esfera para que o potencial elétrico em seu interior, seja de 0,90 volts? Dado: carga do elétron = $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

18) (Mack-1998) Num ponto A do universo, constata-se a existência de um campo elétrico E de intensidade $9,0 \times 10^5 \text{ N/C}$, devido exclusivamente a uma carga puntiforme Q situada a 10 cm dele. Num outro ponto B, distante 30 cm da mesma carga, o vetor campo elétrico tem intensidade $1,0 \cdot 10^5 \text{ N/C}$. A d.d.p. entre A e B é

- a) $1,8 \times 10^4 \text{ V}$
- b) $2,0 \times 10^4 \text{ V}$
- c) $6,0 \times 10^4 \text{ V}$
- d) $6,0 \times 10^5 \text{ V}$
- e) $8,0 \times 10^5 \text{ V}$

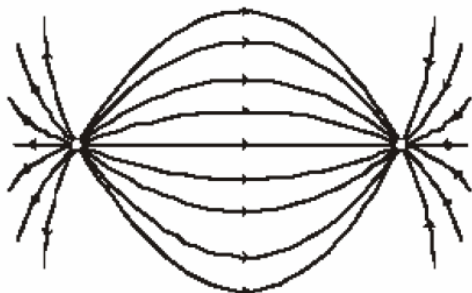
19) (UECE-2000) Em uma região do espaço existe uma distribuição de cargas que causam um campo elétrico representado na figura através de suas linhas equipotenciais.



Se colocarmos um próton com velocidade nula sobre a equipotencial de 300V ele:

- a) Permanecerá parado.
- b) Se deslocará ao longo da mesma equipotencial.
- c) Se deslocará para a equipotencial de 350V.
- d) Se deslocará para a equipotencial de 250V.

20) (UFF-2001) Estão representadas, a seguir, as linhas de força do campo elétrico criado por um dipolo.



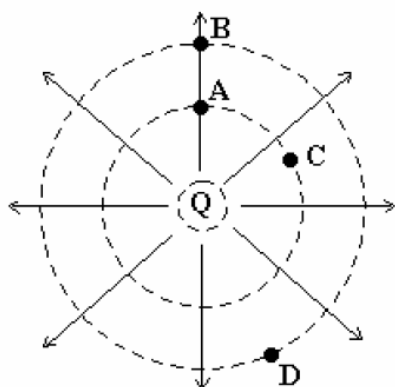
Considerando-se o dipolo, afirma-se:

- I. A representação das linhas de campo elétrico resulta da superposição dos campos criados pelas cargas puntiformes.
- II. O dipolo é composto por duas cargas de mesma intensidade e sinais contrários.
- III. O campo elétrico criado por uma das cargas modifica o campo elétrico criado pela outra.

Com relação a estas afirmativas, conclui-se:

- a) Apenas a I é correta.
- b) Apenas a II é correta.
- c) Apenas a III é correta.
- d) Apenas a I e a II são corretas.
- e) Apenas a II e a III são corretas.

- 21) (UFV-1996) Na figura estão representadas algumas linhas de força do campo criado pela carga Q. Os pontos A, B, C, e D estão sobre circunferências centradas na carga. Assinale a alternativa FALSA:



- a) Os potenciais elétricos em A e C são iguais.
- b) O potencial elétrico em A é maior do que em D.
- c) Uma carga elétrica positiva colocada em A tende a se afastar da carga Q.
- d) O trabalho realizado pelo campo elétrico para deslocar uma carga de A para C é nulo.
- e) O campo elétrico em B é mais intenso do que em A.

- 22) (Unirio-1998) Quando duas partículas eletrizadas com cargas simétricas são fixadas em dois pontos de uma mesma região do espaço, verifica-se, nesta região, um campo elétrico resultante que pode ser representado por linhas de força. Sobre essas linhas de força é correto afirmar que se originam na carga:

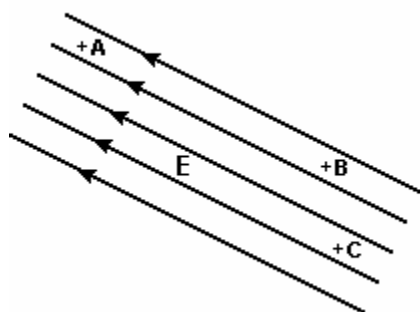
- a) Positiva e podem cruzar-se entre si.
- b) Positiva e não se podem cruzar entre si.
- c) Positiva e são paralelas entre si.
- d) Negativa e podem cruzar-se entre si.
- e) Negativa e não se podem cruzar entre si.

- 23) (PUC - MG-2007) A figura mostra um campo elétrico uniforme e três superfícies equipotenciais. Considerando-se o módulo do campo elétrico como $E = 4,0 \times 10^2 \text{ V/m}$, então o trabalho necessário para se levar uma carga $q = 1,0 \times 10^{-6} \text{ C}$ do ponto 2 até o ponto 6 pela trajetória retilínea de 2 até 5 e de 5 até 6 será de:



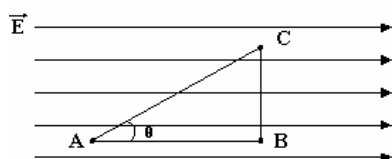
- a) $W = 40 \times 10^{-4} \text{ J}$
 b) $W = 1,0 \times 10^{-4} \text{ J}$
 c) $W = 6,0 \times 10^{-5} \text{ J}$
 d) $W = 8,0 \times 10^{-5} \text{ J}$

- 24) (UFC-1999) Considere o campo elétrico uniforme, E , representado pelo conjunto de linhas de força na figura abaixo. Sobre o potencial elétrico nos pontos A, B e C, marcados com o sinal (+), é correto afirmar que:



- a) o potencial elétrico é o mesmo em todos os pontos;
 b) o potencial elétrico do ponto A é igual ao do ponto B;
 c) o potencial elétrico do ponto A é igual ao do ponto C;
 d) o potencial elétrico do ponto B é maior que o do ponto C;
 o potencial elétrico do ponto A é menor que o do ponto B.

- 25) (UFRS-1998) Uma carga elétrica puntiforme positiva é deslocada ao longo dos três segmentos indicados na figura abaixo, AB, BC e CA, em uma região onde existe um campo elétrico uniforme, cujas linhas de força estão também representadas na figura.



Assinale a alternativa correta:

- De A até B a força elétrica realiza sobre a carga um trabalho negativo.
- De A até B a força elétrica realiza sobre a carga um trabalho nulo.
- De B até C a força elétrica realiza sobre a carga um trabalho nulo.
- De B até C a força elétrica realiza sobre a carga um trabalho igual àquele realizado entre A e B.

Gabarito:

- a) $E_p = 4,1 \times 10^{-18} J$, b) $a = 1,6 \times 10^{13} m/s^2$
- b) $V = -1440 V$
- E
- C
- E
- $v = \sqrt{12g}$
- a) $F = \frac{kQq}{d^2}$, b) $\Delta E_p = -\frac{3}{4} \frac{kQq}{d}$, c) $W = \frac{3}{4} \frac{kQq}{d}$, d) $v = \sqrt{\frac{3kQq}{2md}}$
- $d = 5 cm$
- $v = \frac{3km}{s}$
- $\frac{q_1}{q_2} = 49$
- D
- B
- E
- E
- E
- a) $V = \frac{kQ}{a}$, b) $v = \sqrt{\frac{2kQq}{ma}}$, c) $D_{max} = 2a\sqrt{3}$
- $n = 10^7 \text{ Elétrons}$
- C
- D
- D
- E
- B
- B
- E
- C

8.4 APÊNDICE D

Centro de Ensino Médio Tiradentes

Prof. Gabriel L. Debastiani

Lista de Exercícios Corrigida e Comentada: Potencial Elétrico, Superfícies Equipotenciais e Energia Potencial Elétrica.

- 1) (Fuvest-1993) Um elétron penetra numa região de campo elétrico uniforme de intensidade 90N/C , com velocidade inicial $v_0 = 3,0 \cdot 10^6\text{ m/s}$ na mesma direção e sentido do campo. Sabendo-se que a massa do elétron é igual a $9,0 \cdot 10^{-31}\text{ kg}$ e a carga do elétron é igual a $-1,6 \cdot 10^{-19}\text{ C}$, determine:
- a energia potencial elétrica no instante em que a velocidade do elétron, no interior desse campo, é nula.
 - o módulo da aceleração do elétron.

Como sabemos que a energia mecânica da partícula se conserva, temos que

$$E_{C_i} + E_{P_i} = E_{C_f} + E_{P_f},$$

onde E_{C_i} e E_{C_f} representam, respectivamente, a energia cinética inicial e final e E_{P_i} e E_{P_f} representam, respectivamente, a energia potencial inicial e final da partícula. Além disso, o enunciado informa que o elétron **penetra** numa região com campo elétrico, o que significa que inicialmente a energia potencial inicialmente é zero. A questão *a* pergunta qual é a energia potencial no momento em que a partícula para, e como sabemos que $E_C = \frac{1}{2}mv^2$, se $v = 0$, então a energia cinética também é zero. Neste caso, temos que

$$E_{C_i} = E_{P_f},$$

Então

$$E_{P_f} = \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2} * 9,1 \times 10^{-31} * (3 \times 10^6)^2 = 40,5 \times 10^{-19}\text{ J}$$

A questão *b* pergunta qual é a aceleração do elétron. Pela segunda lei de Newton, sabemos que $F_R = ma$, onde F_R é a força resultante, m a massa do elétron e a a aceleração. Neste caso, a única força que atua sobre o elétron é a força elétrica, que pode ser escrita como $F = qE$, ou seja,

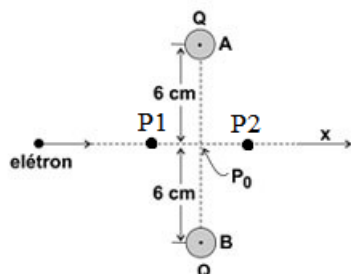
$$F = qE = ma,$$

Então

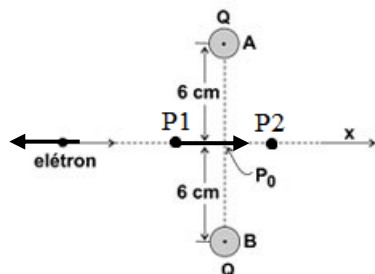
$$a = \frac{qE}{m} = \frac{1,6 \times 10^{-19} * 90}{9 \times 10^{-31}} = 1,6 \times 10^{13}\text{ m/s}^2$$

- 2) (FUVEST-2008) Duas pequenas esferas iguais, A e B, carregadas, cada uma, com uma carga elétrica Q

igual a $-4,8 \times 10^{-9} \text{C}$, estão fixas e com seus centros separados por uma distância de 12 cm. Deseja-se fornecer energia cinética a um elétron, inicialmente muito distante das esferas, de tal maneira que ele possa atravessar a região onde se situam essas esferas, ao longo da direção x, indicada na figura, mantendo-se equidistante das cargas.



- a. Esquematize, na figura da página de respostas, a direção e o sentido das forças resultantes F_1 e F_2 , que agem sobre o elétron quando ele está nas posições indicadas por P_1 e P_2 .



- b. Calcule o potencial elétrico V , em volts, criado pelas duas esferas no ponto P_0 .

Como o potencial elétrico é dado por

$$V = k \frac{Q}{d}$$

E que $V_{Tot} = V_A + V_B$, onde V_{Tot} é o potencial total no ponto, então

$$V_{Tot} = k \frac{Q_A}{d_A} + k \frac{Q_B}{d_B}$$

Como $Q_A = Q_B$ e $d_A = d_B$, então

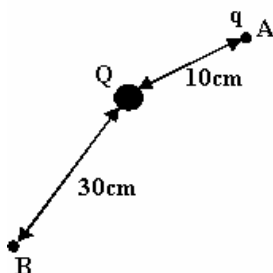
$$V_{tot} = 2k \frac{Q}{d} = 2 * 9 \times 10^9 * \frac{(-4,8 \times 10^{-9})}{0,06} = -1440V$$

- c. Estime a menor energia cinética E , que deve ser fornecida ao elétron, para que ele ultrapasse o ponto P_0 e atinja a região à direita de P_0 na figura.

Como a energia potencial em um ponto pode ser dada por $E_p = qV$, então sabemos que a energia potencial no ponto P_0 é $E_p = 1,6 \times 10^{-19} * (-1440) = 2,304 \times 10^{-16} \text{J}$. Como o enunciado diz que o elétron está inicialmente muito distante, então consideramos que $E_{p_i} = 0$. Ou seja, para que o elétron passe pelo ponto P_0 é necessário que ele ainda tenha energia cinética, indicando que a $E_{c_i} >$

$$2,304 \times 10^{-16} J.$$

- 3) (Mack-1996) Na figura a seguir, $Q = 20 \mu C$ e $q = 1,5 \mu C$ são cargas puntiformes no vácuo. O trabalho realizado pela força elétrica em levar a carga q do ponto A para o B é:



- a. 1,8 J
b. 2,7 J
c. 3,6 J
d. 4,5 J
e. 5,4 J

O trabalho realizado pela força elétrica é dado por $\tau = q(V_A - V_B)$, e como $V = k Q/d$, então

$$V = 1,5 \times 10^{-6} * \left(9 \times 10^9 * \frac{20 \times 10^{-6}}{0,1} - 9 \times 10^9 * \frac{20 \times 10^{-6}}{0,3} \right) = 1,8 J$$

- 4) (Mack-1998) Um corpúsculo de 0,2 g eletrizado com carga de $80 \cdot 10^{-6} C$ varia sua velocidade de 20 m/s para 80 m/s ao ir do ponto A para o ponto B de um campo elétrico. A d.d.p. entre os pontos A e B desse campo elétrico é de:

- a) 9000 V
b) 8500 V
c) 7500 V
d) 3000 V
e) 1500 V

Como a energia se conserva, sabemos que $E_{C_i} + E_{P_i} = E_{C_f} + E_{P_f}$, e que $\Delta E_p = -q(V_A - V_B) = -qU$ onde U é a diferença de potencial elétrico (ddp), então

$$\Delta E_C = E_{C_f} - E_{C_i} = -\Delta E_p = -qU,$$

Ou seja,

$$\frac{1}{2} * 0,2 \times 10^{-3} * 20^2 - \frac{1}{2} * 0,2 \times 10^{-3} * 80^2 = -qU$$

$$U = \frac{\left(\frac{1}{2} * 0,2 \times 10^{-3} * (400 - 6400)\right)}{80 \times 10^{-6}} = 7500V$$

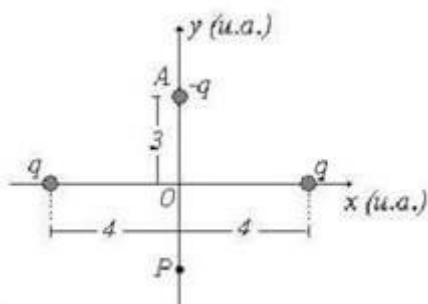
- 5) (PUC - RJ-2008) Uma carga positiva puntiforme é liberada a partir do repouso em uma região do espaço onde o campo elétrico é uniforme e constante.

Se a partícula se move na mesma direção e sentido do campo elétrico, a energia potencial eletrostática do sistema

- f) aumenta e a energia cinética da partícula aumenta.
- g) diminui e a energia cinética da partícula diminui.
- h) e a energia cinética da partícula permanecem constantes.
- i) aumenta e a energia cinética da partícula diminui.
- j) diminui e a energia cinética da partícula aumenta.**

Se a partícula tem carga positiva e se move na mesma direção e sentido do campo elétrico, então o potencial dela diminui. Se o potencial diminui, a energia potencial também diminui. Se a energia potencial diminui, então a energia cinética obrigatoriamente tem que aumentar, visto que a energia se conserva.

- 6) (UFC-2009) Na figura abaixo, é mostrada uma distribuição de três partículas carregadas (duas com carga positiva e uma com carga negativa) localizadas ao longo dos eixos perpendiculares de um dado sistema de referência. Todas as distâncias estão em unidades arbitrárias (u.a.). As cargas positivas, ambas iguais a q , estão fixas nas coordenadas (x,y) , iguais a $(4,0)$ e $(-4,0)$. A carga negativa, igual a $-q$, está localizada, inicialmente em repouso, no ponto A, cujas coordenadas são $(0,3)$. A aceleração da gravidade local é constante (módulo g) e aponta no sentido negativo do eixo y do sistema de referência, que está na vertical. Todas as partículas possuem a mesma massa m . A constante eletrostática no meio em que as partículas carregadas estão imersas é K .



Determine o módulo da velocidade com que a partícula com carga negativa chega ao ponto P, localizado pelas coordenadas $(x,y) = (0,-3)$.

Como no ponto $(0,-3)$ o potencial elétrico é exatamente igual ao do ponto $(0,3)$, então o movimento foi causado pela aceleração gravitacional. Pela Equação de Torricelli, temos que

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta s,$$

E como a velocidade inicial é nula, a aceleração é a aceleração gravitacional e o deslocamento é a distância entre o ponto inicial e o final, então, isolando v_f :

$$v = \sqrt{2g * 6} = \sqrt{12g}$$

- 7) (UFES-1996) Uma partícula de massa "m" e carga elétrica "q", positiva, é abandonada a uma distância "d" de outra partícula cuja carga elétrica é "Q", positiva, e que está fixa em um ponto. Considere as partículas apenas sob interação elétrica, no vácuo, onde a constante da lei de Coulomb vale K_0 .
- e) Calcule o módulo da força elétrica que atua na carga "q" quando ela é abandonada e indique, em uma figura, a direção e o sentido dessa força.

Pela lei de Coulomb, $F = \frac{kQq}{d}$, e como as cargas têm mesmo sinal, então a força é repulsiva.

- f) Qual será a variação da energia potencial do sistema, entre o abandono e o instante em que a distância entre as partículas for igual a $4d$?

Como a variação da energia potencial é dada por $\Delta E_p = -q(V_A - V_B)$, e como $V = \frac{kQ}{d}$, então

$$\Delta E_p = -kQq \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{4d} \right) = -\frac{3kQq}{4d}$$

- g) Qual será o trabalho da força elétrica sobre a partícula de carga "q", entre o abandono e o instante em que a distância entre as partículas for igual a $4d$?

Como $\tau = -\Delta E_p$, então $\tau = \frac{3kQq}{4d}$.

- h) Qual será a velocidade da partícula de carga "q", quando a distância entre as partículas for $4d$?

Como $\Delta E_c = \Delta E_p$, e como a partícula é abandonada, então sua energia cinética inicial é zero, logo

$$\begin{aligned} E_{c_f} - E_{c_i} &= E_{c_f} = \frac{3kQq}{4d} \\ \frac{1}{2}mv^2 &= \frac{3kQq}{4d} \\ v &= \sqrt{\frac{3kQq}{2md}} \end{aligned}$$

- 8) Um elétron com energia cinética de $2,4 \times 10^{-16} \text{ J}$ entra em uma região de campo elétrico uniforme, cuja intensidade é $3,0 \times 10^4 \text{ N/C}$. O elétron descreve uma trajetória retilínea, invertendo o sentido do seu movimento após percorrer uma certa distância. Calcule o valor desta distância, em **cm**.

Se o elétron entra em uma região com campo elétrico, então inicialmente sua energia era unicamente cinética. Como a variação da energia cinética é igual ao trabalho para movimentar o elétron, então

$$E_{c_i} = \tau$$

Como o trabalho realizado pela força elétrica pode ser escrito como $\tau = \vec{F} \cdot \vec{d} = qEd$, então

$$d = \frac{E_{c_i}}{qE} = \frac{2,4 \times 10^{-16}}{3 \times 10^4 * 1,6 \times 10^{-19}} = 0,05m = 5cm$$

- 9) (UFPE-1995) Uma partícula de massa igual a 10g e carga igual a $10^{-3} C$ é solta com velocidade inicial nula a uma distância de 1m de uma partícula fixa e carga $Q = 10^{-2} C$. Determine a velocidade da partícula livre quando ela encontra-se a 2m da partícula fixa, em km/s.

Como $\Delta E_c = -\Delta E_p$, e como a velocidade inicial é nula, então

$$E_{c_f} = \frac{1}{2}mv^2 = -(E_{p_f} - E_{p_i}) = \frac{kQq}{d_A} - \frac{kQq}{d_B}$$

$$v = \sqrt{\frac{2kQq}{m} \left(\frac{1}{d_A} - \frac{1}{d_B} \right)} = \sqrt{\left(\frac{2 * 9 \times 10^9 * 10^{-2} * 10^{-3}}{10 \times 10^{-3}} \right) \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{2} \right)} = \frac{3000m}{s} = 3km/s$$

- 10) (UFPE-1996) Duas partículas de mesma massa M e cargas diferentes são aceleradas a partir do repouso por uma mesma diferença de potencial V. Se suas velocidades finais estão na razão $v_1/v_2=7$, qual a relação q_1/q_2 entre suas cargas?

Como $\tau = \frac{1}{2}mv^2 = q(V_A - V_B) = qU$, então

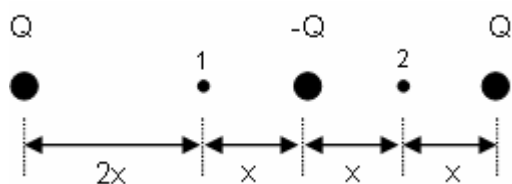
$$\begin{cases} q_1 U = \frac{1}{2} m v_1^2 \\ q_2 U = \frac{1}{2} m v_2^2 \end{cases}'$$

Então, dividindo uma equação pela outra temos que

$$\frac{q_1 U}{q_2 U} = \frac{\frac{1}{2} m v_1^2}{\frac{1}{2} m v_2^2} = \frac{q_1}{q_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^2 = 7^2$$

Logo, $\frac{q_1}{q_2} = 7^2 = 49$

- 11) (AFA-2001) A figura abaixo mostra três cargas pontuais. Em relação aos potenciais dos pontos 1 e 2, V_1 e V_2 , respectivamente, podemos dizer que:



- a. $V_1 = V_2$
- b. $V_1 > V_2$
- c. $V_2 = V_1^2$
- d. $V_2 > V_1$

Como sabemos que existe a superposição de potenciais, então temos de calcular individualmente cada um dos potenciais. Deste modo, sabemos que no ponto 1 o potencial será dado por

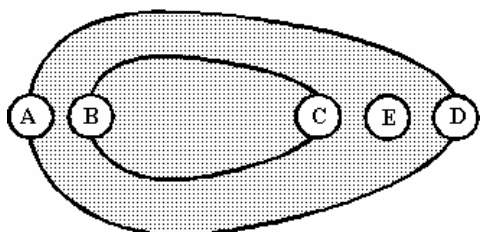
$$V_1 = \frac{kQ}{2x} + \frac{k(-Q)}{x} + \frac{kQ}{3x} = -\frac{1}{6} \frac{kQ}{x}$$

E

$$V_2 = \frac{kQ}{4x} + \frac{k(-Q)}{x} + \frac{kQ}{x} = \frac{1}{4} \frac{kQ}{x},$$

Logo, $V_2 > V_1$.

- 12) (Faap-1996) A figura mostra, em corte longitudinal, um objeto metálico oco, eletricamente carregado. Em qual das regiões assinaladas há maior concentração de carga?



- f) E
- g) D**
- h) C
- i) B
- j) A

Como o campo elétrico é mais intenso próximo às pontas, então há uma maior concentração de cargas nessas regiões. Além disso, as cargas elétricas se distribuem na superfície externa no material, logo, o como D é mais pontiagudo do que A, há maior concentração de carga em D.

13) (FGV-2005) Com respeito à eletrodinâmica, analise:

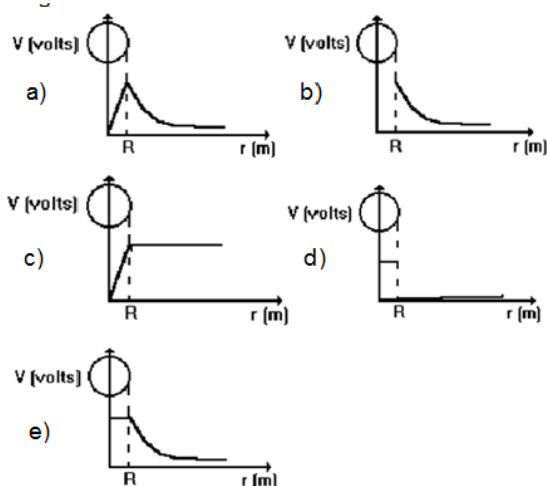
- IV. Tomando-se a mesma carga elétrica, isolada de outra qualquer, entre os módulos do campo elétrico e do potencial elétrico em um mesmo ponto do espaço, o primeiro sofre uma diminuição mais rápida que o segundo, conforme se aumenta a distância até a carga.
- V. Comparativamente, a estrutura matemática do cálculo da força elétrica e da força gravitacional são idênticas. Assim como as cargas elétricas estão para as massas, o campo elétrico está para a aceleração da gravidade.
- VI. Uma diferença entre os conceitos de campo elétrico resultante e potencial elétrico resultante é que o primeiro obtém-se vetorialmente, enquanto o segundo é obtido por uma soma aritmética de escalares.

É correto o contido em

- f) I, apenas.
 g) II, apenas..
 h) I e III, apenas.
 i) II e III, apenas.
 j) **I, II e III**

- Como o Campo Elétrico é dado por $E = \frac{kQ}{d^2}$ e o Potencial elétrico é dado por $V = \frac{kQ}{d}$, quando se dobra a distância para $2d$, por exemplo, $E = \frac{kQ}{(2d)^2} = \frac{kQ}{4d^2}$ e $V = \frac{kQ}{d}$, ou seja, o campo elétrico diminui mais rapidamente do que o potencial elétrico.
- Como a força gravitacional pode ser escrita como $F_G = \frac{GMm}{d^2} = mg$ e a força elétrica como $F_E = \frac{kQq}{d^2} = qE$, então temos a aceleração gravitacional é análoga ao campo elétrico e a carga elétrica à massa.
- Se trata de uma propriedade do potencial elétrico: potencial elétrico é uma grandeza escalar enquanto o campo elétrico é uma grandeza vetorial, logo a superposição de potenciais é uma soma de escalares e a superposição de campos elétricos é uma soma vetorial.

14) (FURG) Uma esfera condutora isolada está eletricamente carregada. Qual dos gráficos abaixo está condizente com a afirmativa acima?



Se trata de uma propriedade do potencial elétrico. O potencial elétrico é constante no interior de objetos carregados. Deste modo, a alternativa é a correta, pois o potencial decai com a distância e se mantém constante no mesmo valor que apresenta na superfície.

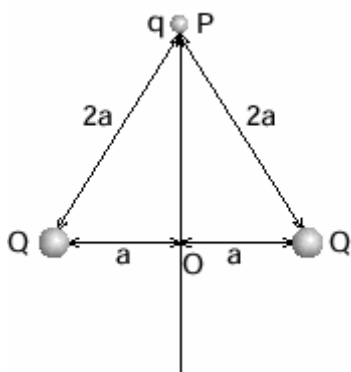
15) (FMTM-2003) O planeta Terra é um grande condutor esférico eletrizado negativamente com carga avaliada em $5,8 \times 10^5$ C. Seu raio é de aproximadamente $6,4 \times 10^3$ km. Se o considerarmos isolado do universo, seu potencial elétrico será, em relação a um referencial no infinito, aproximadamente igual a:

- a. -9×10^2 V
- b. -6×10^4 V
- c. -1×10^6 V
- d. -4×10^7 V
- e. -8×10^8 V

O potencial elétrico no interior da Terra é exatamente igual ao potencial em qualquer ponto da sua superfície. Deste modo,

$$V = \frac{kQ}{d} = 9 \times 10^9 * \frac{(-5,8 \times 10^5)}{6,4 \times 10^6} = -8,16 \times 10^8 V$$

16) (Fuvest-2001) Duas pequenas esferas, com cargas positivas e iguais a Q, encontram-se fixas sobre um plano, separadas por uma distância $2a$. Sobre esse mesmo plano, no ponto P, a uma distância $2a$ de cada uma das esferas, é abandonada uma partícula com massa m e carga q negativa. Desconsidere o campo gravitacional e efeitos não eletrostáticos.



Determine, em função de Q, K, q, m e a,

d) A diferença de potencial eletrostático $V = V_O - V_P$, entre os pontos O e P.

Como há duas cargas iguais e equidistantes dos pontos V_O e V_P , então

$$V = V_0 - V_p = 2 \left(\frac{kQ}{a} - \frac{kQ}{2a} \right) = \frac{kQ}{a}$$

e) A velocidade v com que a partícula passa por O.

A velocidade adquirida vem da energia potencial elétrica que é convertida, deste modo,

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}mv^2 &= qV \\ v &= \sqrt{\frac{2qV}{m}} = \sqrt{\frac{2kQq}{ma}} \end{aligned}$$

f) A distância máxima D_{\max} , que a partícula consegue afastar-se de P.

Como a força é atrativa, então a distância máxima que a partícula se afastará de P será o ponto em que ela tem exatamente o mesmo potencial elétrico. Deste modo, como ela se encontra a uma distância de $a\sqrt{3}$, então a distância máxima será $2a\sqrt{3}$.

17) (Fuvest-1992) Uma esfera condutora de raio igual a 1,6cm, inicialmente neutra, tem massa igual a 2,13225 g quando medida numa balança eletrônica digital de grande precisão. (Adote: constante elétrica no ar: $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$). Supondo a esfera neutra, que quantidade de elétrons deve ser retirada desta esfera para que o potencial elétrico em seu interior, seja de 0,90 volts? Dado: carga do elétron = $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Como o potencial elétrico no interior da esfera é dado por $V = \frac{kQ}{d}$, onde d é a distância do centro até a superfície. Como a carga é dada pelo excesso de elétrons, então $Q = nq$, onde n é o número de elétrons e q a carga elétrica do elétron. Logo,

$$V = \frac{knq}{d}$$

$$n = \frac{dV}{kq} = \frac{0,016 * 0,90}{9 * 10^9 * 1,6 * 10^{-19}} = 10^7 \text{ elétrons}$$

18) (Mack-1998) Num ponto A do universo, constata-se a existência de um campo elétrico E de intensidade $9,0 \times 10^5 \text{ N/C}$, devido exclusivamente a uma carga puntiforme Q situada a 10 cm dele. Num outro ponto B, distante 30 cm da mesma carga, o vetor campo elétrico tem intensidade $1,0 \cdot 10^5 \text{ N/C}$. A d.d.p. entre A e B é

- f) $1,8 \times 10^4 \text{ V}$
- g) $2,0 \times 10^4 \text{ V}$
- h) $6,0 \times 10^4 \text{ V}$**
- i) $6,0 \times 10^5 \text{ V}$
- j) $8,0 \times 10^5 \text{ V}$

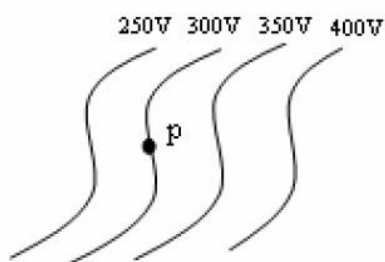
Como o campo elétrico se relaciona com o potencial pela equação

$$V = \frac{kQ}{d} = \frac{kQ}{d^2} d = Ed,$$

Então

$$V_A - V_B = E_A d_A - E_B d_B = 9 \times 10^5 * 0,1 - 1 \times 10^5 * 0,3 = 6 \times 10^4 V$$

- 19) (UECE-2000) Em uma região do espaço existe uma distribuição de cargas que causam um campo elétrico representado na figura através de suas linhas equipotenciais.

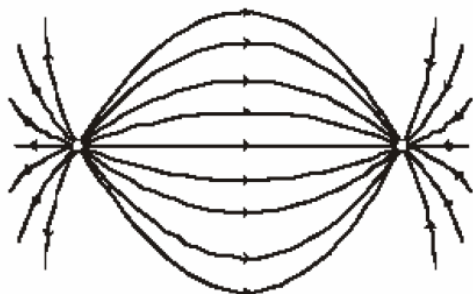


Se colocarmos um próton com velocidade nula sobre a equipotencial de 300V ele:

- e) Permanecerá parado.
- f) Se deslocará ao longo da mesma equipotencial.
- g) Se deslocará para a equipotencial de 350V.
- h) Se deslocará para a equipotencial de 250V.**

Como as linhas de força (ou linhas de campo) são perpendiculares às linhas equipotenciais e apontam no sentido de diminuição do potencial elétrico, então o elétron se moverá na direção da linha equipotencial de 250V.

- 20) (UFF-2001) Estão representadas, a seguir, as linhas de força do campo elétrico criado por um dipolo.



Considerando-se o dipolo, afirma-se:

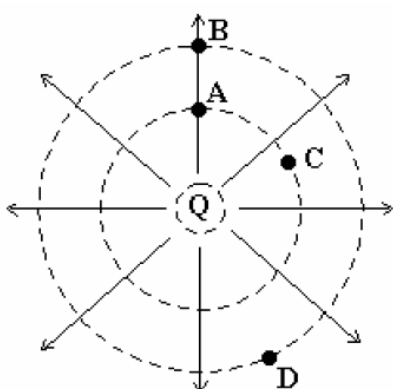
- IV. A representação das linhas de campo elétrico resulta da superposição dos campos criados pelas cargas puntiformes.
- V. O dipolo é composto por duas cargas de mesma intensidade e sinais contrários.
- VI. O campo elétrico criado por uma das cargas modifica o campo elétrico criado pela outra.

Com relação a estas afirmativas, conclui-se:

- f) Apenas a I é correta.
- g) Apenas a II é correta.
- h) Apenas a III é correta.
- i) Apenas a I e a II são corretas.**
- j) Apenas a II e a III são corretas.

1. Verdadeira. Propriedade do campo elétrico.
2. Como as linhas são simétricas é verdade. Se as linhas fossem assimétricas as cargas teriam intensidade diferentes.
3. Falso. O campo elétrico de um não modifica o campo elétrico da outra, apenas ocorre a soma vetorial dos campos elétricos individuais.

- 21) (UFV-1996) Na figura estão representadas algumas linhas de força do campo criado pela carga Q . Os pontos A, B, C, e D estão sobre circunferências centradas na carga. Assinale a alternativa FALSA:



- f) Os potenciais elétricos em A e C são iguais.
- g) O potencial elétrico em A é maior do que em D.
- h) Uma carga elétrica positiva colocada em A tende a se afastar da carga Q .
- i) O trabalho realizado pelo campo elétrico para deslocar uma carga de A para C é nulo.
- j) O campo elétrico em B é mais intenso do que em A.**

Como as linhas de força são no sentido de afastamento, então a carga Q é positiva. Sendo assim, o campo elétrico é mais intenso nas proximidades da carga.

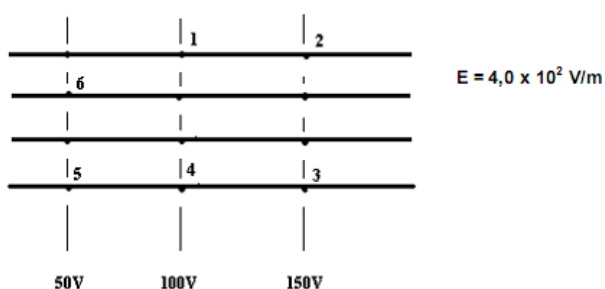
- 22) (Unirio-1998) Quando duas partículas eletrizadas com cargas simétricas são fixadas em dois pontos de uma mesma região do espaço, verifica-se, nesta região, um campo elétrico resultante que pode ser representado por linhas de força. Sobre essas linhas de força é correto afirmar que se originam na carga:

- f) Positiva e podem cruzar-se entre si.
- g) Positiva e não se podem cruzar entre si.**

- h) Positiva e são paralelas entre si.
 i) Negativa e podem cruzar-se entre si.
 j) Negativa e não se podem cruzar entre si.

Como as linhas de força representam o sentido que apontaria a força resultante sobre uma partícula eletrizada positivamente, então elas nunca podem se cruzar, pois isso indicaria que haveria um ponto no espaço em que haveria duas forças resultantes, o que não faz sentido.

- 23) (PUC - MG-2007) A figura mostra um campo elétrico uniforme e três superfícies equipotenciais. Considerando-se o módulo do campo elétrico como $E = 4,0 \times 10^2 \text{ V/m}$, então o trabalho necessário para se levar uma carga $q = 1,0 \times 10^{-6} \text{ C}$ do ponto 2 até o ponto 6 pela trajetória retilínea de 2 até 5 e de 5 até 6 será de:

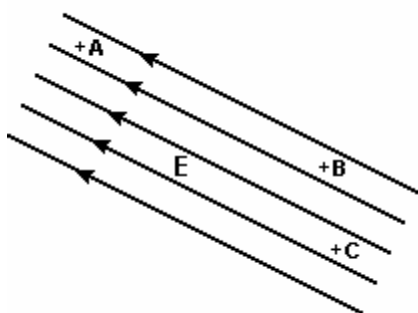


- a. $W = 40 \times 10^{-4} \text{ J}$
 b. $W = 1,0 \times 10^{-4} \text{ J}$
 c. $W = 6,0 \times 10^{-5} \text{ J}$
 d. $W = 8,0 \times 10^{-5} \text{ J}$

Como o trabalho independe do caminho e pode ser escrito como $\tau = q(V_2 - V_6)$, então

$$\tau = 1 \times 10^{-6}(150 - 50) = 10^{-4} \text{ J}$$

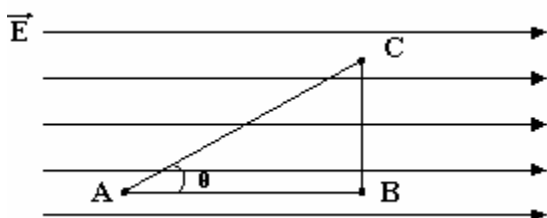
- 24) (UFC-1999) Considere o campo elétrico uniforme, E , representado pelo conjunto de linhas de força na figura abaixo. Sobre o potencial elétrico nos pontos A, B e C, marcados com o sinal (+), é correto afirmar que:



- e) o potencial elétrico é o mesmo em todos os pontos;
- f) o potencial elétrico do ponto A é igual ao do ponto B;
- g) o potencial elétrico do ponto A é igual ao do ponto C;
- h) o potencial elétrico do ponto B é maior que o do ponto C;
- i) o potencial elétrico do ponto A é menor que o do ponto B.**

Como as linhas de campo partem de cargas positivas e se dirigem às cargas negativas, o sentido do campo elétrico indica o sentido de DIMINUIÇÃO do potencial elétrico. Sendo assim, $V_C > V_B > V_A$.

- 25) (UFRS-1998) Uma carga elétrica puntiforme positiva é deslocada ao longo dos três segmentos indicados na figura abaixo, AB, BC e CA, em uma região onde existe um campo elétrico uniforme, cujas linhas de força estão também representadas na figura.



Assinale a alternativa correta:

- e) De A até B a força elétrica realiza sobre a carga um trabalho negativo.
- f) De A até B a força elétrica realiza sobre a carga um trabalho nulo.
- g) De B até C a força elétrica realiza sobre a carga um trabalho nulo.**
- h) De B até C a força elétrica realiza sobre a carga um trabalho igual àquele realizado entre A e B.

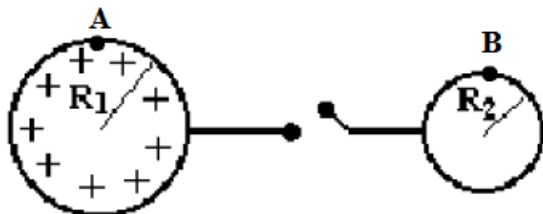
Como de B a C a trajetória é perpendicular ao campo elétrico, o trabalho, $\tau = Fd \cos \theta$ é nulo, uma vez que o ângulo entre o deslocamento e a força é 90° .

8.5 APÊNCIDE E



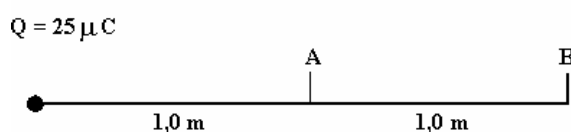
DEPARTAMENTO DE ENSINO - COLÉGIO TIRADENTE - BRIGADA MILITAR
 NOME DO(A) ALUNO(A): _____ Nº _____ TURMA: _____
 DATA: _____ TRIMESTRE: Primeiro VALOR ATRIBUÍDO: 1,0
 COMP. CURRICULAR: FÍSICA SÉRIE: 3º ANO TESTE
 PROFESSOR: Gabriel L. Debastiani RESULTADO OBTIDO: _____

- 1) Por que corpos eletrizados, quando em equilíbrio, apresentam superfícies equipotenciais? O que aconteceria caso a superfície não fosse equipotencial?
- 2) Observe a figura:



Após ligada a chave as duas esferas terão o mesmo potencial elétrico. Em que ponto o campo elétrico é mais intenso? Por quê?

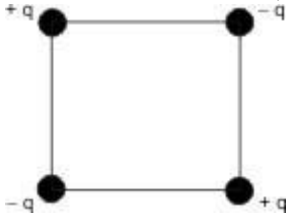
- 3) Uma partícula eletrizada com carga $q = 1 \mu\text{C}$ e massa 1g é abandonada em repouso, no vácuo, num ponto A distante $1,0\text{ m}$ de outra carga $Q = 25\mu\text{C}$, fixa. Qual será a velocidade da partícula, em m/s , quando passa pelo ponto B, distante $1,0\text{ m}$ de A?



- 4) Uma partícula de massa $20\mu\text{g}$ e carga $1\mu\text{C}$ é lançada, com velocidade de 200m/s , contra uma carga fixa de $2\mu\text{C}$. O lançamento é realizado no vácuo e de um ponto muito afastado da carga fixa. Desprezando as ações gravitacionais, qual será a menor distância entre as cargas?
- 5) 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 $9,0\text{kN/C}$. Se o meio é o vácuo ($k_0 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$) o valor dessa carga é:

- a) $4,0\mu\text{C}$
- b) $3,0\mu\text{C}$
- c) $2,0\mu\text{C}$
- d) $1,0\mu\text{C}$
- e) $0,5\mu\text{C}$

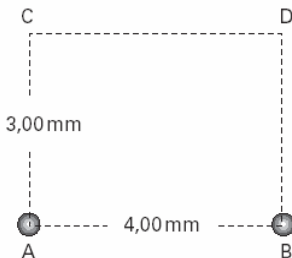
- 6) Um quadrado de lado a contém, em cada um de seus vértices, cargas elétricas, como mostra a figura.



- a) Qual é o valor do potencial elétrico no centro do quadrado?
 b) Qual é o valor do campo elétrico no centro do quadrado?

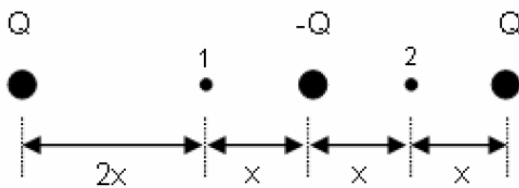
Dica: não tente realizar nenhuma conta. Apenas argumente utilizando a posição de cada umas das cargas.

- 7) Nos vértices A e B do retângulo ilustrado abaixo estão fixas as cargas elétricas puntiformes $Q_A = 3,0 \times 10^{-2} \mu C$ e $Q_B = 6,0 \times 10^{-2} \mu C$, respectivamente.



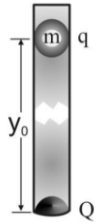
Considerando que o evento ocorre no vácuo ($k_0 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$) e que o potencial elétrico de referência corresponde ao de um ponto muito distante, a diferença de potencial elétrico entre os pontos C e D é de:

- 8) A figura abaixo mostra três cargas pontuais. Qual é o valor de V_1/V_2 , sabendo que V_1 e V_2 são o potencial elétrico nos pontos 1 e 2, respectivamente?

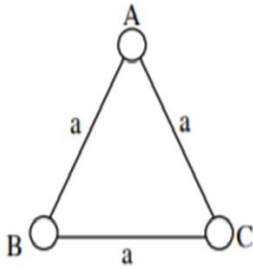


8.6 APÊNDICE F

1) Uma pequena partícula puntiforme de massa m , que possui carga q , é restrita a mover-se verticalmente no interior de um cilindro estreito e sem atrito. Na parte inferior do cilindro há uma partícula puntiforme com carga Q , de mesmo sinal que q . Sabendo que há força gravitacional atuando no sistema, qual será a altura de equilíbrio?



2) Nos vértices de um triângulo equilátero estão localizadas três cargas iguais. Determine a força (direção, módulo e sentido) na carga q que está localizada em A.

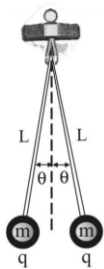


3) Duas pequenas esferas condutoras de massa m são suspensas de um ponto comum por um fio de comprimento L . Quando cada uma das esfera possui uma carga q , o ângulo entre os fios e a direção vertical é igual a θ , conforme a figura.

a) Qual é o valor da carga q em função de m ,

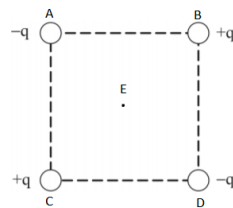
L e θ ?

b) Se uma das esferas adquiriu esse valor de carga após entrar em contato uma com a outra, o que podemos dizer sobre as cargas de cada uma das esferas, inicialmente?

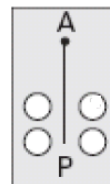


4) Quatro partículas de mesma carga são arranjadas nos vértices de um quadrado de lado L , conforme mostrado na figura.

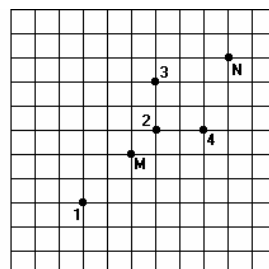
- a) Qual é a força (vetor) sobre a partícula D ?
- b) Quanto vale o (vetor) campo elétrico no ponto médio de um dos lados do quadrado?
- c) Qual seria o trabalho realizado para mover a carga $-q$ de A até B?
- d) Considerando que a partícula A parte do repouso e se move de A até E (centro do quadrado), qual é o módulo da sua velocidade no ponto E?



5) (Fuvest – 2006 – Adaptada) Um pequeno objeto, com carga elétrica positiva, é largado da parte superior de um plano inclinado, no ponto A, e desliza, sem ser desviado, até atingir o ponto P. Sobre o plano, estão fixados 4 pequenos discos com cargas elétricas de mesmo módulo. A figura representa os discos, vendo-se o plano de cima. Quais são os possíveis sinais das cargas para que isto ocorra?

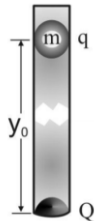


6) (PUC-Camp-1995 - Adaptada) Duas cargas elétricas $+Q$ e $-9Q$ estão localizadas, respectivamente, nos pontos M e N indicados no esquema a seguir. Considerando os pontos 1, 2, 3 e 4 marcados no esquema, o campo elétrico resultante da ação dessas cargas elétricas em cada um deles é:



8.7 APÊNDICE G

- 1) Uma pequena partícula puntiforme de massa m , que possui carga q , é restrita a mover-se verticalmente no interior de um cilindro estreito e sem atrito. Na parte inferior do cilindro há uma partícula puntiforme com carga Q , de mesmo sinal que q . Sabendo que há força gravitacional atuando no sistema, qual será a altura de equilíbrio?



Quando um corpo está em equilíbrio a resultante das forças que atuam no corpo é nula, e como neste caso só há duas forças atuando (gravitacional e elétrica), as duas forças deverão possuir mesmo módulo e direção, mas sentidos contrários. Note que isto faz sentido, uma vez que as cargas q e Q apresentam mesmo sinal, logo a interação elétrica é repulsiva.

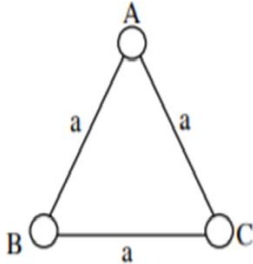
Deste modo,

$$mg = \frac{kQq}{y_0^2}$$

Onde, isolando y_0 ,

$$y_0 = \sqrt{\frac{kQq}{mg}}$$

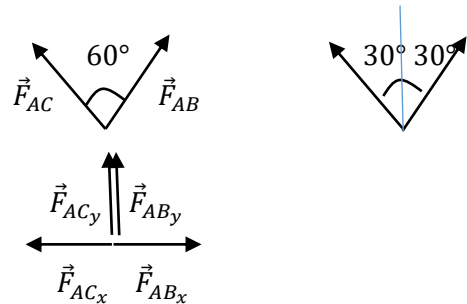
- 2) Nos vértices de um triângulo equilátero estão localizadas três cargas iguais de módulo q . Determine a força (direção, módulo e sentido) na carga q que está localizada em A.



Como o triângulo é equilátero, o módulo das forças F_{AB} e F_{AC} entre as cargas AB e AC é igual a

$$|\vec{F}_{AB}| = |\vec{F}_{AC}| = \frac{Kq^2}{a^2}$$

Como as forças são repulsivas e as cargas são simetricamente distribuídas, devemos dividir as forças em suas componentes horizontais e verticais.



Onde temos que

$$\vec{F}_{ACy} = |\vec{F}_{AC}| \cdot \cos 30^\circ$$

$$\vec{F}_{ABy} = |\vec{F}_{AB}| \cdot \cos 30^\circ$$

$$\vec{F}_{ACx} = -|\vec{F}_{AC}| \cdot \sin 30^\circ$$

$$\vec{F}_{ABx} = |\vec{F}_{AB}| \cdot \sin 30^\circ$$

Ou seja,

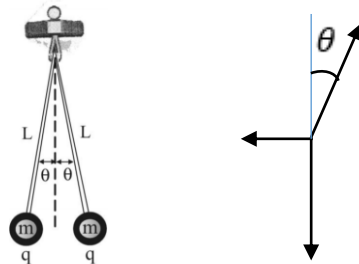
$$\vec{F}_{ACx} + \vec{F}_{ABx} = 0$$

$$\vec{F}_{ACy} + \vec{F}_{ABy} = 2 \frac{kq^2}{a^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}kq^2}{a^2}$$

Onde a resultante das forças aponta verticalmente para cima.

- 3) Duas pequenas esferas condutoras de massa m são suspensas de um ponto comum por um fio de comprimento L . Quando cada uma das esfera possui uma carga q , o ângulo entre os fios e a direção vertical é igual a θ , conforme a figura.

- a) Se as esferas estiverem em repouso, qual é o valor da carga q em função de m , L e θ ?
 b) Se uma das esferas estava neutra e adquiriu esse valor de carga após entrar em contato uma com a outra, o que podemos dizer sobre a carga da outra esfera, inicialmente?



Como as cargas estão em repouso, a resultante das forças que atuam sobre ela é nula. Nesta situação, temos três forças atuando sobre a esfera: a força gravitacional, a força elétrica e a tração do fio.

Deste modo, análogo à questão 1 e 2, temos de projetar as forças na horizontal e na vertical e igualar seus módulos para que elas estejam em equilíbrio. Ou seja:

$$\begin{cases} \frac{kq^2}{d^2} = T \sin \theta \\ mg = T \cos \theta \end{cases}$$

Onde $\frac{d/2}{L} = \sin \theta$ (pela imagem)

Isolando T na equação de baixo obtemos que

$$T = \frac{mg}{\cos \theta}$$

Ou seja:

$$\frac{kq^2}{(2L \sin \theta)^2} = mg \tan \theta$$

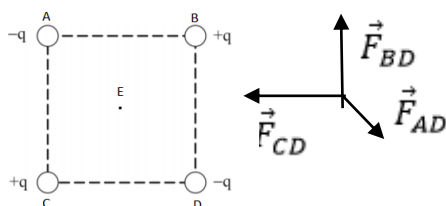
Isolando q :

$$q = 2L \sin \theta \sqrt{\frac{mg \tan \theta}{k}}$$

Se uma das esferas adquiriu este valor de carga após entrar em contato com a outra, inicialmente uma das esferas estava carregada com duas vezes o de q (calculado no item *a*), pois as cargas elétricas se conservam.

4) Quatro partículas de mesma carga são arranjadas nos vértices de um quadrado de lado L , conforme mostrado na figura.

- e) Qual é a força (vetor) sobre a partícula **D**?
- f) Quanto vale o (vetor) campo elétrico no ponto médio de um dos lados do quadrado?
- g) Qual seria o trabalho realizado para mover a carga $-q$ de A até E?
- h) Considerando que a partícula A parte do repouso e se move de A até E (centro do quadrado), qual é o módulo da sua velocidade no ponto E?



a) Como a distância entre as partículas presentes em B e C estão à mesma distância de D, então o módulo das

forças que atuam sobre ela são iguais. Como a distância entre elas é L , então o módulo da força entre elas será

$$|\vec{F}_{BD}| = |\vec{F}_{CD}| = \frac{kq^2}{L^2}$$

Como as cargas possuem sinais opostos, a força é atrativa. Para sabermos o módulo da força entre as partículas em A e D, precisamos saber a distância d entre elas. Essa distância pode ser obtida pelo Teorema de Pitágoras:

$$\begin{aligned} d^2 &= L^2 + L^2 = 2L^2 \\ d &= \sqrt{2L^2} = L\sqrt{2} \end{aligned}$$

Então o módulo da força que A faz em D é dado por

$$|\vec{F}_{AD}| = \frac{kq^2}{(\sqrt{2}L)^2} = \frac{kq^2}{2L^2}$$

E é uma força repulsiva.

Como os vetores \vec{F}_{BD} e \vec{F}_{CD} são perpendiculares entre si, podemos calcular a resultante das forças (F_{ResBCD}) através do Teorema de Pitágoras:

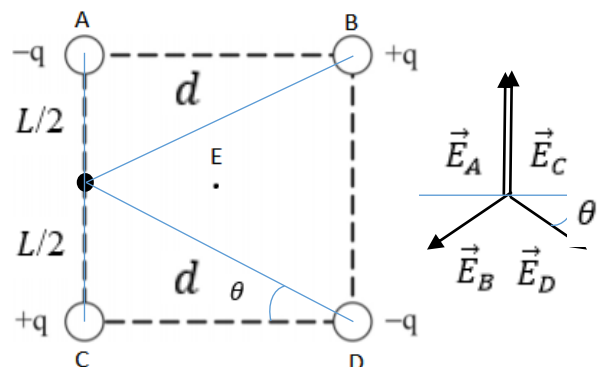
$$|\vec{F}_{ResBCD}| = \sqrt{\left(\frac{kq^2}{L^2}\right)^2 + \left(\frac{kq^2}{L^2}\right)^2} = \sqrt{2} \frac{kq^2}{L^2}$$

Que tem direção e sentido da diagonal do quadrado que sai de D em direção a A. Como os vetores \vec{F}_{ResBCD} e \vec{F}_{AD} apresentam sentidos opostos, a resultante das forças atuando na partícula que está no ponto D é

$$\vec{F}_{ResBCD} - \vec{F}_{AD} = \sqrt{2} \frac{kq^2}{L^2} - \frac{kq^2}{2L^2} = \frac{kq^2}{L^2} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right)$$

E aponta no sentido de D para A.

b) Escolhendo o ponto médio do lado que liga as partículas A e C, temos a seguinte configuração:



Onde podemos encontrar o valor de d pelo Teorema de Pitágoras:

$$d^2 = \left(\frac{L}{2}\right)^2 + L^2 = \frac{5L^2}{4}$$

$$d = \frac{\sqrt{5}L}{2}$$

Assim, o módulo dos campos elétricos gerados por cada uma das partículas é

$$|\vec{E}_A| = |\vec{E}_C| = \frac{kq}{\left(\frac{L}{2}\right)^2} = 4 \frac{kq}{L^2}$$

E

$$|\vec{E}_B| = |\vec{E}_D| = \frac{kq}{\left(\frac{\sqrt{5}L}{2}\right)^2} = \frac{4}{5} \frac{kq}{L^2}$$

Como os vetores \vec{E}_A e \vec{E}_C estão na mesma direção e sentido, a soma deles será a soma aritmética de seus módulos, e o vetor resultante apontará na mesma direção e sentido dos vetores originais. Ou seja:

$$|\vec{E}_A| + |\vec{E}_C| = 4 \frac{kq}{L^2} + 4 \frac{kq}{L^2} = 8 \frac{kq}{L^2},$$

e aponta no sentido da carga positiva para a negativa.

Como o ponto médio do lado AC é equidistante das cargas em B e D, e como elas são positiva e negativa, respectivamente, a componente horizontal delas vai se anular e a componente vertical delas se somar (analogamente à Questão 2). Deste modo, a soma das componentes verticais será

$$|\vec{E}_B| \sin \theta + |\vec{E}_D| \sin \theta = \frac{4}{5} \frac{kq}{L^2} \sin \theta + \frac{4}{5} \frac{kq}{L^2} \sin \theta$$

Ou seja,

$$|\vec{E}_B| \sin \theta + |\vec{E}_D| \sin \theta = \frac{8}{5} \frac{kq}{L^2} \cdot \left(\frac{\frac{L}{2}}{\frac{\sqrt{5}L}{2}}\right) = \frac{8}{5} \frac{kq}{L^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{5}}$$

Sendo assim, o campo elétrico resultante fica

$$|\vec{E}_{Res}| = |\vec{E}_A| + |\vec{E}_C| - |\vec{E}_B| \sin \theta + |\vec{E}_D| \sin \theta$$

$$|\vec{E}_{Res}| = \frac{8kq}{L^2} \left(1 - \frac{1}{5\sqrt{5}}\right) = \frac{8kq}{L^2} \left(1 - \frac{\sqrt{5}}{25}\right)$$

E aponta no sentido da carga positiva para a negativa.

Note que esta resposta é válida independentemente do lado escolhido. Como o lado escolhido foi o AC, então o sentido do campo elétrico é da carga positiva (C) para a negativa (A). Se tivéssemos escolhido a reta AB, o vetor resultante teria o mesmo módulo e o sentido da carga positiva (B) para a negativa (A).

c) O trabalho para mover a carga presente em A até E é dado por

$$\tau = -q(V_A - V_E)$$

O potencial no ponto A gerado pelas cargas de B, C e D é dado por

$$V_A = \frac{kq}{L} + \frac{kq}{L} + \frac{k(-q)}{\sqrt{2}L} = \frac{kq}{L} \left(2 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right)$$

O potencial no ponto E é dado por

$$V_E = \frac{kq}{\frac{\sqrt{2}L}{2}} + \frac{kq}{\frac{\sqrt{2}L}{2}} + \frac{k(-q)}{\frac{\sqrt{2}L}{2}} = \sqrt{2} \frac{kq}{L}$$

Sendo assim,

$$\tau = -q \left(\frac{kq}{L} \left(2 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right) - \sqrt{2} \frac{kq}{L} \right)$$

$$\tau = -\frac{kq^2}{L} \left(2 - 3 \frac{\sqrt{2}}{2}\right) = -\frac{kq^2}{L} \left(\frac{4 - 3\sqrt{2}}{2}\right)$$

d) Pelo Teorema Trabalho-Energia Cinética, sabemos que

$$\tau = \Delta E_C = E_{C_f} - E_{C_i}$$

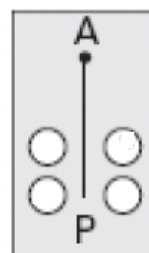
Se a partícula parte do repouso, então $E_{C_i} = 0$, logo

$$\frac{1}{2} m v^2 = -\frac{kq^2}{L} \left(\frac{4 - 3\sqrt{2}}{2}\right)$$

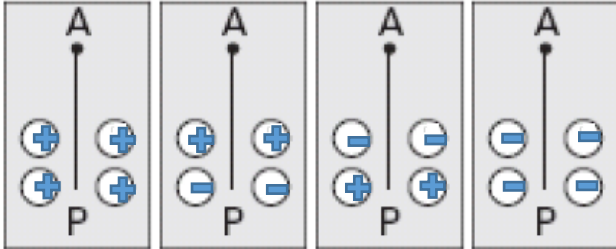
$$v^2 = \frac{kq^2}{mL} (3\sqrt{2} - 4)$$

$$v = \sqrt{\frac{kq^2}{mL} (3\sqrt{2} - 4)}$$

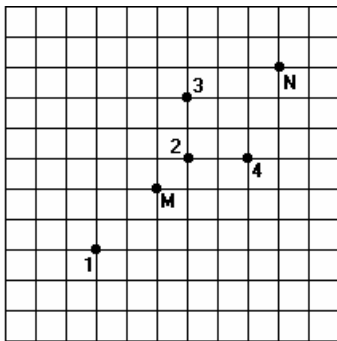
5) (Fuvest – 2006 – Adaptada) Um pequeno objeto, com carga elétrica positiva, é largado da parte superior de um plano inclinado, no ponto A, e desliza, sem ser desviado, até atingir o ponto P. Sobre o plano, estão fixados 4 pequenos discos com cargas elétricas de mesmo módulo. A figura representa os discos, vendo-se o plano de cima. Quais são os possíveis sinais das cargas para que isto ocorra?



Como o importante para que o objeto percorra o trajeto sem ser desviado é que a força resultante na horizontal seja nula, então é importante que sempre haja pares de cargas de mesmo sinal à mesma distância do objeto, mas que uma esteja à direita e outra à esquerda. Deste modo, há 4 possibilidades:



- 6) (PUC-Camp-1995 - Adaptada) Duas cargas elétricas $+Q$ e $-9Q$ estão localizadas, respectivamente, nos pontos M e N indicados no esquema a seguir. Considerando os pontos 1 e 2 marcados no esquema, o campo elétrico resultante da ação dessas cargas elétricas em cada um deles é:



Campo elétrico resultante em 1:

Chamando de d o lado dos quadradinhos, temos que a distância de M até 1 é, pelo Teorema de Pitágoras,

$$d_{M1}^2 = (2d)^2 + (2d)^2$$

$$d_{M1} = 2\sqrt{2}d,$$

logo, o campo elétrico gerado em 1 pela carga M é

$$E_{M1} = \frac{kQ}{(2\sqrt{2}d)^2} = \frac{kQ}{8d^2}$$

Analogamente para a carga N,

$$d_{N1} = 6\sqrt{2}d,$$

Logo, o campo elétrico gerado em 1 pela carga N é

$$E_{N1} = \frac{k(-9Q)}{(6\sqrt{2}d)^2} = -\frac{9kQ}{72d^2} = -\frac{kQ}{8d^2}$$

Onde o sinal negativo indica que ele aponta em sentido contrário ao campo elétrico gerado por M no ponto 1.

Logo, o campo elétrico resultante em 1 é

$$E_{Res} = E_{M1} + E_{N1} = \frac{kQ}{8d^2} - \frac{kQ}{8d^2} = 0$$

Ou seja, o campo elétrico em 1 é nulo.

Campo elétrico resultante em 2:

A distância de M até 2 é, pelo Teorema de Pitágoras,

$$d_{M2}^2 = (d)^2 + (d)^2$$

$$d_{M2} = \sqrt{2}d,$$

logo, o campo elétrico gerado em 2 pela carga M é

$$E_{M2} = \frac{kQ}{(\sqrt{2}d)^2} = \frac{kQ}{2d^2}$$

Analogamente para a carga N,

$$d_{N2} = 3\sqrt{2}d,$$

Logo, o campo elétrico gerado em 2 pela carga N é

$$E_{N2} = \frac{k(9Q)}{(3\sqrt{2}d)^2} = \frac{9kQ}{18d^2} = \frac{kQ}{2d^2}$$

Logo, o campo elétrico resultante em 2 é

$$E_{Res} = E_{M2} + E_{N2} = \frac{kQ}{2d^2} + \frac{kQ}{2d^2} = \frac{kQ}{d^2}$$

Ou seja, o campo elétrico em 2 é kQ/d^2 e aponta no sentido de M a N, uma vez que o campo gerado por M é de afastamento e o gerado por N é de aproximação.

8.8 APÊNDICE H

Avaliação do Estagiário

Bom dia/tarde/noite pessoal, como mencionado na última aula, eu gostaria que vocês fizessem um parecer geral das nossas aulas juntos. Lembrem-se que é muito importante que vocês ressaltem tanto os pontos positivos quanto os negativos, para que assim eu possa aprimorar minhas aulas para meus próximos alunos. :)

- 1) O que você achou das nossas aulas? Gostou? Não gostou? As explicações foram claras? O que achou da metodologia empregada? O que achou do modo como foi feita a avaliação? O que achou das listas de exercícios trabalhadas? Sinta-se livre para falar qualquer coisa que você sentir vontade. Não é necessário se identificar.

- 2) Como você julga seu comprometimento com as aulas? Você fez o que o foi solicitado? Viu os vídeos solicitados? Realizou as atividades dos simuladores que foram solicitadas? Tentou resolver as listas de exercícios? Prestou atenção nas aulas?