

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

INSTRUÇÃO PROGRAMADA EM FÍSICA VIA TELEVISÃO

Wido H. Schreiner

Dissertação apresentada ao Instituto
de Física da UFRGS, para a obtenção
do título de Mestre em Física.

F701.50.F (P. 89)
721.11.94
Reclas. 21.11.95 (C. 100)
JH

Trabalho parcialmente financiado pelas seguintes Instituições:
Coordenação do Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior,
Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico, Conselho Nacional
de Pesquisas e Conselho de Pesquisas da UFRGS.

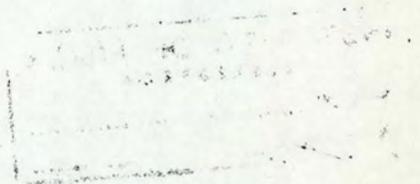
A G R A D E C I M E N T O S

A Anildo Bristoti, pela orientação recebida .

A todos aqueles que de uma ou outra forma con
tribuíram para a realização deste trabalho.

Wido H. Schreiner

Porto Alegre, novembro de 1973



R E S U M O

O mesmo programa, elaborado pelo autor, foi apresentado em dois semestres consecutivos a amostras randômicas de alunos universitários matriculados em um curso de Física Geral, sob duas formas diferentes. A primeira amostra recebeu a instrução via polígrafo e a segunda foi instruída via televisão de forma individualizada. A eficiência relativa dos dois métodos de ensino foi analisada. Quatro características de eficiência foram estudadas em cada amostra: a opinião do aluno, o aproveitamento, o tempo gasto no estudo e o custo de aplicação do programa.

Não foi detectada variação sensível na eficiência quanto às três primeiras características citadas. O custo do ensino individualizado por televisão evidenciou-se ligeiramente mais elevado do que o correspondente dos polígrafos, apresentando-se assim altamente competitivo. A experiência mostrou que a televisão, usada de forma individualizada, tem potencialidades promissoras que podem torná-la um meio auxiliar de ensino de qualidade.

A B S T R A C T

The same program was presented twice in two consecutive semesters using two different techniques to samples of sophomore students enrolled in a General Physics course. The first was taught with a printed programmed text, while the second received the instruction via individualized television. The relative efficiency was analysed with special emphasis on the following characteristics: the student's opinion, the performance, the student's time required and the cost.

The first three characteristics showed no significant differences. The cost of the individualized teaching by television was only a little higher than the cost of the teaching by printed program. This experiment showed that individualized television can be highly competitive demonstrating potentialities as a quality teaching medium.

"No less important in explaining the success of teaching machines, is the fact that each student is free to proceed at his own rate. Holding students together for instructional purposes in a class is probably the greatest source of inefficiency in education Television in education has made the same mistake on a colossal scale. A class of twenty or thirty students moving at the same pace is inefficient enough, but what must we say of all the students in half a dozen states marching in a similar lock step?".

- B. F. Skinner -

(Why we need teaching machines)

I N D I C E

1 - O PROBLEMA	1
2 - PESQUISA RELACIONADA	5
3 - ESTRATÉGIAS EXPERIMENTAIS	7
4 - ANÁLISE DE DADOS	13
5 - CONCLUSÕES	34
6 - REFERÊNCIAS	37
APÊNDICE A	40
APÊNDICE B	76
APÊNDICE C	87

1 - O PROBLEMA

Desde a sua introdução na área da Educação, a televisão (Schramm, 62), tanto na modalidade de circuito aberto como na de circuito fechado, tem sido usada como instrumento de ensino essencialmente alheio aos métodos da instrução programada. A orientação seguida pela televisão no ensino obedeceu principalmente a princípios de ordem econômica. Raciocinava-se que uma aula gravada em vídeo-tape, ou mesmo captada ao vivo poderia ser transmitida para um número teoricamente ilimitado de alunos, sendo obtido um custo de aula por aluno extremamente baixo, por maior que fosse o gasto com a elaboração da aula. Uma vez gravada, esta aula poderia ser retransmitida período após período, sendo poupado o precioso tempo dos professores que, desta forma, poderiam dedicar-se a tarefas mais criativas do que a mera repetição de lições. Com a televisão introduzia-se a massificação nas salas de aula.

Partindo destes princípios econômicos muito equipamento foi comprado, muitos grupos de trabalhos instituídos nos mais variados estabelecimentos, muitas aulas foram televisionadas e muitas experiências, cientificamente controladas, foram realizadas. Uma ótima síntese sobre o ensino com televisão nos Estados Unidos da América do Norte, após estas primeiras experiências, pode ser encontrada já em 1962 em "Educação pela TV", de Wilbur Schramm et al. Nesta síntese conclui-se basicamente que uma aula por televisão é em média tão eficiente quanto a aprendizagem como uma aula do tipo tradicional e que o custo da aula por aluno quando do uso da televisão não é menor do que o custo da aula tradicional. Aparentemente, estas duas últimas conclusões reduziram bastante o impulso que vinha sendo dado ao ensino por televisão que, de uma fase de expansão passou a uma fase de contenção até os dias atuais.

A televisão utilizada no ensino transformou-se desta forma de possível solucionadora de maioria dos problemas da educação em um elemento com o papel mais humilde de um recurso potente, entre os muitos utilizados pelo professor nos seus trabalhos de classe.

Não deve ser esquecido no entanto o papel positivo da te-

levisão usada no ensino de grande número de alunos ainda hoje, quando a entidade educacional que a usa tem sua razão de ser calcada na existência deste veículo de comunicações como, por exemplo, a universidade aberta (Himmelweit, 73)

A teoria da instrução programada (Skinner, 58) teve início de desenvolvimento virtualmente concomitante ao da televisão educativa. Desde os seus primórdios a instrução programada foi encarada como algo bem mais sério na Educação do que a televisão. Evidentemente sendo baseada em uma nova teoria da aprendizagem nada da natureza da instrução programada pode ser comparada à natureza da televisão. Mesmo assim a utilização da instrução programada em máquinas de ensinar, uma idéia brilhante e encantadora, chegou a criar em muitos educadores uma euforia semelhante à desencadeada com o advento da televisão na sala de aula. Esta euforia demasiada foi dominada rapidamente com um enorme número de experiências educacionais (De Cecco, ed, 64) que envolviam como assunto direto ou indireto os princípios da instrução programada.

Hoje, há mais de duas décadas da instrução programada, podemos apontar suas maiores contribuições na área da Educação: a definição de objetivos educacionais, a contribuição substancial no nosso conhecimento sobre o processo ensino-aprendizagem, a clarificação do relacionamento entre o ensino e a testagem e, talvez, a mais importante, a introdução da individualização no ensino. A instrução programada é atualmente vista como peça de um todo chamado de Tecnologia Educacional e usada com convicção no "design" de novos sistemas de instrução, como por exemplo no método PSI (Keller, 68) ou no método Audio-Tutorial (Postlethwait, 69).

Curiosamente, durante e após este longo desenvolvimento de mais de duas décadas, a televisão e a instrução programada não conjugaram suas características particulares na melhoria do processo ensino-aprendizagem. Somente alguns pesquisadores dedicaram esforços nesta conjugação, como será descrito na próxima seção, tendo obtido resultados positivos. Parece, porém, que a aceção de ser a televisão um veículo massificante, ainda domina fortemente entre os educadores em geral, fazendo com que o uso atual de televisão nas salas de aula se oponha frontalmente à teoria da instrução programada.

Ao iniciar-se o ensino por televisão no Instituto de Física da UFRGS a máxima cautela parece necessária no modo de aplicação deste meio. Não seria salutar reviver toda a história de percalços e sucessos deste instrumento auxiliar de ensino, mas sim se torna aconselhável uma introdução planejada, embasada em teorias da aprendizagem sadias, sem esquecer as condições financeiras da Universidade. Recorreu-se, desta forma, à teoria da instrução programada como lastro para o sustento aos primeiros passos da televisão. Esta opção não traz consigo em primeira instância preocupações de ordem econômica, e sim, parte da premissa de que, antes de resolver problemas econômicos, a televisão aí está para melhorar a qualidade do ensino.

Um dos modos mais tradicionais de apresentar a instrução programada aos alunos é o feito sob a forma de livro ou polígrafo. Muito se experimentou neste campo e atualmente tem-se como certa uma alta eficiência nesta forma de ensino.

Stolurow (62, vide De Cecco, ed.) neste particular prevê entusiasticamente o seguinte: "With respect to the teaching machine of the future, I see two extremes with little in the middle. At one extreme will be the book format - scrambled text and programmed text. At the other extreme will be the large scale computer-based systems with multiple student stations".

Torna-se assim adequado o uso de instrução programada apresentada via polígrafo como referência para comparações. Escolheu-se, pois, como um sensato ponto de partida para a experimentação com a televisão no ensino de Física, comparar instrução programada apresentada via polígrafo com instrução programada apresentada via televisão. Assim sendo, formulou-se uma pergunta básica que será lembrada em todo o trabalho aqui apresentado:

O que sucederia à eficiência de um programa de instrução, se ele fosse apresentado a alunos de Física Geral da Universidade ao invés de via polígrafo por via televisão ?

Deve-se esclarecer quais são os caracteres da eficiência

mencionada na pergunta acima. Optou-se, para medidas de comparação de eficiência dos dois modos de apresentação da instrução programada, analisar as seguintes características: o desempenho do aluno frente aos objetivos, o tempo de envolvimento do estudante, a opinião do aluno sobre aprendizagem e modo de apresentação e, finalmente, o custo de aplicação.

Comprovado o manutenção ou talvez até o crescimento da eficiência frente à instrução programada via polígrafo, novas e proveitosas experiências se tornariam uma realidade. Está claro que a televisão, assim como conduzida nesta comparação, não será explorada em todas as suas características, já que nesta experiência se requer unicamente imagens estáticas. O uso de instrução programada com animação poderá no futuro levar o ensino a eficiências nem sequer previsíveis. A televisão também poderá evidenciar potencialidades na aplicação da instrução programada a pequenos grupos homogêneos. Detectada, porém, a diminuição da eficiência, esta experiência poderá indicar os fatores que merecem aperfeiçoamento, levando talvez a outras experimentações diferentes mas não menos úteis que as anteriormente citadas. Certamente esta experiência dirá quais as possibilidades que podem ser esperadas da televisão como meio transmissor de instrução programada.

2 - PESQUISA RELACIONADA

Gropper e Lumsdaine (Gropper, 61) relatam três experiências de ensino com televisão, com duração de uma semana cada, para alunos da "junior high school". Na primeira experiência, envolvendo uma aula televisionada convencional e uma versão da mesma aula que requeria resposta ativa dos alunos, não detectaram diferença significativa entre os dois métodos de apresentação. Na segunda compararam uma aula televisionada convencional com uma versão da mesma aula que requeria resposta ativa dos alunos, porém com alta probabilidade de emissão de resposta correta. Neste estudo constataram que na segunda modalidade o desempenho dos alunos era maior, como fora demonstrado pelos testes de conhecimento. Na terceira experiência, que envolvia a comparação de duas versões de aulas programadas por televisão, sendo uma pré-testada e a outra não, constataram melhor desempenho nos alunos que assistiram à aula pré-testada.

Carpenter e Greenhill (Carpenter, 63) relatam uma pesquisa que comparava uma variedade de formas de instrução programada, incluindo máquinas de ensinar, filmes e instrução por televisão. Detectaram pouca influência no rendimento dos alunos que possa ser atribuída à forma de apresentação. Concluíram que instrução programada em grupo tem viabilidade. Os pesquisadores são de opinião que os métodos massificantes tradicionais de instrução por televisão devem ser abandonados para aumentar a eficiência deste meio na sala de aula. Os conteúdos usados nestas experiências eram de inglês e matemática.

McIntyre et al (McIntyre, 66) descrevem uma experiência com quatro lições envolvendo alunos universitários do curso de economia, para os quais confirmaram as seguintes hipóteses:

- a) Aulas programadas por televisão provocam maior desempenho nos alunos que aulas preparadas e revisadas segundo o melhor juízo de um professor competente e consciencioso.
- b) A diferença descrita na hipótese a) persiste por várias semanas após a realização da instrução.

- c) A atitude dos alunos é mais favorável às aulas programadas por televisão que às aulas não programadas da mesma instrução.

A experiência se realizou em duas etapas, sendo a primeira chamada de estudo piloto, usada pelos investigadores para desenvolver e testar tanto as estratégias como as formas úteis para a programação das aulas televisionadas e a segunda denominada de estudo principal, usada para testar as três hipóteses acima descritas. O trabalho evidencia que os princípios da instrução programada podem também ser de proveito quando usados numa acepção mais larga como, por exemplo, na preparação de aulas.

Le Marne relata (Le Marne, 72) uma experiência com alunos universitários, onde a televisão teve um papel importante. A solução a problemas de Física foi dividida em pequenas etapas, cada uma exigindo resposta ativa, e injetada no circuito fechado de televisão via áudio e vídeo por meio de um gravador de som acoplado a um projetor de slides. As salas de aula foram preparadas para abrigar grupos de 20 alunos que recebiam a instrução programada em grupo. Este método de ensino não obedecia ao princípio do ritmo próprio tão salientado na teoria da instrução programada levando, conforme o relato, à competição entre os componentes do grupo.

Comparados o grupo experimental, composto de alunos que recebiam instrução comum somada à instrução de problemas programados com o grupo de controle, que só recebia instrução comum, foi detectada diferença significativa, porém não muito vantajosa, na média para os alunos do grupo experimental.

3 - ESTRATÉGIAS EXPERIMENTAIS

3.1 O Programa

Foram selecionados, dentre os vários conteúdos ministrados na disciplina de Física Geral I - FIS 102 - oferecida pelo Instituto de Física da UFRGS, os referentes à conservação do momentum linear. A este assunto de grande importância na Física Geral, são via de regra dedicadas duas semanas consecutivas ou, mais exatamente, 12 horas/aula teórico-práticas por semestre na disciplina.

A organização sequencial dos conteúdos do programa foi estabelecida após consulta detalhada aos livros de Halliday-Resnick (Halliday, 65), livro texto da disciplina, Alonso-Finn (Alonso, 67), Armstrong-King (Armstrong, 70) e Atkins (Atkins, 66), seguindo a regra empírica de que uma boa sequência é obtida comparando a organização apresentada por várias autoridades no assunto. Todos os conceitos importantes foram dispostos em fluxograma, permitindo assim a fácil elaboração dos objetivos operacionais e servindo também como referencial para a confecção do programa de instrução.

Apesar de restringir-se o caráter individualizante (Crowder, 63, vide De Cecco, ed) manteve-se a estrutura do programa totalmente linear, já fundamentado no fato de ser este tipo de programa mais indicado para reprodução via televisão. O programa foi escrito primeiramente de forma fluente, sendo depois revisado à luz do que sugere Markle (Markle, 69). Desta forma obteve-se três polígrafos de material programado, sendo destinados um ao desenvolvimento da teoria do momentum linear e dois à fixação desta mesma teoria sob a forma de problemas divididos em pequenas etapas.

O programa assim elaborado foi aplicado inicialmente a um pequeno grupo de alunos-monitores da disciplina FIS 102 e depois revisado tendo em conta as críticas e conclusões deste grupo. Itens não significativos foram alterados e mesmo várias sequências de itens sofreram mudanças.

A primeira aplicação à população disponível de FIS 102 ocorreu em setembro-outubro de 1972. O material programado foi apresen

tado aos alunos de uma turma sob a forma de dois polígrafos simultâneos, o primeiro contendo o texto da instrução programada com as solicitações de resposta ativa e o segundo contendo espaços para as respostas a serem escritas pelos alunos, bem como as respostas consideradas corretas. Nesta aplicação inicial em sala de aula evidenciou-se a necessidade da presença do professor e elaborador do programa. Vários pré-requisitos de conceitos em matemática mostraram-se bastante fracamente assimilados pelos alunos; também um número regular de itens da instrução colocava os alunos frente a dificuldades não previstas.

Foi demonstrada em questionário de opinião uma reação favorável nos alunos para esta primeira aplicação. O desempenho equivalente da turma que fora submetida a esta primeira aplicação frente às 12 outras turmas da disciplina FIS 102 fez com que o programa fosse julgado apto a ser otimizado. Todos os itens motivadores de erros nas respostas dos alunos foram reescritos e algumas sequências sofreram modificações. O texto do programa, parte do qual pode ser encontrado pelo leitor no Apêndice A, encontra-se, ao início desta nova aplicação na sua terceira versão e por certo sofrerá mudanças para melhor seguindo um processo de otimização que convergirá numa redação que dentre as muitas será a melhor.

3.2 Cuidados experimentais

Várias precauções se fizeram necessárias antes da execução da experiência. A primeira decisão tomada foi a de trabalhar com alunos da disciplina FIS 102 de forma a estabelecer dois grupos experimentais. O uso de um grupo experimental e de um grupo de controle tem, muitas vezes, levado a conclusões falsas enraizadas no efeito Hawthorne (Best, 70). Dados dois grupos experimentais, contudo, o efeito de aumento do rendimento e do entusiasmo devido à simples presença de um método inovativo fica compensado por aparecer nos dois grupos. O primeiro grupo experimental seria instruído pelo programa via polígrafo, algo bastante novo para os alunos universitários atendidos por este Instituto, apesar da existência deste método de ensino há mais de duas décadas, e o segundo grupo experimental seria instruído pelo mesmo programa via

televisão, igualmente inovativo para estes alunos. Pretendia-se também com esta decisão reduzir o número de variáveis diferentes envolvidas nos dois grupos a um mínimo. Os dois grupos seriam instruídos de forma individualizada, pelo mesmo programa, residindo a única diferença no meio de transmissão. A instrução via polígrafo seria essencialmente visual, enquanto que a instrução via televisão se apresentaria tanto visual como auditivamente.

A segunda precaução referiu-se à escolha dos alunos que comporiam os dois grupos experimentais. O método mais simples, ou seja, o de usar alunos de uma mesma turma de FIS 102, dividida em dois grupos, levaria a resultados altamente questionáveis, pois os alunos que assistem aulas pela manhã, por exemplo, muito provavelmente são diferentes sob vários aspectos dos alunos que frequentam aulas à noite. Os dois grupos deveriam então ser compostos por estudantes de todas as turmas de FIS 102, escolhidos ao acaso.

As duas amostras assim formadas, embora não sendo reprodução fiel nem modelo reduzido da população alvo total, merecem confiança quando usadas no tratamento estatístico para fins de inferência e comparação.

Como terceira medida limitou-se o tempo de duração da experiência, optando-se por um período de duas semanas para a execução dos trabalhos. Os conteúdos desenvolvidos nestas duas semanas envolveriam a conservação do momentum linear e suas aplicações.

A quarta precaução que se fazia necessária envolvia a seleção das fontes de dados. Seriam comparados dois métodos de ensino quanto ao aproveitamento dos alunos, quanto ao tempo empregado pelos estudantes, quanto à opinião dos alunos e, por fim, quanto ao custo da aplicação.

Para a medição do desempenho dos alunos frente aos objetivos propostos, todos os cuidados e precauções são necessários. Dentre os vários tipos de fontes que podem medir a aquisição de conhecimentos, foi selecionado um teste do tipo objetivo fechado, chamado de escolha múltipla. Este tipo de teste, apesar de ser muito criticado por não permitir a livre expressão do aluno, parece ser de um bom grau de fidedignidade quando o número de questões é gran

de (Vianna, 73), característica esta que deve ser visada sempre que seja necessário comparar métodos de ensino. O teste de múltipla escolha seria, portanto, construído dentro dos objetivos propostos, devendo englobar questões objetivas num número superior a vinte.

O tempo de envolvimento evidentemente poderia ser obtido com um relógio, sendo, deste modo, a fonte de dados mais simples e precisa da experiência.

A medida referente à opinião dos alunos provavelmente se constituiria na parte mais delicada desta experimentação. Questionários de opinião se propõem a medir aspectos extremamente subjetivos, sendo necessário um cuidado todo especial na elaboração dos itens (Best, 70). Optou-se por um questionário único para as duas amostras de alunos cujos itens fossem constituídos de tal forma que as diferenças entre amostras, se existissem, neles se evidenciassem.

O custo seria calculado tomando em conta o trabalho humano, o desgaste do equipamento e os gastos em material de consumo. Somente o custo de operações e gastos ligados diretamente com os dois métodos de ensino seriam computados.

3.3 A execução

Da elaboração do material colocado à disposição dos alunos descrevem-se aqui apenas as operações principais realizadas para a confecção dos vídeo-tapes. O Instituto de Física da UFRGS não dispõe de estúdio para gravações deste tipo. Decorreram deste fato, necessariamente, dificuldades com a qualidade do vídeo e do áudio das fitas gravadas. Especialmente interferências sonoras, originadas externamente à sala de gravações causaram problemas, enquanto que as dificuldades com a iluminação se apresentaram solúveis. Antes da gravação, um dos polígrafos, idêntico aos que seriam usados por uma das amostras, foi desmembrado item por item. Na ocasião da gravação era colocado somente um item frente à câmara de televisão de cada vez. Simultaneamente ao registro da imagem do item era gravada a narração do texto do mesmo item. Participaram apenas duas pessoas destas gravações, sendo que a primei-

ra operava a câmara, deixando a tarefa da narração para a segunda.

Estudo I (30/4 - 11/5/73)

Dos sessenta e dois alunos escolhidos e pessoalmente convidados pelo experimentador, cinquenta e dois compareceram às sessões de aplicação da instrução programada, ao teste final de avaliação e à entrega do questionário de opinião. Nove alunos utilizaram o programa via televisão e quarenta e três receberam o mesmo ensino via polígrafo. Dos dezoito "tele-alunos" previstos, apenas nove foram atendidos, já que o gravador de vídeo-tape do Instituto de Física se demonstrava defeituoso. Tanto na sala de aula onde estudava o "tele-aluno" operando o gravador de vídeo-tape como na sala onde trabalhavam os demais, cada um munido de seu polígrafo, estava presente um aluno-monitor que zelava pelo bom andamento dos trabalhos e que assistia aos alunos individualmente nas pequenas dúvidas que porventura surgissem. Durante as sessões de aplicação foi observado sempre um bom relacionamento monitor-aluno, bem como uma excelente dedicação ao trabalho por parte dos últimos. Muitos poucos se utilizaram das dez horas previstas em total para as sessões de aplicação da instrução programada. Findo o estudo, os 52 alunos se submeteram ao teste de escolha múltipla, composto de 25 questões objetivas que teve a duração de noventa minutos. Após a realização do teste, os alunos receberam o questionário de opinião para que o preenchessem em casa. Os questionários foram devolvidos pelos alunos antes da divulgação dos conceitos obtidos no teste.

Estudo II (24/9 - 6/10/73)

Dos quarenta e quatro alunos escolhidos aleatoriamente quarenta e três compareceram às sessões de estudo, à prova e à entrega do questionário de opinião. Desses quarenta e três alunos, vinte e dois puderam ser atendidos via televisão, restando portanto vinte e um estudantes ensinados por meio de polígrafos. Para as sessões de estudo foram preparadas duas salas contíguas. Em cada sala eram atendidos dois alunos por um só aluno-monitor que se movimentava periodicamente de uma sala para outra. Os tele-alunos eram atendidos sem interferência visual ou sonora, de parte a parte, já que cada um tinha uma cabine a disposição. O bom relaciona

mento e a dedicação aos estudos foram novamente observados, tendo sido notado um pouco mais de concentração e compenetração nos alunos que estudavam com o auxílio de televisão. Ao término, os quarenta e três alunos se submeteram ao teste de escolha múltipla agora composto de 32 questões objetivas, que teve a duração de duas horas.

(A realização desta experiência tornou-se possível graças ao empréstimo de um gravador de vídeo-tape portátil do Centro Audio-Visual da Faculdade de Educação da UFRGS).

4 - ANÁLISE DE DADOS

4.1 Estudo I (30/4 - 11/5/73)

4.1.1 Amostras finais escolhidas para comparação

A partir das informações colhidas do questionário, foi possível eliminar os alunos que já haviam estudado com instrução programada alguma vez anteriormente. Desta forma obtinha-se duas amostras experimentais que, por hipótese, haviam sido igualmente motivadas pela novidade do método utilizado nas duas semanas de experiência.

Assim foram constituídas as amostras, cujo número de elementos está discriminado abaixo: •

TABELA I

	Televisão	Polígrafo
Nº de alunos	9	27

Número de alunos nas duas amostras experimentais.

Estas duas amostras foram utilizadas para as comparações que são discutidas nas próximas três secções.

4.1.2 A opinião dos alunos

Após a realização do teste de aproveitamento os alunos receberam o questionário que havia sido elaborado especialmente para esta experiência. As respostas ao questionário foram dadas em casa, sendo o questionário devolvido antes de divulgados os conceitos da prova. Tentou-se, assim, obter informações sobre opiniões não distorcidas pelos conceitos obtidos, mas sim somente influenciadas pelas sessões de estudos e pelo teste de aproveitamento final. Assegurou-se aos alunos que as respostas ao questionário não influiriam no conceito obtido no teste.

O questionário foi construído com o objetivo de detectar diferenças de opinião dos alunos quanto aos dois métodos experimentais usados. É evidente que um questionário deste tipo também mede em traços gerais a aceitação ou não dos métodos por parte dos alunos. Reproduzimos abaixo o item 17 do questionário:

- 17) Tem-se a intenção de introduzir este método de ensino para todos os alunos em algumas unidades de FIS 102 no futuro próximo. Você:
- () a) aprova fortemente esta idéia
 - () b) aprova esta idéia
 - () c) reprova esta idéia.

Neste tipo de questionário o aluno deve assinalar e, portanto, concordar com uma das opiniões apresentadas. Não havendo concordância o item será deixado em branco. No item 17 é feita alusão ao método de ensino. O método de ensino, porém, foi diverso para as duas amostras e, portanto, poderia ser julgado diferentemente pelos alunos componentes de cada amostra. Além do mais, uma marcante aprovação no item 17 significaria uma boa aceitação do método e uma reprovação indicaria o contrário. Ao ser elaborado este questionário não foram dadas mais de quatro opções por item, dado o reduzido número de alunos nas amostras..

O pequeno número de alunos na amostra ensinada através da televisão, causado pela exclusão de um gravador de vídeo-tape da experiência, tornou inoperante qualquer aplicação de testes esta-

tísticos que detectassem diferença de opiniões entre as amostras. A estatística não-paramétrica é extremamente sensível a pequenos números de alunos e, caso fosse aplicada aos resultados obtidos no questionário neste Estudo I, teria um simples caráter exploratório.

Ao leitor que desejar detalhes sobre as frequências reais em cada item do questionário de opinião sugere-se o estudo do apêndice B.

4.1.3 Tempo empregado

Os conteúdos que envolviam a conservação do momentum linear foram apresentados aos dois grupos experimentais, divididos em três subunidades, nas quais era discutido: 1º) a teoria da conservação (Texto); 2º) problemas sobre esta teoria (Aplicações I) e 3º) problemas sobre colisões (Aplicações II). Cada aluno havia registrado o tempo dispendido em trabalhar as subunidades, tendo sido possível assim a comparação entre os tempos gastos em média pelos dois grupos experimentais.

Do grupo experimental que trabalhara com polígrafos foi excluído um aluno por ter sido constatada uma irregularidade na sua marcação do tempo. Assim foram comparados 9 alunos instruídos via televisão com 26 alunos ensinados via polígrafos, obtendo-se o panorama expresso nas duas tabelas que seguem:

TABELA II

Nº	Televisao			Poligrafo			
	Texto (min)	Aplic. I (min)	Aplic. II (min)	Nº	Texto (min)	Aplic. I (min)	Aplic. II (min)
1	100	60	105	1	115	130	110
2	155	140	110	2	95	110	110
3	165	90	100	3	175	120	152
4	135	75	170	4	160	75	120
5	210	110	135	5	136	115	125
6	150	50	90	6	95	60	90
7	138	85	112	7	130	85	90
8	125	50	50	8	120	130	185
9	150	80	100	9	120	120	145
10	-	-	-	10	149	60	120
11	-	-	-	11	105	82	103
12	-	-	-	12	175	120	125
13	-	-	-	13	125	90	120
14	-	-	-	14	120	170	123
15	-	-	-	15	104	82	130
16	-	-	-	16	180	125	130
17	-	-	-	17	155	120	165
18	-	-	-	18	105	75	95
19	-	-	-	19	130	90	95
20	-	-	-	20	100	50	50
21	-	-	-	21	110	72	99
22	-	-	-	22	93	53	65
23	-	-	-	23	175	180	125
24	-	-	-	24	102	50	90
25	-	-	-	25	160	110	130
26	-	-	-	26	120	60	102
Média	147,5	82,2	108	Média	129	97,5	115,1
s ²	911,3	850,6	1.052,2	s ²	794	1.227,8	850,3

Tempos parciais, tempos médios e variâncias para cada subunidade.

TABELA III

Sub-unidade	Tempo médio (min) Poligrafo(26 al.)	Tempo médio (min) Televisão(9 al.)	t	Diferença Nível 0,01
Texto	129	147,5	+1,67	Não
Aplicações I	97,5	82,2	-1,17	Não
Aplicações II	115,1	108	-0,61	Não

Tempos médios obtidos pelas duas amostras no estudo das subunidades

O teste estatístico empregado nesta comparação dos tempos foi o de Students-t (Glass, 70), que é indicado para amostras com menos de trinta elementos. A equação empregada para o cálculo de t foi a seguinte:

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{(N_1-1)S_1^2 + (N_2-1)S_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}\right)}}$$

onde M_1 e M_2 significam as médias dos grupos, N_1 e N_2 os números de elementos e S_1^2 e S_2^2 as variâncias em cada amostra. Deve-se salientar que S_1^2 e S_2^2 , as variâncias em cada amostra, não diferiram significativamente.

Partindo da observação das médias na Tabela III pode-se levantar a suspeita de que alunos ensinados com televisão inicialmente levam mais tempo para se acostumar ao método para depois aprenderem mais rápido relativamente aos alunos ensinados com polígrafos. Esta suspeita aparente não recebe confirmação neste Estudo.

4.1.4 Aproveitamento

Após a aplicação dos respectivos métodos de ensino os dois grupos experimentais foram submetidos a um mesmo teste de verificação do aproveitamento. O teste fora idealizado com o propósito de medir o alcance dos objetivos de aprendizagem propostos já na elaboração do programa. O teste constava de 25 questões de múltipla escolha. Para fins de cálculo das médias foi atribuído a cada questão respondida corretamente, um ponto. Foi calculada a fidelidade deste teste tendo sido obtido um valor igual a 0,37 pelo método de Kuder-Richardson (Vianna, 73).

TABELA IV

Nº do Aluno	Televisão (pontos)	Polígrafos (pontos)
1	18	21
2	20	23
3	23	20
4	18	22
5	21	21
6	21	13
7	15	20
8	23	21
9	16	16
10	-	20
11	-	20
12	-	17
13	-	19
14	-	20
15	-	20
16	-	20
17	-	19
18	-	19
19	-	24
20	-	22
21	-	21
22	-	15
23	-	22
24	-	21
25	-	23
26	-	21
27	-	20
Média	19,5	20,0
S ²	8,27	5,92

Escores, escores médios e variâncias para o teste final de aproveitamento.

TABELA V

Média (pontos) Polígrafos	Média (pontos) Televisão	t	Diferença Nível 0,01
20	19,5	-0,573	Não

Comparação entre as médias obtidas pelas duas amostras no teste final.

O teste estatístico utilizado nesta comparação foi igualmente o de Students-t. A diferença nas médias alcançadas pelos dois grupos experimentais não tem maior significado. É de salientar-se a ótima atuação dos alunos nos dois grupos frente aos objetivos propostos.

4.1.5 Comparação de custos

O cálculo do custo (Ornstein, 70) dos vários trabalhos humanos e gastos efetuados na aplicação dos dois métodos de ensino aos alunos não pode ter a intenção de ser exato. Várias estimativas sobre o tempo empregado, o desgaste do equipamento e o tempo útil do programa se fizeram necessárias e estão sujeitas a falhas. Mesmo assim é intenção desta comparação de custos fazer cumprir três objetivos, quais sejam: dar ao leitor uma noção aproximada sobre o quanto custa à Universidade a aplicação de cada método, mostrar quais as operações que distinguem e diversificam o custo nos dois métodos e, finalmente, indicar caminhos que possam ser seguidos para a obtenção de custos menores.

Antes de apresentar tabelas de comparação de custos fazem-se necessárias algumas explicações. O custo por hora de professor e funcionários foi obtido somando 30% ao valor bruto impresso na folha de pagamento e dividindo esta soma pelo número de horas obrigatórias mensais. Estes 30% são dispendidos pela Universidade em obrigações sociais. Férias e 13º salário não foram incluídos no cálculo. Os alunos-monitores foram excetuados da regra dos 30%. O desgaste do equipamento foi estimado em 10% ao ano, calculado sobre o valor de mercado. O equipamento utilizado na elaboração dos polígrafos era constituído de uma máquina de escrever e de uma máquina de impressão à tinta. O equipamento necessário para a confecção do material para os alunos ensinados via televisão era composto, além das duas máquinas citadas anteriormente, de uma câmara de televisão, de um gravador de vídeo-tape e de um monitor de televisão. Componentes de duração pré-fixada evidentemente não foram incluídos nesta regra dos 10%. A utilização do programa foi estimada em 10 semestres, por ser provável que após 5 anos ele esteja ultrapassado e necessite de uma total reformulação.

Apresentam-se a seguir duas tabelas de custo, a primeira estimando o custo inicial da elaboração e a segunda comparando os custos nesta experiência especificamente.

TABELA VI

I	Trabalho Humano	Cr\$
1	Elaboração do Programa (Professor-80 h)	2.536,0
2	Datilografia do Programa (Secretária-24 h)	88,8
3	Impressão e Grampeação (10 cópias)	1,8
4	Testagem inicial (alunos-monitores-80 h)	370,4
II	Material	-
5	Papel+tinta+eletricidade (Impressão de 500 fls)	8,5
6	Desgaste equipamento	0,7
7	Total = 1 + 2 + ... + 5 + 6	3.006,2
8	Custo por semestre	300,6

Custo inicial de elaboração do programa.

TABELA VII

I	Trabalho Humano	Cr\$ (Polígrafos 43 alunos)	Cr\$ (Televisão -9alunos)
9	Revisão do Programa (professor)	1.268,0	1.268,0
10	Datilografia do Programa (Secretária)	88,8	88,8
11	Impressão e Grampeação (Funcionário)	4,4	1,8
12	Atendimento (monitor)	202,4	257,6
13	Gravação video-tape (Professor + Funcionário)	-	106,2
14	Papel+tinta+eletricidade	17,6	7,2
15	Desgaste equipamento	1,4	33,7
16	Total 8 + 9 + ... + 14 + 15	1.883,2	2.063,9

Comparação de custo no presente Estudo.

A Tabela VI mostra que nesta experiência especificamente o custo do método em que se utilizou a televisão foi superior ao custo do método que se processou via polígrafo. Para calcular, no entanto, o custo por aluno devemos comparar dois valores de custos totais que tenham sido calculados para um número idêntico de alunos. Efetuando o cálculo estimativo para 43 alunos a serem ensinados nas condições desta experiência por via televisão, obteríamos os seguintes custos:

Custo total via televisão (43 alunos).....	Cr\$ 2.250,0
Custo total via polígrafo (43 alunos).....	Cr\$ 1.883,2
Custo/aluno via televisão (43 alunos).....	Cr\$ 52,3
Custo/aluno via polígrafo (43 alunos).....	Cr\$ 43,8

O cálculo foi realizado para 43 alunos por ser este um número muito próximo daquele usado para definir uma "turma" de alunos nesta Universidade. Nestes dados evidencia-se um maior custo do método que tem o suporte da televisão. Mostra a Tabela VI que a instrução via televisão é mais onerosa, tendo como causas o maior desgaste do equipamento e a operação da gravação do vídeo-tape. Ressaltam ambas as tabelas que o maior custo parcial nos métodos se origina no trabalho realizado pelo professor. Evidencia-se também que o custo por aluno tende a diminuir com o aumento do número de alunos participantes da instrução.

4.2 Estudo II (24/9 - 6/10/73)

4.2.1 Amostras escolhidas para comparação

Neste estudo foi possível aumentar consideravelmente o número de elementos componentes da amostra que recebeu o ensino via televisão. Como já previsto no Estudo I, também aqui a familiaridade dos alunos com a instrução programada se mostrou pequena, não tendo havido necessidade para a exclusão de nenhum aluno das amostras. Foram assim utilizados os seguintes números de elementos em cada amostra:

TABELA VIII

	<i>Televisão</i>	<i>Polígrafo</i>
<i>Nº de alunos</i>	22	21

Número de alunos nas duas amostras experimentais.

4.2.2 A opinião dos alunos

Após o término dos estudos cada aluno recebeu o questionário de opinião que foi mantido essencialmente intacto do Estudo I para o Estudo II. As respostas ao questionário foram dadas em casa, sendo o questionário devolvido logo após o término do teste de aproveitamento. Todos os alunos ensinados via televisão compareceram à devolução dos questionários. Um elemento da amostra instruída através de polígrafo foi eliminado por não ter devolvido o questionário em tempo hábil.

Realizada a coleta dos questionários e tabelados todos os resultados, foi inicialmente aplicado o teste clássico do chi-quadrado (X^2) a todos os itens componentes deste instrumento de medida de opinião. Propõe-se o item 20 do questionário como excerto desta tabela, já com os cálculos referentes ao teste do X^2 clássico:

TABELA IX (parcial)

	Sub-Item	Televisão		Polígrafo		Total B	X^2
		Fre.real	Fre.exp.	Fre.real	Fre.exp.		
I	a	6	3,14	0	2,85	6	7,09
T	b	6	6,81	7	6,19	13	
E	c	.8	10,47	12	9,52	20	
M	Branco	2	1,57	1	1,42	3	
20	TotalA	22	22	20	20	42	

Análise detalhada do item 20 frente ao teste do X^2 clássico.

Na tabela IX a frequência esperada (f_{exp}) foi calculada pela fórmula:

$$f_{exp} = \frac{\text{Total A. Total B}}{\text{Grande Total}}$$

O chi-quadrado foi obtido pela equação:

$$X^2 = \sum \frac{(f_{exp} - f_{real})^2}{f_{exp}}$$

O teste do X^2 , apresenta resultados que fazem sentido so mente quando as frequências esperadas se mostram não muito pequenas. Siegel (56) recomenda que somente 20% das células pode ter uma frequência esperada menor que cinco e nenhuma célula pode pos suir uma frequência esperada menor que um.

Observando a Tabela IX (parcial) concluímos que no item 20 as recomendações de Siegel não estão sendo cumpridas. Um modo de contornar o problema criado, ainda segundo Siegel, é o de combinar células que representem categorias adjacentes de opinião, aumentando assim as frequências esperadas por célula combinada.

Analisemos o item 20 conforme as recomendações de Siegel:

20) Voce veio à prova na sexta-feira:

- () a) apreensivo por não sentir bom domínio da maté ria estudada
- () b) apreensivo por outras razões (que não seja a da opção a)
- () c) como a uma mera formalidade, sem apreensão

Combinando os sub-itens que representam categorias adjacentes necessariamente devem ser unidos aqueles nos quais os alunos demonstraram apreensão de alguma maneira. Quanto ao sub-item referente à não - opinião dos alunos deve ser tomada uma decisão. Alunos que não assinalaram em um determinado item foram movidos por impulsos ou razões as quais o pesquisador desconhece. Falso seria combinar este sub-item dos alunos sem opinião com qualquer um dos outros sub-itens. Como a frequência no sub-item dos alunos sem opinião é pequena deve-se tomar a decisão de descartar este sub-item por completo da análise estatística. Obtem-se assim o seguinte quadro:

TABELA X

	Sub-item	Televisão	Polígrafo	Total
ITEM 20	1	A = 12	B = 7	A+B = 19
	2	C = 8	D = 12	C+D = 20
	Total	A+C = 20	B+D = 19	N = 39

Item 20 após a reunião dos sub-itens adjacentes.

Como as frequências reais nas células da Tabela X são todas maiores que cinco, é evidente que as frequências esperadas também o são, estando satisfeitas as recomendações de Siegel. Para uma tabela de frequência 2 x 2, como é o caso da Tabela X, Siegel sugere o uso de uma fórmula simplificada para o cálculo do X^2 , como segue:

$$X^2 = \frac{N \left(\frac{A \cdot D - B \cdot C}{N} - \frac{N}{2} \right)^2}{(A+B) (C+D) (A+C) (B+D)}$$

onde A, B, C, D e N podem ser devidamente identificados na Tabela X. Se o X^2 calculado pela fórmula acima excedesse o valor tabelado ao nível 0,01 (Glass, 70), admitir-se-ia que os alunos instruídos com instrução programada via televisão teriam opinado diferentemente, quanto à apreensão, que os alunos ensinados através de polígrafos.

Seguindo a mesma análise compreensiva aplicou-se o teste estatístico a todos os itens do questionário e em todos o valor do X^2 calculado se apresentou bem abaixo do valor tabelado ao nível 0,01 e mesmo do valor tabelado ao nível 0,05. Não foi possível, assim, rejeitar a hipótese de não diferença de opiniões para as duas amostras neste questionário.

Ao leitor, que desejar mais detalhes sobre a frequência real em cada sub-item, sugerimos o estudo do Apêndice B.

4.2.3 Tempo empregado

Os conteúdos foram novamente apresentados aos alunos divididos em três subunidades: Texto, Aplicações I e Aplicações II.

Cada aluno foi convidado a registrar o tempo de estudo, tendo sido possível desta forma obter-se as seguintes tabelas:

TABELA XI

Nº	Televisão (tempo em minutos)			Nº	Polígrafos (tempo em minutos)		
	Texto	Aplic. I	Aplic. II		Texto	Aplic. I	Aplic. II
1	192	75	115	1	161	74	105
2	155	50	85	2	165	70	104
3	106	34	50	3	105	50	75
4	210	105	130	4	115	50	80
5	214	97	105	5	138	70	85
6	169	101	130	6	152	85	77
7	120	100	85	7	155	65	80
8	160	85	165	8	160	55	97
9	125	45	95	9	175	65	85
10	175	90	135	10	95	65	85
11	125	50	75	11	137	59	95
12	165	95	130	12	85	67	73
13	190	100	85	13	199	90	103
14	130	40	60	14	155	50	95
15	145	65	85	15	110	40	93
16	125	50	60	16	125	65	65
17	105	55	55	17	162	95	130
18	150	50	115	18	200	143	137
19	125	75	85	19	110	80	110
20	102	55	83	20	85	70	105
21	210	80	110	21	115	75	50
22	211	105	120	22	-	-	-
Média	155	74,6	98	Méd.	138,4	70,6	91,8
S ²	1.393,6	560,1	896,8	S ²	1.180,2	463,3	412,1

Tempos parciais, tempos médios e variâncias para cada sub-unidade.

TABELA XII

Sub-unidade	Tempo médio (min) Televisão (22al.)	Tempo médio (min) Polígrafos (21al.)	t	Diferença Nível 0,01
Texto	155,0	138,4	+1,48	Não
Aplicações I	74,6	70,6	+0,56	Não
Aplicações II	98,0	91,8	+0,77	Não

Comparação entre as médias dos tempos de estudo.

O teste utilizado para a detecção de diferença significativa foi novamente o de Students-t. Também neste Estudo pode ser aceita a hipótese de não-diferença no tempo de estudo para alunos instruídos via televisão comparados com alunos ensinados por intermédio de polígrafos.

A Tabela XI elucida claramente quão diversificados são os tempos necessários ao estudo para diferentes alunos. É difícil compreender como alunos assim, reunidos numa sala de aula e atendidos simultaneamente por um só professor, possam evidenciar alguma aprendizagem significativa.

4.2.4 Aproveitamento

Após as sessões de estudo os dois grupos experimentais foram submetidos a um teste de verificação do aproveitamento. Neste Estudo foi aumentado o número de questões do teste de 25 para 32. Efetivamente este aumento de questões provocou uma grande melhora no coeficiente de fidedignidade do teste que variou de 0,37 no Estudo I para 0,69 neste Estudo. Obteve-se o coeficiente de fidedignidade pelo método de Kuder-Richardson (KR_{21} ; Vianna, 73). É de se salientar que o método de Kuder-Richardson oferece uma sub-estimativa do coeficiente de fidedignidade, devendo-se obter valores bem maiores pelo método das metades e usando a fórmula de profecia de fidedignidade de Spearman-Brown.

O teste de verificação do aproveitamento, que será encontrado pelo leitor no Apêndice C, pode assim, neste Estudo, ser considerado um instrumento de medida valioso. São apresentados abaixo os resultados obtidos pelos alunos no teste em cada amostra, bem como a média e a variância dos escores. A cada questão respondida corretamente foi atribuída um ponto.

TABELA XIII

Nº do aluno	Televisão (pontos)	Polígrafo (pontos)
1	22	31
2	28	24
3	27	27
4	28	20
5	22	29
6	11	28
7	21	21
8	22	26
9	28	27
10	21	25
11	27	29
12	29	26
13	15	25
14	25	23
15	17	29
16	23	24
17	25	32
18	25	24
19	29	30
20	26	21
21	14	27
22	21	-
Média	23	26,1
S ²	24,5	11

Escores, escores médios e variâncias para o teste final de aproveitamento.

Foi efetuado o teste t para esta configuração de escores, tendo sido obtido o seguinte panorama:

TABELA XIII'

Média (pontos) Televisão (22 alunos)	Média (pontos) Polígrafo (21 alunos)	t	Diferença Nível 0,01
23	26,1	-2,35	Não

Comparação entre as médias obtidas pelas duas amostras no teste final.

Também aqui deve ser aceita a hipótese de não diferença no aproveitamento das duas amostras.

Torna-se agora extremamente interessante uma inspeção mais detalhada na tabela XIII. Os escores obtidos pelos alunos componentes das duas amostras se mostram em geral bastante regulares. Na amostra que estudou com televisão, no entanto, podem ser detectadas três irregularidades marcantes. Os alunos de números 6, 13 e 21 alcançaram somente 11, 15 e 14 pontos no teste respectivamente. Em entrevista mantida com estes três alunos evidenciou-se a causa para tal rendimento no teste final. O aluno de número 6 comunicou ser de nacionalidade boliviana em convênio com a Universidade Federal, não tendo até a datado início do Estudo II obtido nenhum conceito satisfatório em FIS 102. O aluno de número 13 comunicou jamais haver estudado Física Geral antes do início dos estudos na Universidade por ter cursado Escola Normal. Este aluno, até a data do início do Estudo II, também não havia obtido conceito satisfatório em FIS 102. O aluno de número 21, de rendimento extremamente baixo até a data de início do Estudo II, comunicou ser repetente em FIS 102, não querendo atribuir, porém, o baixo rendimento à falta de embasamento proveniente de escola secundária cursada.

Uma busca entre os alunos componentes da amostra que estudara com polígrafos não evidenciou nenhum estudante de convênio, nenhum normalista e nenhum repetente. O acaso, portanto, lançou três alunos de características nitidamente diferentes dos demais dentro da amostra instruída via televisão. É de se lamentar que o mesmo não tenha ocorrido com a outra amostra. Para dar ao leitor uma visão do panorama que seria obtido com a exclusão destes três alunos de características desiguais, apresenta-se abaixo a seguinte tabela:

TABELA XIV

<i>Média (pontos)</i> <i>Televisão (19 alunos)</i>	<i>Média (pontos)</i> <i>Polígrafo (21 alunos)</i>	<i>t</i>	<i>Diferença</i> <i>Nível 0,01</i>
24,5	26,1	-1,93	Não

Comparação após a exclusão da amostra instruída via televisão de três alunos de características nitidamente diferentes.

A Tabela XIV evidencia maior aproximação das médias nas duas amostras bem como uma marcante diminuição do t.

4.2.5 Comparação de custos

Os mesmos comentários de comparação de custos realizados no Estudo I também aqui são válidos. Apresenta-se abaixo a tabela comparativa ajustada agora para as condições deste Estudo especificamente:

TABELA XV

I	Trabalho Humano	Polígrafos Cr\$	Televisão Cr\$
1	Revisão do Programa (professor)	1.268,0	1.268,0
2	Datilografia do Programa (Secretária)	88,8	88,8
3	Impressão e Grampeação (Funcionário)	3,0	2,2
4	Atendimento (monitor)	254,6	254,6
5	Gravação do vídeo-tape (Professor + Funcionário)	-	106,2
II	Material	-	-
6	Papel+tinta+eletricidade	9,2	11,2
7	Desgaste equipamento	0,7	68,4
III	Custo por semestre	300,6	300,6
8	Total	1.924,9	2.100,0

Comparação de custo no presente Estudo.

A Tabela XV mostrou que também neste Estudo o custo via televisão foi mais elevado que o correspondente dos polígrafos. Estimado um custo por aluno na presente experiência obter-se-ia o seguinte quadro:

Custo/aluno via televisão (22 alunos).... Cr\$ 95,4

Custo/aluno via polígrafo (21 alunos).... Cr\$ 91,7

Observa-se um aumento acentuado do custo da aplicação por aluno quando o número de alunos envolvidos nas experiências diminui como é o caso no Estudo II.

4.3 Comparação entre os dois Estudos

4.3.1 Amostras escolhidas para comparação

O Estudo II pode ser considerado como sendo de maior confiabilidade que o Estudo I. O maior número de elementos na amostra instruída via televisão comparado com igual número de elementos na amostra ensinada por polígrafos faz com que as amostras utilizadas no Estudo II sejam de maior qualidade.

Um grande número de elementos por amostra deve ser sempre procurado em pesquisas que envolvam a Educação.

É, porém, muitas vezes difícil afirmar quão elevado é este "grande número de elementos" para uma determinada pesquisa. Glass e Stanley (70) neste particular assim se expressam:

"The popular notion among practicing researchers is that the statistician is a man who tells them "how large a sample to take". Presumably he derives this decision about sample size from studying cost per observation, costs of committing type I and type II errors, and the power of the test for different sample sizes and particular alternative values of the parameter about which a hypothesis is to be tested. ... However, in research in education and the social sciences it is rare that they can be specified with any confidence. We suspect that most statisticians consulting with researchers in these disciplines have had experiences similar to ours. We usually find ourselves advising persons to draw the largest sample they can afford to take; then we determine whether the sample size they tell us they are capable of taking is un necessarily large".

Nos dois Estudos foi utilizado o número máximo de elementos possível na amostra ensinada via televisão dentro das condições experimentais. Em verdade nenhuma das quatro amostras era formada por um grande número de elementos. Parece, no entanto, mais importante a realização de uma pesquisa com um número reduzido de alunos nas amostras do que não realizá-la, esperando condições experimentais futuras quiçá melhores.

4.3.2 A opinião dos alunos

Dado o pequeno número de alunos na amostra ensinada via televisão no Estudo I não foi possível aplicar um teste estatístico que permitisse efetuar decisões quanto à diferença ou não de opinião dos alunos. Isto porém não impede que seja feita uma comparação entre as opiniões dos alunos ensinados através de polígrafos nos dois Estudos.

Para tal procedeu-se exatamente como na comparação de opiniões descrita no Estudo II. Item por item do questionário dos alunos ensinados via polígrafos nos dois Estudos foram analisados frente ao teste de chi-quadrado. Em nenhum item do questionário o valor calculado excedeu o valor tabelado ao nível 0,1. Isto significa que os alunos ensinados através de instrução programada via polígrafos no primeiro semestre de 1973 não diferiram de opinião com outros alunos instruídos nas mesmas condições exatamente um semestre depois.

Esta estabilidade dos resultados para diferentes alunos, instruídos em diferentes semestres pelo mesmo método de ensino valoriza sobretudo os resultados obtidos no Estudo II.

4.3.3 Tempo empregado

Os dois Estudos foram consistentes quanto à comparação dos tempos empregados pelos alunos ensinados via televisão com os tempos utilizados pelos alunos instruídos através de polígrafos. Nos dois casos não foi detectada diferença significativa no tempo de estudo ao nível 0,01.

4.3.4 Aproveitamento

No que se refere ao aproveitamento dos alunos, medido com teste de escolha múltipla, não houve evidência de que alunos ensinados através de televisão atinjam escores significativamente diferentes dos alunos ensinados via polígrafo. Também neste particular os dois Estudos se demonstraram consistentes.

Certamente os resultados obtidos no Estudo II inspiram maior confiança, tendo base no sensível aumento do coeficiente de fidedignidade apresentado no teste de escolha múltipla.

4.3.5 Comparação de custos

Na estimativa foi mantida a ligeira vantagem apresentada pelo ensino via polígrafo frente à instrução através de televisão individualizada. No Estudo II os custos estimados aproximam-se bem mais que no Estudo I. Esta maior aproximação nos custos foi causada pelo rígido atendimento de no máximo dois alunos por sessão de estudos em cada sala de aula por um mesmo aluno-monitor.

Ambas as estimativas de custo preveem que as duas formas de transmissão de instrução programada se tornarão realmente econômicas quando aplicadas em maior escala.

V. CONCLUSÕES

O que sucederia à eficiência de um programa de instrução, se ele fosse apresentado a alunos de Física Geral da Universidade ao invés de via polígrafo via televisão ?

Após estas duas aplicações de instrução programada transmitida por estes dois meios a alunos de Física Geral desta Universidade por um período de duas semanas, várias conclusões podem ser formuladas.

A eficiência relativa dos dois métodos foi comparada quanto a quatro características: o aproveitamento dos alunos, suas opiniões, o tempo empregado no estudo e o custo de aplicação.

Comparadas as amostras de alunos que se submeteram à aplicação destes dois métodos, não foi detectada nenhuma diferença significativa ao nível 0,01 quanto à opinião dos alunos, seu aproveitamento e quanto ao tempo empregado no estudo. Assim, foi aceita a hipótese de que a eficiência de um mesmo programa não sofre alterações quanto a estas três características quando for apresentado aos alunos por polígrafo ou por televisão num período de duas semanas. Aceita-se esta hipótese como sendo de validade interna.

Confrontados os métodos quanto ao custo de aplicação, que durara duas semanas, constatou-se maior custo no método que se utilizava de televisão como meio de transmissão, sendo desta forma aceita a hipótese de menor eficiência nesta característica frente ao método via polígrafo. Aceita-se esta hipótese como sendo válida para estas duas experiências.

Além das conclusões que levaram à resposta da pergunta norteadora deste trabalho evidenciaram-se duas outras conclusões que merecem ser comentadas.

Primeiro, pode-se citar o fato auspicioso de, já nas primeiras tentativas com o meio televisão, conseguir-se transmitir a

instrução programada aos alunos, sem que ela tenha sofrido nenhum dano causado por uma ou outra falha casual na qualidade da imagem e do som. Esta conclusão se reveste de um significado todo especial, já que os vídeo-tapes foram produzidos sem apoio de qualquer equipe técnica. Disto não deve ser inferido que a Universidade não necessite de uma equipe técnica. Deve, isto sim, ser deduzido que professores desta Universidade terão grandes probabilidades de sucesso ao gravar e transmitir seus próprios programas para os seus alunos.

O segundo fato positivo é encontrado no custo. Concluiu-se que a televisão usada como meio para a transmissão de instrução programada foi mais cara que o seu contra-partido: o polígrafo; mas que este maior ônus monetário ficou bem abaixo do comumente imaginado. O custo da televisão ao transmitir de forma individualizada em circuito fechado um programa de instrução deste tipo nada tem de "astronômico" e, como foi mostrado, o próprio professor elaborador custa bem mais que as operações que envolvem a televisão. Há evidências de que a televisão, usada desta forma e operada por professores e funcionários da Universidade, possa vir a ser um meio auxiliar de ensino efetivo sem que com isto se onere significativamente o processo educacional.

Finalmente, as experiências mostraram claramente alguns caminhos a serem seguidos em pesquisas futuras no campo.

Assegurada a não - diferença de opinião, do tempo gasto no estudo e do aproveitamento, a instrução programada transmitida através de polígrafos pode ser usada agora como método de ensino de controle. Isto trará economia em equipamento para pesquisas no futuro.

Assim planeja-se a comparação de instrução programada animada via televisão com instrução programada ensinada via polígrafo, para estudar como os alunos se comportam e aprendem em cada caso. A instrução programada animada utilizaria a televisão em todos os seus variados recursos. Imagina-se que a motivação gerada com a animação nos itens da instrução possa aumentar muito a eficiência deste processo educacional. Nesta animação por certo devem ser esperados problemas e desafios com um campo pouco

explorado e pouco conhecido que é a percepção do aluno.

Tem-se em mente, ademais, uma experiência mais longa, com o intuito de registrar como os "tele-alunos" reagem nestas condições.

Propõe-se ainda uma comparação entre a instrução programada em pequeno grupo via televisão com instrução programada individual via polígrafo, para detectar se é possível atingir custo menor, talvez sem detrimento das outras três características de eficiência. Neste estudo deverá ser experimentado com tipos de grupos diferentes. Propõe-se de imediato os grupos homogêneos no ritmo próprio, os grupos de elementos reunidos ao acaso e os grupos de alunos formados de elementos simpatizantes. Muitas questões restam em aberto, e quer este trabalho marcar o início da caminhada da televisão como meio auxiliar de ensino de Física nesta Universidade, caminhada esta que se espera ser longa e frutífera, mas sobretudo firme na base forte do ensino individualizado.

6. REFERÊNCIAS

- 1) ALLOUCHE, J., Télévision et enseignement programmé, Communication et languages (11): 25-38, set. 1971.
- 2) ALONSO, M. & Finn, E.J., Fundamental University Physics, Reading, Mass., Addison-Wesley, 1967.
- 3) ARMSTRONG, R.L. & King, J.D., Mechanics, Waves and Thermal Physics, Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1970.
- 4) ATKINS, K.R., Physics, New York, N.Y., John-Wiley, 1966.
- 5) BELL, R.H., Televisions new Role in Education, IEEE, 1968, Paper 3-B-3.
- 6) BEST, J.W., Research in Education, 2nd. ed., Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1970.
- 7) BOWEN, J. E., et al, Teaching Introductory College Geology by Television, Washington, D.C., Council on Education in the Geological Sciences n° 6, 1971.
- 8) BUECHE, F., Principles of Physics. New York, N.Y., McGraw-Hill 1965.
- 9) CARPENTER, C.R. & Greenhill, L.P., Comparative Research on Methods and Media of presenting Programmed Courses in Mathematics and English, University Park, Pennsylvania State University, 1963.
- 10) CORNBERG, S., Design Factors of an Educational Television Program Production Center and Random Access Audio-Visual System Journal of the SMPTE, 72: 663-7, set. 1963.
- 11) DE CECCO, J.P., ed. Educational Technology, New York, N.Y., Holt Rinehart & Winston, 1964.
- 12) DWYER, F.M., Assessing Students Perceptions of the Instructional Value of Visual Illustrations used to complement Programmed Instruction, Programmed Learning, 8: 73-80, Abr. 1971.
- 13) FEYNMAN, R. et al, The Feynman Lectures on Physics, Reading, Mass., Addison-Wesley, 1963.
- 14) FRANK, H., ed. Lehrmaschinen, Stuttgart, Ernst Klett, 1963-66, 4 V.
- 15) FUCHS, W.R., Knaurs Buch vom neuen Lernen, Zürich, Droemersch Verlagsanstalt, 1969.

- 16) GAGNÉ, R.M., The Conditions of Learning, New York, N.Y., Holt, Rinehart & Winston, 1965.
- 17) GLASS, G. & Stanley, J.C., Statistical Methods in Education and Psychology, Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall, 1970.
- 18) GREENHILL, L.P., Programmed Instruction and Instructional Television Educational Screen and Television Guide, 46: 24-5, Jun. 1967.
- 19) GROPPER, G.L. & Lumsdaine, A.A., An Experimental Evaluation of the Contribution of Sequencing, Pre-Testing and Active Student Response to the Effectiveness of "Programmed Television Instruction, Pittsburg, American Institute for Research, 1961 (Studies in Televised Instruction, Report nº 3).
- 20) HAHN, K. et al, Methodik des Physikunterrichts, Heidelberg, Quelle & Meyer, 1970.
- 21) HALLIDAY, D. & Resnick, R., Physics for Students of Science and Engineering, Combined ed., New York, N.Y., John Wiley, 1965 Part I.
- 22) HIMMELWEIT, H., Britain's Open University: Theory, Practice and Challenge. Educational Broadcasting Review. Abril, 1973.
- 23) HOYT, R., Closed Circuit TV in Physics Demonstrations, In: Meiners, H.F. Physics Demonstration Experiments, New York, N.Y. Ronald Press, 1970, V. 2, cap. 20.
- 24) KELLER, F.S., Good bye Teacher ... Journal of Applied Behavior Analysis 1: 79-89, 1968.
- 25) LEITH, G.O.M., et al, Applications of Programmed Learning Principles to the Preparation of Television Lessons in Elementary Science and Mathematics, Programmed Learning and Educational Technology, 6: 209-30, Out. 1969.
- 26) LE MARNE, A., Evaluation of a Group Controlled Audio-Visual System of Programmed Learning, Physics Education 7 (4): 218-24, Maio, 1972.
- 27) MACDONALD, S.G.G., Problemas de Física Geral e suas Soluções, Rio de Janeiro, GB, Ao Livro Técnico, 1971.
- 28) MAGER, R., Preparing Instructional Objectives, Palo Alto, Cal. Fearon Publishers, 1962.

- 29) MARKLE, S.M., Good Frames and Bad, A Grammar of Frame writing, 2nd ed., New York, N.Y., John Wiley, 1969.
- 30) MCINTYRE, C.J. et al, An Application of the Principles of Programmed Instruction to a Televised Course in College Economics, Research report, Urbana, Ill., University of Illinois, 1966.
- 31) ORNSTEIN, R. & Rosa, A.C.S., Custos na Indústria Gráfica, Porto Alegre, RS, IA-UFRGS, 1970.
- 32) POSTLETHWAIT, S.N. et al, The Audio-Tutorial Approach to Learning, 2nd ed., Minneapolis, Minn., Burgess Publishing Company, 1969.
- 33) RUNKEL, P.J., & McGrath, J.E., Research on Human Behavior, New York, N.Y., Holt, Rinehart & Winston, 1972.
- 34) SCHRAMM, W. et al, Educação pela TV, Rio de Janeiro, GB, Bloch 1970.
- 35) SCHUPBACH, P., New sources of Instructional TV Programming, American School Board Journal, 153: 30-2, Set. 1966.
- 36) SIEGEL, S., Nonparametric Statistics. Tóquio, Japão. Kogakusha, c. MacGraw-Hill, New York, 1956.
- 37) SKINNER, B.F., Teaching Machines, Science, 128: 969-77, 1958.
- 38) STANLEY, R.J., Television and the University, Journal of the SMPTE, 72: 287-9, Abr. 1963.
- 39) TAVEGGIA, T.C. & Hedley, R.A., Teaching really matters or does it ? Engineering Education 62 (6): 546-9, 1972.
- 40) WELTMAN, J., Television University, The Television Society Journal 11 (1): 2-8, Jan. 1965.
- 41) WHITE, H.E., More effective teaching of Physics Through Television, American Journal of Physics 28 (4): 368-74, Abr. 1960.
- 42) WITT, P.W.F., New Ferment in A.V., The Teacher College Journal 64, 340-3, Jan. 1963.
- 43) VIANNA, H.M., Testes em Educação. São Paulo, SP. Ibrasa, Fundação Carlos Chagas, 1973.

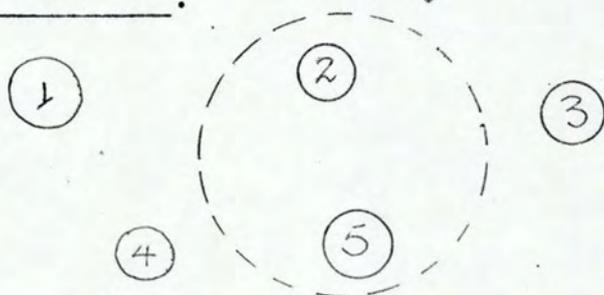
APÊNDICE A

MOMENTUM LINEAR - CONSERVAÇÃO

Assinale na folha de respostas a hora em que você iniciar.

Isole mentalmente uma região do espaço do resto do universo. A região isolada, com tudo o que nela se encontra, chamamos de sistema.

1) Na figura abaixo isolamos por meio de uma linha interrompida dois corpos dos outros. Os corpos 2 e 5 fazem parte do mesmo _____.

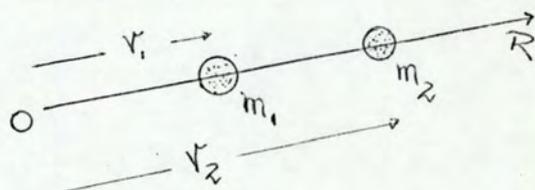


2) O corpo 3, mesmo interagindo com os corpos 2 e 5, está fora ou é externo, ao _____ escolhido.

3) Se você isolar mentalmente o corpo 2 do 5, os corpos 2 e 5 _____ (farão/não farão) parte do mesmo _____.

4) Considere agora um sistema onde encontramos duas massas, m_1 e m_2 . Se você observar a reta de referência \vec{R} você concluirá que a distância média de m_1 e m_2 à origem (0) será:

$$\frac{|\vec{r}_1| + \dots}{2}$$



5) Em Física interessa-nos uma outra média, que além das distâncias também leva em conta as massas dos corpos, a posição de Centro de Massa. O centro de _____ obtemos considerando _____, além das distâncias dos corpos (relativas a uma origem) também as suas _____.

6) Localizamos o _____ de dois corpos no sistema efetuando a seguinte operação:

$$\vec{r}_{CM} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2}{m_1 + m_2}$$

7) Na equação $\vec{r}_{CM} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2}{m_1 + m_2}$ fazemos uma média, tomando em conta as distâncias dos corpos (relativas a uma origem) e também as suas _____.

8) Escreva a equação que dá a posição do Centro de Massa para dois corpos no sistema $\vec{r}_{CM} =$ _____.

9) Se $m_1 = 0$ você conclui que $\vec{r}_{CM} =$ _____.

10) Se temos somente uma massa m_2 no sistema então o Centro de Massa se localiza no _____ de m_2 .

11) Voltando à equação $\vec{r}_{CM} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2}{m_1 + m_2}$ podemos dizer que $m_1 + m_2$ é massa _____ (total/parcial) do sistema.

12) Logo, $m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 = M_{tot}$ _____

13) Podemos, então, muitas vezes com vantagem, pensar que temos no sistema, em vez de m_1 e m_2 , uma massa total $M_{tot} = m_1 + m_2$ concentrada na posição chamada _____.

14) Centro de massa de um sistema é a posição onde podemos pensar toda a massa _____.

15) Sendo r_{CM} um vetor podemos calcular as componentes X_{CM} , Y_{CM} e Z_{CM} usando as equações

$$X_{CM} = \frac{X_1 M_1 + \dots}{M_1 + M_2}$$

$$Y_{CM} = \frac{Y_1 M_1 + Y_2 M_2}{M_1 + M_2}$$

$$Z_{CM} = \frac{Z_1 M_1 + \dots}{M_1 + M_2}$$

16) Você se lembra da equação que dá a posição do centro de massa para duas partículas? Escreva-a: _____.

17) Se $m_1 = 2$ kg; $m_2 = 4$ kg; $X_1 = +2$; $X_2 = +4$; $X_{CM} =$ _____.

18) Se $m_1 = 2$ kg; $m_2 = 4$ kg; $(X_1, Y_1) = (+4, +5)$; $(X_2, Y_2) = (+5, +6)$ faça um desenho num sistema de coordenadas representando esta situação.

19) Se $m_1 = 2$ kg; $m_2 = 4$ kg; $(X_1, Y_1) = (+4, +5)$; $(X_2, Y_2) = (X_{CM}, Y_{CM}) = (__, __)$

20) Podemos estender o conceito de centro de massa para n corpos

$$r_{CM}^{\rightarrow} = \frac{m_1 r_1^{\rightarrow} + m_2 r_2^{\rightarrow} + \dots + m_n r_n^{\rightarrow}}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

Centro de massa é a posição onde podemos pensar toda a _____ do sistema _____.

21) A equação para n corpos pode ser escrita também da seguinte forma:

$$r_{CM}^{\rightarrow} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i r_i^{\rightarrow}}{\sum_{i=1}^n m_i} \text{ onde,}$$

$\sum_{i=1}^n m_i r_i^{\rightarrow} = \dots + \dots$ é onde $\sum_{i=1}^n m_i$ é a massa

no sistema _____ no sistema.

22) A primeira vantagem da introdução do conceito de centro de massa é que dadas, por exemplo, 10 milhões de partículas no sistema, podemos pensar a massa dessas 10 milhões de partículas _____ em um só ponto chamado de _____.

23) Escreve a equação que dá a localização do centro de massa para n partículas no sistema:

$$\vec{r}_{CM} = \underline{\hspace{10em}}$$

24) Usemos a equação definidora do centro de massa

$M_{tot} \cdot \vec{r}_{CM} = m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 + \dots + m_n \vec{r}_n$. Diferenciando esta equação em relação ao tempo, obtemos

$$M_{tot} \cdot \frac{d\vec{r}_{CM}}{dt} = m_1 \frac{d\vec{r}_1}{dt} + m_2 \frac{d\vec{r}_2}{dt} + \dots + m_n \frac{d\vec{r}_n}{dt}$$

onde $\frac{d\vec{r}_{CM}}{dt}$, $\frac{d\vec{r}_1}{dt}$, $\frac{d\vec{r}_2}{dt}$, ..., $\frac{d\vec{r}_n}{dt}$ são as _____ (acelerações/velocidades) vetoriais instantâneas de : centro de massa , partícula 1, partícula 2, etc.

25) Podemos escrever então para um dado tempo $M_{tot} \cdot \vec{v}_{CM} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \underline{\hspace{2em}}$

26) Chamamos o produto da massa do corpo pela sua velocidade vetorial de Momentum Linear do corpo. $m_1 \vec{v}_1$ é o _____ linear da partícula:

- 1,
- 2,
- centro de massa

27) $m_2 \vec{v}_2$ é o momentum linear da partícula 2 e é um _____ (vetor/escalar)

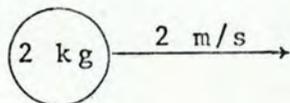
28) O momentum linear é representado pela letra $\vec{p} = \underline{\hspace{2em}}$

20) Se $m = 2 \text{ kg}$ e $|\vec{v}| = 2 \text{ m/s}$, então $|\vec{p}| = \underline{\hspace{2em}} \text{ kgm/s}$.

30) Chamamos de momentum linear de um corpo o produto de sua _____ pela sua _____ vetorial.

31) Por que \vec{p} , o momentum linear, é um vetor?

32) Desenhe o vetor \vec{p} do corpo ilustrado abaixo:



33) Lembramos você novamente da equação obtida por diferenciação. $M_{\text{tot}} \cdot \vec{V}_{\text{CM}} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n$

Escreva esta equação quando no sistema escolhido existirem somente duas massas, m_1 e m_2 .

34) A soma $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n$ é um _____ (Vetor/escalar) que representa o _____ resultante do sistema.

35) O momentum linear resultante no sistema se obtém somando (complete usando suas próprias palavras) _____

36) Mas $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n = \vec{p}_{\text{resultante}}$ e $m_1 \vec{v}_1 + \dots + m_n \vec{v}_n = M_{\text{tot}} \cdot \vec{V}_{\text{CM}}$. Você conclui que o momentum linear resultante no sistema é o momentum linear do _____.

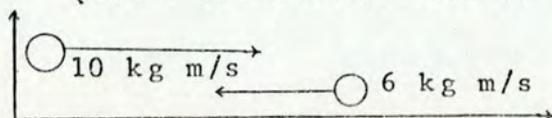
37) O momentum linear do centro de massa se obtém multiplicando a massa _____ no sistema pela _____ vetorial do centro de massa.

38) O momentum linear do centro de massa é um _____ (vetor/escalar).

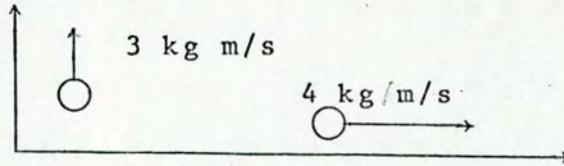
39) O momentum linear do centro de massa é igual a soma dos _____ de todas as partículas encontradas no _____ (universo/sistema).

40) Para os dados abaixo: Qual é o momentum linear resultante no sistema?

Qual é o momentum linear do centro de massa do sistema?

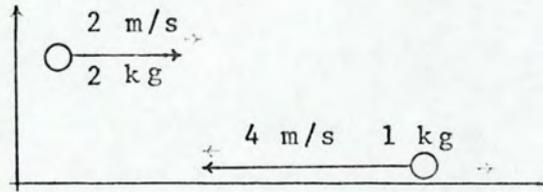


41) Para os dados abaixo:



Qual é o módulo do momentum linear do centro de massa do sistema?

42) Para os dados abaixo:



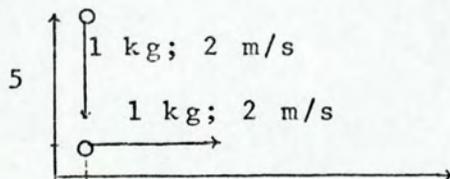
Qual é a massa total no sistema?

Qual é a velocidade do centro de massa?

43) Escreva a equação que dá a localização do CM para dois corpos $\vec{r}_{CM} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2}{m_1 + m_2}$

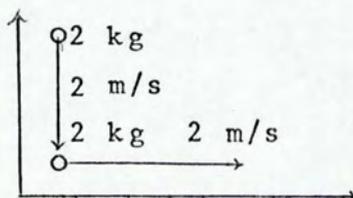
44) Escreva a equação que dá o momentum linear do centro de massa para dois corpos. $M_{tot} \cdot \vec{v}_{CM} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$

45) Qual é a localização (X_{CM}, Y_{CM}) do centro de massa no esquema abaixo?



46) Escreva a equação de soma dos momenta: $\vec{p}_{tot} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + m_3 \vec{v}_3$

Qual é o módulo da velocidade do CM no esquema abaixo?



47) Escreva a equação que dá o centro de massa para n corpos no sistema.

48) Escreva a equação do momentum linear do centro de massa quando existem n corpos no sistema.

49) Escreva a equação que dá a velocidade do centro de massa em função das massas e velocidades das partículas no sistema.

50) A segunda vantagem do conceito centro de massa é que, dados 10 milhões de momenta lineares no sistema, podemos pensar todos eles reunidos no momentum linear de um só ponto, denominado _____.

Se você quiser descansar um pouco esta é uma boa oportunidade

51) Voltamos à questão da soma dos momenta lineares.

$$M_{\text{tot}} \cdot \vec{V}_{\text{CM}} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n.$$

Diferenciemos esta equação em relação ao tempo. Obtemos

$$M_{\text{tot}} \frac{d\vec{V}_{\text{CM}}}{dt} = m_1 \frac{d\vec{v}_1}{dt} + m_2 \frac{d\vec{v}_2}{dt} + \dots + m_n \frac{d\vec{v}_n}{dt} \quad \text{onde}$$

$$\frac{d\vec{V}_{\text{CM}}}{dt}, \frac{d\vec{v}_1}{dt}, \frac{d\vec{v}_2}{dt}, \dots, \frac{d\vec{v}_n}{dt} \quad \text{são as } \underline{\hspace{2cm}}$$

vetoriais instantâneas do: centro de massa, partícula 1, partícula 2, etc.

52) Podemos escrever para um dado tempo:

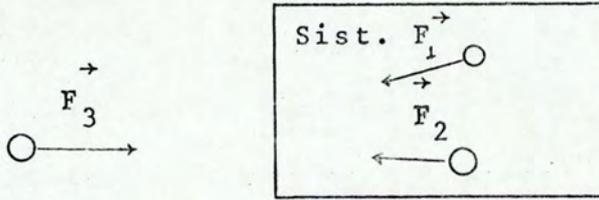
$$M_{\text{tot}} \cdot \vec{a}_{\text{CM}} = m_1 \vec{a}_1 + m_2 \vec{a}_2 + \dots + m_n \underline{\hspace{1cm}}$$

53) $M_{\text{tot}} \vec{a}_{\text{CM}} = m_1 \vec{a}_1 + m_2 \vec{a}_2 + \dots + m_n \vec{a}_n$. Analisemos esta equação termo a termo, lembrando a 2ª Lei de Newton, em que $m_1 \vec{a}_1$ é igual a _____ resultante que age sobre m_1 .

54) Chamemos $m_1 \vec{a}_1$ de F_1^{\rightarrow} , $m_2 \vec{a}_2$ de F_2^{\rightarrow} ..., $m_n \vec{a}_n$ de F_n^{\rightarrow} . Podemos reescrever esta equação da seguinte forma: $M_{\text{tot}} \vec{a}_{\text{CM}} = \underline{\hspace{2cm}}$

55) $F_1^{\rightarrow} + F_2^{\rightarrow} + \dots + F_n^{\rightarrow}$ é a soma vetorial de todas as forças que atuam sobre as partículas dentro do _____

56) Para o sistema do desenho abaixo qual a equação aplicável?



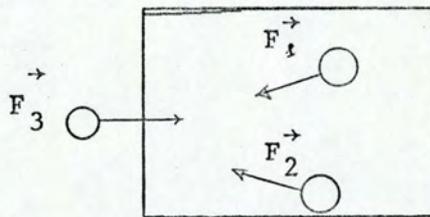
Assinale:

a) $M_{\text{tot}} \vec{a}_{\text{CM}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$

b) $M_{\text{tot}} \vec{a}_{\text{CM}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

57) As forças que interessam, para acharmos $M_{\text{tot}} \vec{a}_{\text{CM}}$ são as forças que atuam sobre as partículas _____ do sistema

58) Para o sistema do desenho abaixo, qual a equação aplicável?

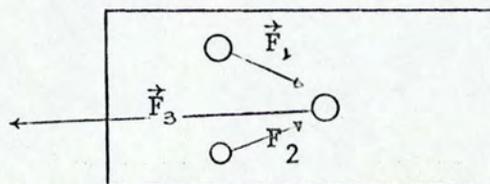


Assinale a correta:

a) $M_{\text{tot}} \vec{a}_{\text{CM}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$

b) $M_{\text{tot}} \vec{a}_{\text{CM}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

59) Para o sistema abaixo, qual a equação aplicável?

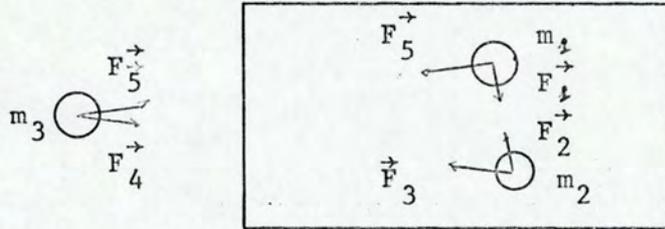


Assinale a correta:

a) $M_{\text{tot}} \vec{a}_{\text{CM}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{f}_3$

b) $M_{\text{tot}} \vec{a}_{\text{CM}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

60) Suponha que exista três partículas interagindo. Somente m_1 e m_2 fazem parte do sistema. Qual é a equação aplicável para este caso?



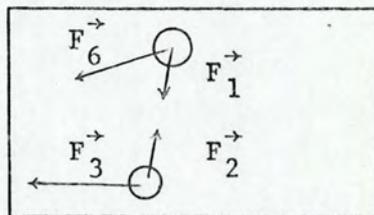
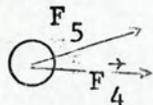
Assinale a correta:

- a) $M_{tot}^{a_{CM}} = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6$
- b) $M_{tot}^{a_{CM}} = F_1 + F_2 + F_3 + F_6$

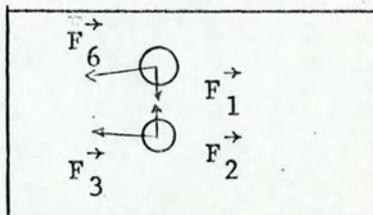
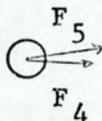
61) Mesmo havendo interações com partículas externas, devemos atentar para que na equação $M_{tot}^{a_{CM}} = F_1 + F_2 + \dots + F_n$ somente incluamos forças que atuam sobre partículas _____ do _____.

62) Observando novamente o sistema desenhado abaixo, você notará que, por causa da 3ª Lei de Newton, F_1 e F_2 são iguais em módulo e direção, com sentido contrário. Logo (assinale):

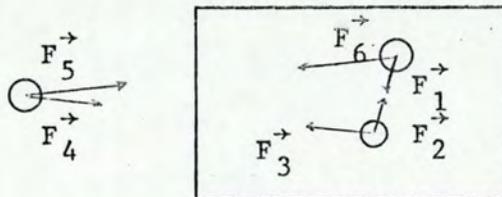
- a) $F_1 + F_2 = 0$
- b) $F_1 + F_2 \neq 0$



63) No sistema abaixo F_6 se deve a interações com partículas _____ do sistema e F_2 se deve a interações com partículas _____ do sistema.



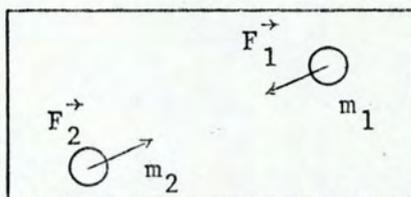
64) Qual a equação aplicável para o caso desenhado abaixo?



Assinale a correta:

- a) $M_{\text{tot}}^{\vec{a}_{\text{CM}}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \vec{F}_5 + \vec{F}_6$
 b) $M_{\text{tot}}^{\vec{a}_{\text{CM}}} = \vec{F}_3 + \vec{F}_6$

65) Qual é a equação aplicável para o caso desenhado abaixo?



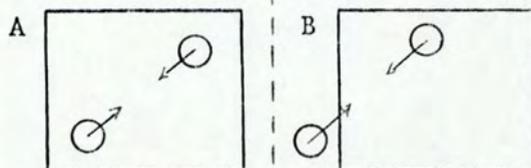
Assinale a correta:

- a) $M_{\text{tot}}^{\vec{a}_{\text{CM}}} = \vec{F}_1$
 b) $M_{\text{tot}}^{\vec{a}_{\text{CM}}} = \vec{F}_2$
 c) $M_{\text{tot}}^{\vec{a}_{\text{CM}}} = 0$

66) Logo, $M_{\text{tot}}^{\vec{a}_{\text{CM}}}$ é diferente de zero somente quando houver interação das partículas dentro do sistema com partículas _____ do _____.

67) Se temos um sistema isolado efetivamente do resto do universo, de forma que não haja interação do sistema com o exterior, concluímos que $M_{\text{tot}}^{\vec{a}_{\text{CM}}}$ neste sistema é igual a _____.

68) Em qual dos sistemas desenhados abaixo $M_{\text{tot}}^{\vec{a}_{\text{CM}}} = 0$?



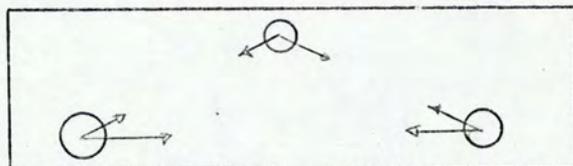
Assinale:

- a) Sistema A.
 b) Sistema B.

69) No sistema desenhado abaixo, o centro de massa pode estar acelerado? (sim, não)

As partículas m_1 , m_2 e m_3 podem estar aceleradas? (sim, não)

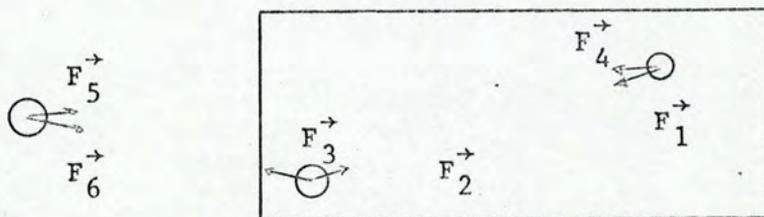
Note que $M_{\text{tot}} \neq 0$



70) O centro de massa de um sistema s \tilde{o} estar \tilde{a} acelerado quando houver intera \tilde{c} o \tilde{a} o (complete) _____.

71) Portanto, podemos escrever que: $M_{\text{tot}} \vec{a}_{\text{CM}} = \vec{F}_{\text{ext}}$, onde \vec{F}_{ext} significa: soma das for \tilde{c} as que atuam sobre part \tilde{c} ulas dentro do sistema devido \tilde{a} intera \tilde{c} o \tilde{a} o com part \tilde{c} ulas _____ do sistema.

72)



Para o sistema acima identifique \vec{F}_{ext} :

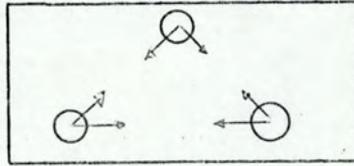
- a) $\vec{F}_{\text{ext}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \vec{F}_5 + \vec{F}_6$
 b) $\vec{F}_{\text{ext}} = \vec{F}_3 + \vec{F}_4$

73) Portanto (assinale a resposta correta)

- a) \vec{F}_{ext} \tilde{e} a soma das for \tilde{c} as que agem fora do sistema
 b) \vec{F}_{ext} \tilde{e} a soma das for \tilde{c} as que agem dentro do sistema, devido \tilde{a} intera \tilde{c} o \tilde{a} o com corpos fora do sistema.

74) A soma das for \tilde{c} as devido \tilde{a} intera \tilde{c} o \tilde{a} o \tilde{e} s internas (\vec{F}_{int}) no sistema \tilde{e} igual a _____ por causa da terceira lei de Newton.

75) Para o sistema isolado desenhado abaixo, você conclui que (assinale as corretas):

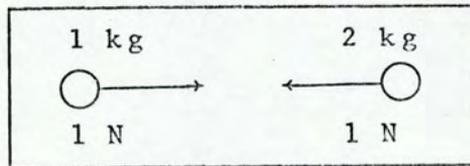


- a) $F_{\text{ext}}^{\rightarrow} \neq 0$
 b) $F_{\text{ext}}^{\rightarrow} = 0$
 c) $F_{\text{int}}^{\rightarrow} \neq 0$
 d) $F_{\text{int}}^{\rightarrow} = 0$

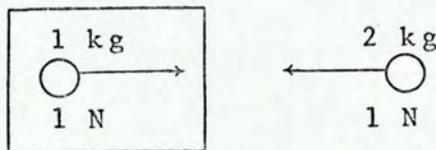
76) Forças devidas à interações internas ao sistema não podem acelerar o _____.

77) O centro de massa de um sistema somente é acelerado quando houver interação com partículas _____ do sistema

78) Qual é a aceleração do centro de massa no sistema representado abaixo?



79) Qual a aceleração do centro de massa no sistema representado abaixo?



80) Se você tomar um sistema do tamanho do nosso universo, de forma que não haja mais nenhum corpo fora do sistema, você conclui que o centro de massa do universo todo não estará _____.

81) $F_{\text{ext}}^{\rightarrow}$ atua fora do sistema? (sim, não)

82) $F_{\text{ext}}^{\rightarrow}$ é devido à interação com corpos fora do sistema? (sim, não)

83) Se $F_{\text{ext}}^{\rightarrow} = 0$, você conclui que o centro de massa (complete) _____.

84) $M_{\text{tot}} \vec{a}_{\text{CM}} = \vec{F}_{\text{ext}}$. Voltemos um pouco para trás:

$$\vec{a}_{\text{CM}} = \frac{d\vec{v}_{\text{CM}}}{dt}; \text{ logo}$$

$$\vec{F}_{\text{ext}} = \underline{\hspace{2cm}}.$$

85) Se M_{tot} do sistema é constante, podemos escrever que

$$M_{\text{tot}} \cdot \frac{d\vec{v}_{\text{CM}}}{dt} = \frac{d(M_{\text{tot}} \vec{v}_{\text{CM}})}{dt} = \frac{\vec{F}_{\text{int}} / \vec{F}_{\text{ext}}}{\hspace{2cm}}$$

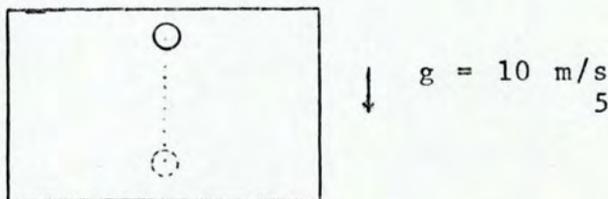
86) Multiplicando ambos os lados da equação $\frac{d(M_{\text{tot}} \vec{v}_{\text{CM}})}{dt} = \vec{F}_{\text{ext}}$ por dt , obtemos $\underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$.

87) Chamemos o produto $\vec{F} \cdot dt$ de Impulso (no caso impulso diferencial). Impulso é o produto da força pelo intervalo de $\underline{\hspace{2cm}}$ durante o qual ela age.

88) $\vec{F}_{\text{ext}} \cdot dt$ é o impulso devido à $\underline{\hspace{2cm}}$.

89) $\vec{F}_1 \cdot dt$ é o $\underline{\hspace{2cm}}$ devido à força \vec{F}_1 .

90) Uma massa de 1 kg cai livremente por 5 metros. Calcule o impulso sofrido pela massa nesta queda.



91) $d(M_{\text{tot}} \vec{v}_{\text{CM}}) = \vec{F}_{\text{ext}} \cdot dt$. Mas $M_{\text{tot}} \vec{v}_{\text{CM}}$ é o $\underline{\hspace{2cm}}$ do centro de massa.

92) Chamamos $M_{\text{tot}} \vec{v}_{\text{CM}}$ de \vec{P}_{CM} ; \vec{P}_{CM} é o $\underline{\hspace{2cm}}$ do $\underline{\hspace{2cm}}$.

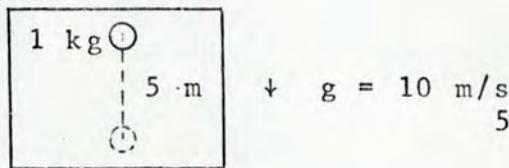
93) Então $d(\vec{P}_{\text{CM}}) = \vec{F}_{\text{ext}} \cdot dt$. $d(\vec{P}_{\text{CM}})$ significa variação do $\underline{\hspace{2cm}}$ do $\underline{\hspace{2cm}}$.

94) $d(\vec{P}_{CM}) = \vec{F}_{ext} \cdot dt$. Esta equação quer dizer que: A variação do _____ do centro de massa é igual ao impulso devido às interações com corpos _____ do sistema.

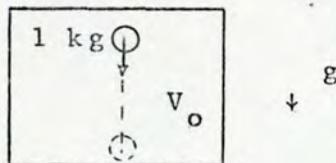
95) $d(\vec{P}_{CM}) = \vec{F}_{ext} \cdot dt$.

Você sabe que $\vec{P}_{CM} = M_{tot} \vec{v}_{CM}$. \vec{P}_{CM} tem como unidade de medida kgm/s. Observando porém a equação acima, você conclui que a unidade de medida de momentum linear poderia ser _____.

96) Uma massa é solta do repouso e cai livremente durante 1 s. Qual é a variação do momentum linear desta massa nesta queda? (use impulso)



97) Uma massa é atirada com velocidade inicial vertical $V_0 = 10 \text{ m/s}$ e cai livremente durante 1 s. Qual é a variação do momentum linear desta massa nesta queda? (use impulso)



98) Se não há força externa o impulso devido às interações com corpos externos ao sistema é igual a _____.

99) Se o sistema está realmente isolado: $\vec{F}_{ext} \cdot dt = \underline{\hspace{2cm}}$.

100) Como $d(\vec{P}_{CM}) = \vec{F}_{ext} \cdot dt$, concluímos que, se o sistema não interage com corpos externos, $d(\vec{P}_{CM}) = \underline{\hspace{2cm}}$,

101) Se $\vec{F}_{ext} \cdot dt = 0 = d(\vec{P}_{CM}) = 0$, constatamos que se a variação do momentum linear é nula o momentum linear do centro de massa só pode ser _____.

102) Num sistema isolado do exterior, ($F_{\text{ext}}^{\rightarrow} = 0$), o _____ do centro de massa é _____.

103) Não há modo de alterar o momentum linear do centro de massa de um sistema quando o sistema estiver _____ do exterior.

104) Mas o momentum linear do CM é a soma de todos os _____ encontrados no sistema

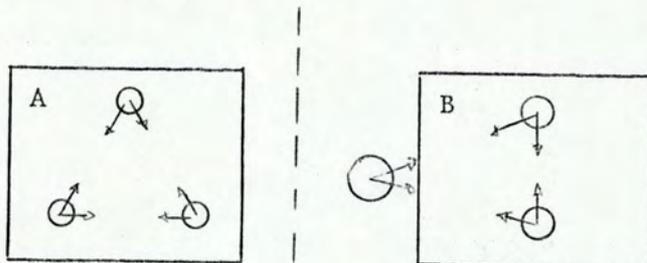
105) Não há modo de alterar o momentum linear total de um sistema quando $F_{\text{ext}}^{\rightarrow} =$ _____.

106) Se a força externa é nula segue que $P_{\text{CM}}^{\rightarrow} =$ _____. Dizemos que o Momentum Linear do sistema se conserva.

107) Se $F_{\text{ext}}^{\rightarrow} \neq 0$ segue que $P_{\text{CM}}^{\rightarrow}$ é _____. Dizemos que o momentum linear do sistema não se _____.

108) Há conservação do momentum linear no sistema quando este não está sujeito à interações com corpos _____ do sistema.

109)

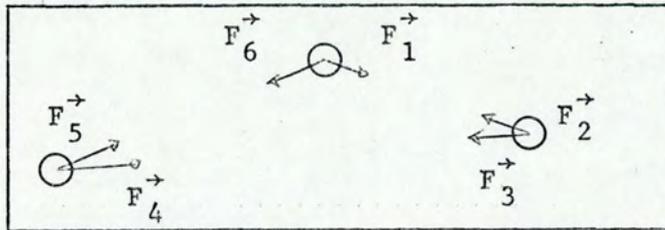


Em qual sistema há conservação do momentum linear total? Assinale:

- a) Sistema A.
- b) Sistema B.

110) Enuncie então o princípio de conservação do momentum linear. Se $F_{\text{ext}}^{\rightarrow}$ for nula (complete) _____.

111)

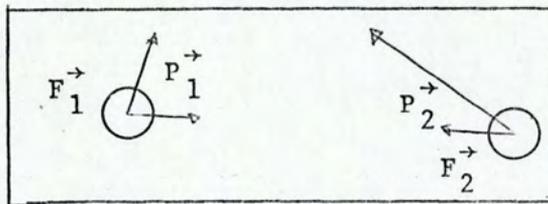


a) No sistema acima pode mudar o momentum linear de cada partícula? (sim/não) _____.

b) Pode mudar o momentum linear total no sistema? (sim/não) _____.

112) Interações internas ao sistema podem mudar o momentum linear das _____ mas não o momentum linear total do _____.

113)



No sistema acima, duas partículas estão interagindo. Uma das partículas muda o seu momentum linear de $+\Delta\vec{P}_1$. Qual será a mudança do momentum linear da outra partícula? Por que?

114) Num sistema não sujeito a $F_{\text{ext}}^{\rightarrow}$ (complete) _____.

115) Podemos ter então 10 milhões de partículas no sistema, com 10 milhões de momenta lineares; se não houver interações com corpos externos o _____ total do sistema permanecerá _____.

RESPOSTA CERTA	OK	RESPOSTA ELABORADA POR VOCÊ	Nº
Concentradas centro de massa			22
$\vec{r}_{CM} = \frac{\sum m_i \vec{r}_i}{\sum m_i}$			23
velocidades			24
\vec{v}_n			25
momentum; 1			26
vetor			27
$m\vec{v}$			28
4			29
massa; velocidade			30
esc.vetor = vetor			31
4 kgm/s \vec{v}			32
$M_{tot} \vec{v}_{CM} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$			33
vetor; momentum linear			34
somando os momentos lineares parciais			35
centro de massa			36
total; velocidade			37
vetor			38
momenta lineares sistema			39
+4kg.m/s			40
+4kg.m/s			
5 kg.m/s			41
3 kg			42
0 m/s			
$\frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2}{m_1 + m_2}$			43
$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$			44
$(x,y)_{CM} = (1,3)$			45
$M_{tot} \vec{v}_{CM} = M_1 \vec{v}_1 + M_2 \vec{v}_2$			46
$v_{CM} = \sqrt{2} \text{ m/s}$			
$\vec{r}_{CM} = \frac{\sum m_i \vec{r}_i}{\sum m_i}$			47

RESPOSTA CERTA	OK	RESPOSTA ELABORADA POR VOCÊ	Nº
$M_{tot} v_{CM}^{\rightarrow} = m_1 v_1^{\rightarrow} + m_n v_n^{\rightarrow}$			48
$v_{CM}^{\rightarrow} = \frac{m_1 v_1^{\rightarrow} + \dots + m_n v_n^{\rightarrow}}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$			49
centro de massa			50
acelerações			51
a_n^{\rightarrow}			52
força			53
$F_1^{\rightarrow} + F_2^{\rightarrow} + \dots + F_n^{\rightarrow}$			54
sistema			55
b)			56
dentro			57
b)			58
a)			59
b)			60
dentro; sistema			61
a)			62
fora; dentro			63
b)			64
c)			65
fora; sistema			66
zero			67
sistema A			68
não; sim			69
de part. dentro com part. fora do sistema			70
fora			71
b)			72
b)			73
zero			74
b); d)			75
centro de massa			76
fora			77
0 m/s ²			78
1 m/s ²			79
acelerado			80
não			81
sim			82

RESPOSTA CERTA	OK	RESPOSTA ELABORADA POR VOCÊ	Nº
não está acelerado			83
$= M_{\text{tot.}} \frac{d\vec{v}_{\text{CM}}}{dt}$			84
$= \vec{F}_{\text{ext}}$			85
$d(M_{\text{tot}} \vec{v}_{\text{CM}}) = \vec{F}_{\text{ext}} dt$			86
tempo			87
força externa			88
impulso			89
10 N.s			90
momentum linear			91
momentum linear centro de massa			92
momentum linear centro de massa			93
momentum linear fora			94
N.s			95
10 kgm/s ou 10 N.s			96
10 kg m/s			97
zero			98
= 0			99
= 0			100
constante			101
momentum linear constante			102
isolado			103
momenta lineares			104
= 0			105
constante			106
variável; conserva			107
fora			108
sistema A			109
o \vec{p}_{tot} no sistema se conserva			110
sim; não			111
partículas sistema			112
- $\Delta \vec{p}_1$ porque $\vec{p}_{\text{tot}} = \text{constante}$			113

RESPOSTA CERTA	OK	RESPOSTA ELABORADA POR VOCÊ	Nº
o \vec{p}_{tot} fica constante			114
momentum linear constante			115

Hora do término: h min.

Total de minutos:

MOMENTUM LINEAR - APLICAÇÕES I

Anote na folha de respostas a hora em que você iniciar.

Leia o problema com atenção passando logo aos itens que levam à solução.

Problema nº 1 - Considere duas massas de 2kg e 1kg a uma altura de 5 m do chão. As duas massas estão separadas de 2 m. Elas se atraem mutuamente com uma força de 10 N. A aceleração da gravidade no local é de 10 m/s^2 . No instante $t = 0$ as massas são soltas. Considere no sistema somente as duas massas. a) Qual a posição do centro de massa em $t = 0 \text{ s}$ e $t = 1 \text{ s}$? b) Há conservação do momento linear neste sistema? c) Escolha um sistema para o qual $P_{\text{tot}}^{\vec{}} = \text{cte}$.

1) Vamos resolver este problema por passos. Inicialmente faça um esquema da situação. Não esqueça de desenhar as forças.

2) Qual é a posição do centro de massa (X_{CM} , Y_{CM}) em $t = 0 \text{ s}$? Você tem a localização de m_1 e m_2 a um sistema de referência XY? Então aplique a equação que dá a posição do CM.

3) Depois de encontrada a localização do CM em $t = 0 \text{ s}$, vamos achá-la em $t = 1 \text{ s}$: O sistema sofre $F_{\text{ext}}^{\vec{}}$? (sim/não).

4) As forças internas ao sistema aceleram o CM? (sim/não).

5) Quanto vale $F_{\text{ext}}^{\vec{}}$? (Não esqueça nada).

6) Se $F_{\text{ext}}^{\vec{}} = M_{\text{tot}} \cdot a_{\text{CM}}^{\vec{}}$ calcule a aceleração do CM. Qual a direção e o sentido de $a_{\text{CM}}^{\vec{}}$?

7) Calculada a aceleração e dado o tempo, calcule a posição do CM em $t = 1 \text{ s}$. (note que $h_{t=0} = 5 \text{ m}$).

8) Há conservação do momentum linear neste sistema ?

A $F_{\text{ext}}^{\rightarrow}$ é nula ?

9) Escolha um sistema para o qual $P_{\text{tot}}^{\rightarrow} = \text{cte}$. O sistema deve ser tal que $F_{\text{ext}}^{\rightarrow} = 0$. Portanto devemos incluir os corpos que produzem $F_{\text{ext}}^{\rightarrow}$ no sistema. Concluimos que: Para que $P_{\text{tot}}^{\rightarrow} = \text{cte}$, _____

Problema nº 2 - Um gato que pesa 6 N está a 20 m do cais do porto, parado sobre um barco. Ele caminha 8 m sobre o barco no sentido do cais e pára. Se o barco pesa 60 N qual será a distância do gato até o cais ? Não há atrito entre o barco e a água.

10) Faça um esquema do gato e do barco considerando o cais como origem do sistema de referência.

11) O gato pesa 6 N e o barco 60 N. Qual será a massa de cada um ? ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

12) O gato está a 20 m do cais e o centro do barco a X_1 m do cais. Ache o centro de massa do sistema gato - barco (em função de X_1 , é claro).

13) A terra atrai o barco e o gato mas a água sustenta a ambos. Há $F_{\text{ext}}^{\rightarrow}$ atuando sobre o sistema ?

14) O fato de caminhar no barco pode acelerar o CM do sistema gato - barco ?

15) Conclusão: O centro de massa do sistema gato - barco _____ seja o que for que aconteça dentro do sistema.

16) Quando o gato caminha em direção ao cais o barco se _____ do cais de tal maneira que o centro de massa _____.

17) Se o barco não se movesse e o gato caminhasse 8 m no sentido do cais, qual seria a distância final ao cais do gato ?

18) Se na verdade o barco se afasta por Δx do cais, qual será a distância final gato-cais ?

19) Se o barco se afasta de uma distância Δx do cais, qual será a distância final "centro do barco-cais"?

20) Faça um esquema desta nova situação.

21) Escreva a equação que dá a posição do CM gato-barco nesta nova situação.

22) Se o CM não se move quando sujeito à forças _____ ao sistema, você pode escrever: X_{CM} antes = _____ .

23) Calcule a distância Δx percorrida pelo barco. Qual é a distância final gato-cais ?

Problema nº 3 - Um barco* em repouso explode em três pedaços. Dois pedaços de mesma massa adquirem velocidades iguais de 30 m/s, porém em direções perpendiculares. O terceiro pedaço tem o triplo da massa de cada um dos outros pedaços. Qual a direção e qual o módulo da velocidade do terceiro pedaço ?

24) Faça um esquema do barco antes da explosão.

25) No sistema "barco" qual é o momentum linear antes da explosão ?

26) No problema não há menção relativa ao atrito. A força peso é equilibrada pelo empuxo da água. Há F_{ext}^{\rightarrow} atuando sobre o sistema "barco" ?

27) Qualquer explosão que ocorre dentro do sistema pode acelerar o CM ?

28) Qual deve ser o momentum linear total no sistema "barco" após a explosão ?

29) Faça um esquema do barco explodido em três pedaços. Desenhe as velocidades dadas no problema. ($V_1=30\text{m/s}$ $V_2=30\text{m/s}$, $V_1 \perp V_2$)

30) Some vetorialmente os momenta lineares dos dois pedaços iguais.

31) Porém P_{tot} no sistema é igual a _____ ,
portanto ... $|P^{\rightarrow}|_{3^{\circ} ped} =$ _____. Qual será a direção do
 $P^{\rightarrow}_{3^{\circ} ped}$?

32) Qual será o módulo da velocidade do terceiro pedaço ?

33) Se houvesse atrito entre água e pedaços alterar-se-iam os resultados ?

INSTITUTO DE FISICA DA UFRGS

FIS 102

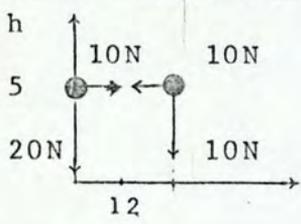
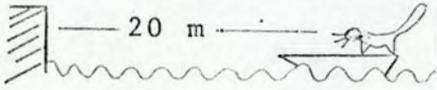
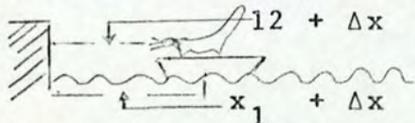
Folha de Respostas

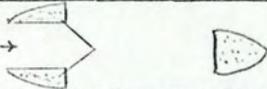
Assinale a hora

de início:

.... h ... min.

MOMENTUM LINEAR - APLICAÇÕES

RESPOSTA CERTA	OK	RESPOSTA ELABORADA POR VOCÊ	Nº
		$h \uparrow$ $m_1 = 2 \text{ kg}$ $m_2 = 1 \text{ kg}$ $h_1 = h_2 = 5 \text{ m}$ $x_1 = 0 \text{ m}$ $x_2 = 2 \text{ m}$ $\rightarrow x$	1
(0,66;5)			2
sim			3
não			4
30 N			5
$a_{CM} = 10 \text{ m/s}^2 \text{ (g)}$			6
$h(t=1s) = 0m$			7
não há conservação do momentum linear			8
Deve-se incluir a Terra no sistema			9
		$P_1 = 6 \text{ N}$ $P_2 = 60 \text{ N}$ $x = 20 \text{ m}$	10
0,6 kg e 6 kg			11
$x_{CM} = \frac{20 \cdot 0,6 + x_1 \cdot 6}{6,6}$			12
não			13
não			14
fica no mesmo lugar			15
afasta continua parado			16
12 m			17
$12 \text{ m} + \Delta x$			18
$x_1 + \Delta x$			19
			20

RESPOSTA CERTA	OK	RESPOSTA ELABORADA POR VOCÊ	Nº
$x_{CM} = \frac{(12 + \Delta x)0,6 + (x_1 + \Delta x)6}{6,6}$			21
internas $x_{CMantes} = x_{CMdepois}$			22
$x = 4,8/6,6$ $12 + 4,8/6,6$			23
$v = 0$ m_t			24
$P_{tot}^{\rightarrow} = 0 \text{ kg.m/s}$			25
não			26
não			27
$P_{tot}^{\rightarrow} = 0 \text{ kg.m/s}$			28
$90^\circ \rightarrow$			29
$30 \sqrt{2} m \text{ kg.m/s}$			30
zero			
$30 \sqrt{2} m \text{ kg.m/s}$			31
$10 \sqrt{2} \text{ m/s}$			32
sim, haveria F_{ext}^{\rightarrow} que aceleraria o centro de massa.			33

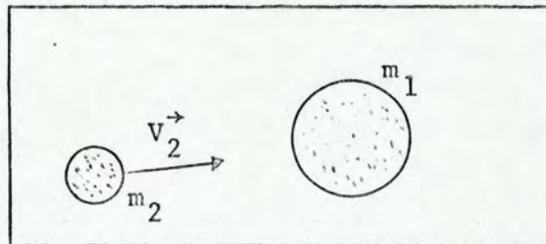
hora término:..... h min.

Total minutos:

MOMENTUM LINEAR - APLICAÇÕES II - COLISÕES

Assinale na folha de respostas a hora em que você começará.

1) Considere o sistema desenhado abaixo. A massa m_2 incide sobre a massa m_1 . Várias coisas podem acontecer. Se as massas são moldáveis podem ocorrer deformações. Pode haver interpenetração. Pode haver barulho. Se não há força externa temos certeza de que _____ total do sistema permanecerá _____.



2) As forças que surgem nas colisões em geral são muito grandes, muito maiores que as forças que poderiam aparecer devido às interações externas. Em colisões podemos desprezar a $F_{\text{ext}}^{\rightarrow}$ porque ela é muito _____ que as forças na colisão.

3) Além do mais, o "tempo de colisão" é muitíssimo pequeno, não deixando possibilidades para a ocorrência de grandes alterações no $P_{\text{tot}}^{\rightarrow}$ do sistema devido a $F_{\text{ext}}^{\rightarrow}$. Portanto, como regra geral para colisões:

$$P_{\text{tot}}^{\rightarrow} = \underline{\hspace{2cm}}.$$

4) Chamamos a colisão de elástica quando nela não ocorrem nem perdas nem ganhos de Energia Cinética. Na colisão inelástica há perdas ou ganhos de _____; na colisão elástica não.

5) Distinguimos colisões elásticas e inelásticas pela perda ou ganho de energia elétrica? (sim/não).

6) Quando a colisão ocorre com deformação dos corpos, com barulho ou interpenetração, constatamos perda de energia cinética; chamamos estas colisões de _____.

Leia o problema com atenção, passando logo após aos itens que levam à solução:

Problema 1: Duas massas movem-se sobre uma mesma linha re-
ta. A massa $m_1 = 2$ kg tem uma velocidade de $+ 2$ m/s. A massa $m_2 = 4$
kg tem uma velocidade de $- 2$ m/s. Elas colidem elásticamente. Cal-
cule as velocidades de m_1 e m_2 após a colisão.

7) Faça um esquema da situação antes da colisão. Desenhe os vetores velocidade.

8) Mesmo que houvesse uma pequena força externa poderíamos _____ e considerar P_{tot}^{\rightarrow} no sistema _____ pois a F_{ext}^{\rightarrow} é muito _____ (maior/menor) que as forças de co-
lisão.

9) Calcule P_{tot}^{\rightarrow} no sistema antes da colisão. É positivo ou negativo?

10) Lembre-se que $M_{tot} v_{CM}^{\rightarrow} = \text{_____} + \text{_____}$. Qual é a velocidade do centro de massa antes da colisão?

11) As forças que surgem na colisão são internas ao sistema? (sim/não).

12) As forças de colisão aceleram o CM? (sim/não).

13) Qual será o movimento do CM após a colisão então?

14) Qual a energia cinética no sistema antes da colisão? (E_c é um escalar).

15) Se o choque for elástico qual será a energia cinética no sistema após a colisão?

16) Chame as velocidades de m_1 e m_2 após o choque de U_1 e U_2 .
 $m_1 U_1 + m_2 U_2 = \underline{\hspace{2cm}}$.

17) Após a colisão $1/2 m_1 U_1^2 + 1/2 m_2 U_2^2 = \underline{\hspace{2cm}}$.

18) Calcule U_1 e U_2 . (Duas equações a duas incógnitas. É fácil).

Problema 2: Duas massas se movem sobre uma mesma linha.

A massa $m_1 = 2$ kg tem uma velocidade de $+ 2$ m/s. A massa $m_2 = 4$ kg tem uma velocidade de $- 2$ m/s. Após a colisão as duas massas ficam "coladas" uma na outra.

Calcule a velocidade desta massa após a colisão. O choque é elástico?

19) Faça um esquema da situação antes da colisão. Desenhe os vetores velocidade.

20) Não há força externa sobre o sistema; portanto $P_{tot}^{\vec{}} = \underline{\hspace{2cm}}$.

21) Calcule o momentum linear total no sistema antes da colisão. É positivo ou negativo ?

22) Antes da colisão, qual é o movimento do centro de massa do sistema ?

23) Como as forças de colisão são internas ao sistema, concluímos que $P_{tot}^{\vec{}}$ após a colisão vale $\underline{\hspace{2cm}}$ kg.m/s.

24) Após a colisão as massas estão reunidas, movimentando-se com a $\underline{\hspace{2cm}}$. Calcule a velocidade final V_f .

25) Calcule a energia cinética no sistema antes da colisão. Lembre-se que $m_1 = 2$ kg; $v_1 = 2$ m/s; $m_2 = 4$ kg; $v_2 = - 2$ m/s.

26) Calcule a energia cinética no sistema após a colisão.

27) Quando ocorrem perdas ou ganhos de energia cinética chamamos a colisão de $\underline{\hspace{2cm}}$.

28) O choque foi elástico ? (sim/não)

29) Nesta colisão houve conservação de momentum linear ?
(sim/não)

Houve conservação de energia cinética ? (sim/não)

30) Talvez você tenha agora se perguntado: Como é possível haver conservação do momentum linear e não conservação de energia cinética ao mesmo tempo ?

Vamos à solução: Forças internas ao sistema não alteram o _____ total do sistema.

31) Há conservação de energia mecânica quando as forças que agiram foram _____ (conservativas/não-conservativas).

32) a) Condição: para que haja conservação do momentum linear só poderão existir interações _____ ao sistema.

b) Condição: para que haja conservação da energia mecânica num sistema as forças devem ser _____ .

33) A conservação do momentum linear é condição necessária para a conservação da energia mecânica ? (sim/não).

34) Se conservação de momentum linear não implica em conservação de energia mecânica, porque haveria de implicar na conservação da energia cinética ? Colisões podem ser elásticas e inelásticas, porém todas devem conservar o _____ total do sistema.

35) Quando as forças internas são não-conservativas, o choque será _____ (elástico/inelástico).

36) Quando as forças internas são conservativas, o choque será _____ .

Problema 3: Uma bala de massa m dispara com velocidade horizontal v sobre um pêndulo simples de massa M . O pêndulo antes da colisão, está em repouso. A bala se encrava no pêndulo durante a colisão. Calcule a altura máxima atingida pelo pêndulo (+ bala) após a colisão.

37) Faça um esquema desta situação antes da colisão. Desenhe os vetores velocidade.

38) Considere o sistema bala-pêndulo; qual é o $P_{\text{tot}}^{\rightarrow}$ antes da colisão ?

39) Para colisões desprezamos $F_{\text{ext}}^{\rightarrow}$. Qual será o $P_{\text{tot}}^{\rightarrow}$ imediatamente após a colisão ?

40) Qual será a velocidade do corpo composto imediatamente após a colisão ?

41) Qual será a energia cinética do corpo composto imediatamente após a colisão ? (Não esqueça nada).

42) Que energia potencial poderá atingir o conjunto ? (Princípio da conservação da energia).

43) Qual será a altura máxima alcançada pelo conjunto ?

44) Após a colisão há conservação de momentum linear? (sim/não) (o que acontece com a velocidade do corpo composto?)

Problema 4: Dois veículos, A e B, aproximam-se de um cruzamento. $m_A = 900 \text{ kg}$ e $v_A = 40 \text{ mi/h}$, com sentido oeste-leste. $m_B = 1200 \text{ kg}$ e $v_B = 60 \text{ mi/h}$ com sentido sul-norte. Ache a velocidade (módulo, direção e sentido) dos dois veículos depois da colisão e do conseqüente "engavetamento".

45) Faça um esquema da situação antes da colisão. Desenhe os vetores velocidade.

46) Considere somente as massas A e B constituindo o sistema. Qual é o $P_{\text{tot}}^{\rightarrow}$ neste sistema antes da colisão ? (soma vetorial)

47) Como se movimenta o CM deste sistema antes da colisão?

48) Qual será o $P_{\text{tot}}^{\rightarrow}$ após a colisão ?

49) Ache o módulo da velocidade dos veículos "engavetados"

50) Use trigonometria simples para achar a direção da velocidade após a colisão ?

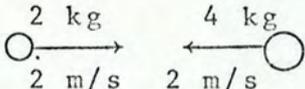
51) Como se movimenta o CM deste sistema após a colisão ?

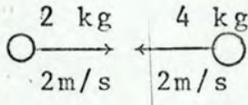
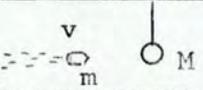
52) Havendo deformação e "engavetamento" dos veículos podemos afirmar sem nenhum cálculo, que o choque foi _____ (elástico/inelástico).

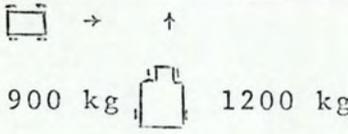
INSTITUTO DE FISICA DA UFRGS
FIS 102
Folha de Respostas

Assinale a hora
do início:
.... h ... min.

MOMENTUM LINEAR

RESPOSTA CERTA	OK	RESPOSTA ELABORADA POR VOCÊ	Nº
$P_{\text{tot}}^{\rightarrow}$; constante			1
menor			2
$P_{\text{tot}}^{\rightarrow} = \text{cte}$			3
energia cinética			4
não			5
inelásticas			6
		$m_1 = 2 \text{ kg}$ $m_2 = 4 \text{ kg}$ $v_1 = +2\text{m/s}$ $v_2 = -2\text{m/s}$	7
desprezã-la constante menor			8
$P_{\text{tot}}^{\rightarrow} = -4 \text{ kg.m/s}$ negativo			9
$M_{\text{tot}}^{\rightarrow} \text{CM} = m_1 v_1^{\rightarrow} + m_2 v_2^{\rightarrow}$ O CM se desloca com velocidade $-2/3 \text{ m/s}$			10
sim			11
não			12
Depois o CM se desloca com velocidade $-2/3\text{m/s}$			13
12 j		$m_1 = 2 \text{ kg}$ $m_2 = 4 \text{ kg}$ $v_1 = +2\text{m/s}$ $v_2 = -2\text{m/s}$	14
12 j			15
$= -4 \text{ kg.m/s}$ ou $= P_{\text{tot}}^{\rightarrow}$			16
12 j			17
$U_1 = -10/3 \text{ m/s}$ $U_2 = +2/3 \text{ m/s}$			18

RESPOSTA CERTA	OK	RESPOSTA ELABORADA POR VOCÊ	Nº
		$m_1 = 2 \text{ kg}$ $m_2 = 4 \text{ kg}$ $v_1 = +2 \text{ m/s}$ $v_2 = -2 \text{ m/s}$	19
constante			20
$P_{\text{tot}}^{\rightarrow} = 4 \text{ kg.m/s}$			21
O CM se desloca com velocidade $-2/3 \text{ m/s}$			22
-4 kg.m/s			23
Velocidade iguais $v_f = -2/3 \text{ m/s}$			24
$E_{cA} = 12 \text{ j}$			25
$E_{cD} = 4/3 \text{ j}$			26
inelástica			27
não			28
sim; não			29
momentum linear			30
conservativas			31
internas conservativas			32
não			33
momentum linear			34
inelástico			35
elástico			36
			37
$P_{\text{tot}}^{\rightarrow} = mv^{\rightarrow}$		$m = n$ $v = v$ $M = M$ $V = 0$	38
o mesmo de antes			39
$V = \frac{mv}{M+m}$			40
$E_c = \frac{m^2 v^2}{2(M+m)}$			41
$\frac{m^2 v^2}{2(M+m)}$			42

RESPOSTA CERTA	OK	RESPOSTA ELABORADA POR VOCÊ	Nº
$h = \frac{m v^2}{2g(M+m)}$			43
não ($F_{ext}^{\rightarrow} = (M+m)\vec{g}$)			44
 900 kg  1200 kg		$m_A = 900 \text{ kg}$ $m_B = 1200 \text{ kg}$ $v_A = 40 \text{ mi/h } O \rightarrow L$ $v_B = 60 \text{ mi/h } S \rightarrow N$	45
$\approx 8.10^4 \text{ kg.mi/h}$			46
se move com vel. aprox. 40 mi/h			47
o mesmo de antes			48
aprox. 40 mi/h			49
= $\arctg 0,5$; nordeste			50
se move junto com os carros "engaveta dos"			51
inelástico			52

Hora do término:.....

Total de minutos:.....

APÊNDICE B

INSTITUTO DE FISICA DA UFRGS

FIS 102

4^a VERIFICAÇÃO

MOMENTUM LINEAR

- INSTRUÇÕES: a) o tempo de execução da prova é de 2 h.
 b) assinale apenas uma resposta; aquela que considerar a mais correta.
 c) Faça os rascunhos no verso da prova.
 d) Transporte seus resultados para a grade anexa ao final da prova.
 e) A prova é sem consultas.

1) O centro de massa se obtém

I) considerando as distâncias dos corpos relativas a uma origem e desprezando a força externa.

II) efetuando a operação:
$$\vec{r}_{cm} = \frac{\sum_i m_i \vec{v}_i}{\sum_i m_i}$$

III) considerando além das distâncias dos corpos relativas a uma origem também as suas massas.

IV) considerando as massas e os pesos relativos dos corpos.

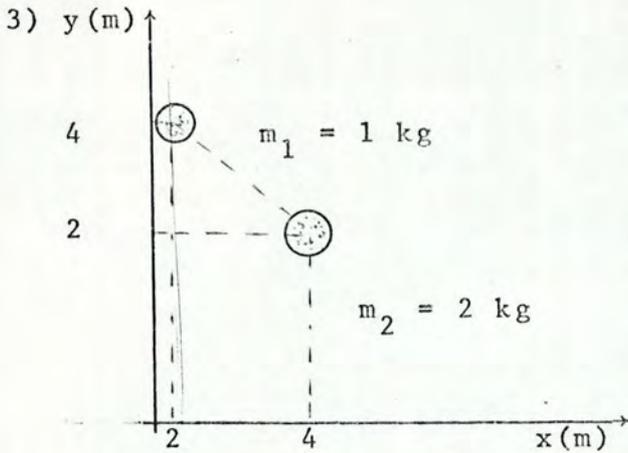
V) efetuando a operação:
$$\vec{r}_{cm} = \frac{\sum_i m_i \vec{r}_i}{\sum_i m_i}$$

Das opções acima está (estão) correta(s):

- | | |
|-------------|--------------|
| a) apenas V | d) III e V |
| b) apenas I | e) apenas II |
| c) I e III | |

2) Se $m_1=2\text{kg}$; $m_2=4\text{kg}$; $x_1=+2\text{m}$; $x_2=+4\text{m}$; então x_{cm} é igual a:

- a) $(6/4)\text{m}$
 b) 1m
 c) 3m
 d) $(20/6)\text{m}$
 e) $2,5\text{m}$



No sistema desenhado ao lado o CM se localiza:

- em local ignorado, já que desconhecemos as velocidades de m_1 e m_2 .
- na metade da reta que une m_1 a m_2 .
- sobre a reta que une m_1 a m_2 .
- dentro de m_2 .
- dentro de m_1 .

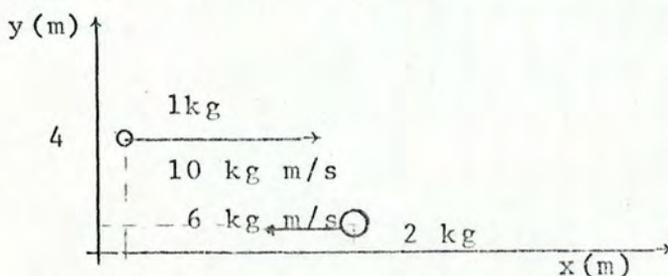
4) Momentum linear de um corpo:

- é um vetor que se obtém extraíndo a raiz quadrada de sua energia cinética.
- não depende de definição.
- é, por definição, o produto da massa do corpo pela sua velocidade vetorial.
- é um vetor que se obtém multiplicando a força pelo tempo de ação da força.
- depende do conceito de centro de massa.

5) A equação que relaciona a energia cinética (E_c) de um corpo com o seu momentum linear (p) é a equação:

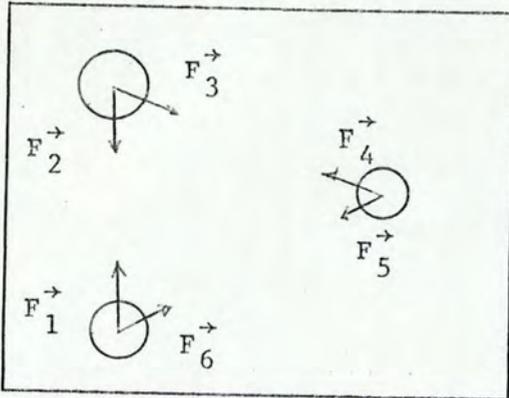
- $E_c = \frac{p^2}{2}$
- $E_c = p$
- $E_c = \left(\frac{p}{v}\right) gh$
- $\sqrt{E_c} = \frac{p}{2}$
- $E_c = \frac{p^2}{2m}$

6) O momentum linear resultante e o momentum linear do centro de massa no sistema abaixo são respectivamente:



- 4 ; 16
- 4 ; 4
- 16 ; 16
- $\sqrt{136}$; $\sqrt{136}$
- (3, 2) ; (3, 2)

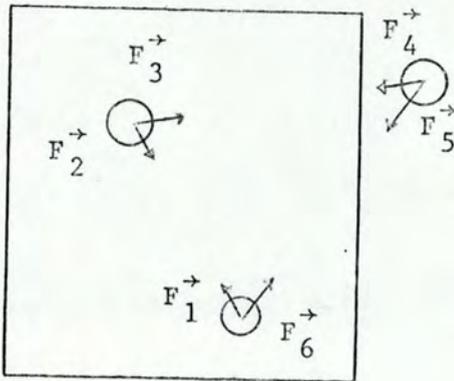
7)



Identifique a F_{ext}^{\rightarrow} para o sistema ao lado: $F_{ext}^{\rightarrow} =$

- a) 0
- b) $F_3^{\rightarrow} + F_6^{\rightarrow}$
- c) $F_1^{\rightarrow} + F_2^{\rightarrow} + F_3^{\rightarrow} + F_6^{\rightarrow}$
- d) $F_1^{\rightarrow} + F_2^{\rightarrow} + F_3^{\rightarrow} + F_4^{\rightarrow} + F_5^{\rightarrow} + F_6^{\rightarrow}$
- e) $F_4^{\rightarrow} + F_5^{\rightarrow}$

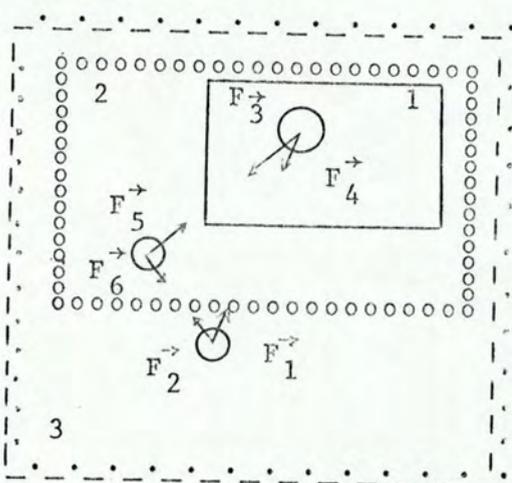
8)



Qual a equação aplicável para o sistema al lado? $M_{tot} a_{cm}^{\rightarrow} =$

- a) $F_1 + F_2 + F_3 + F_6$
- b) $F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6$
- c) $F_4 + F_5$
- d) $F_3 + F_6$
- e) $F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6$

9)



Três corpos estão interagindo. Três sistemas são imaginados. (Um de cada vez, independentemente). A linha _____ delimita o sistema 1. Os pontos delimitam o sistema 2. Os traços-ponto _._._. delimitam o sistema 3.

A força _____ é a F_{ext}^{\rightarrow} para o sistema _____.

Complete a frase acima com a opção correta:

- a) $F_2^{\rightarrow} + F_5^{\rightarrow}$; 1
- b) $F_1^{\rightarrow} + F_2^{\rightarrow}$; 1
- c) $F_2^{\rightarrow} + F_1^{\rightarrow}$; 2
- d) $F_3^{\rightarrow} + F_4^{\rightarrow}$; 1
- e) $F_1^{\rightarrow} + F_2^{\rightarrow}$; 3

10) Dizemos que hã conservação do momentum linear do sistema

- somente quando cada partícula no sistema conservar o seu momentum linear.
- quando o sistema estiver realmente isolado do exterior.
- quando houver conservação de energia no sistema.
- quando o sistema estiver sujeito a $F_{\text{ext}}^{\vec{}} \neq 0$
- quando a $F_{\text{int}}^{\vec{}}$ no sistema for nula.

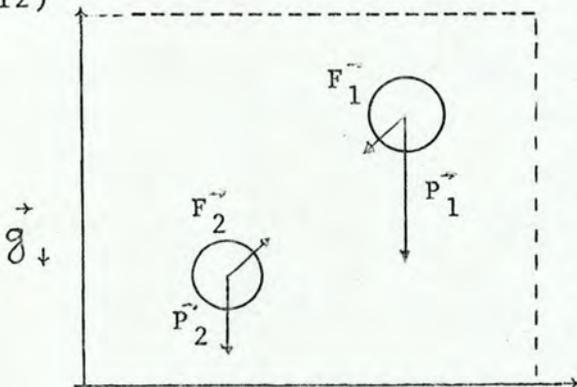
11) O momentum linear do centro de massa se obtêm:

- multiplicando a massa total no sistema pela velocidade vetorial do centro de massa.
- multiplicando a $F_{\text{ext}}^{\vec{}}$ pelo intervalo de tempo durante o qual ela age.
- somando vetorialmente os momenta lineares de todas as partículas que fazem parte do sistema.
- somente quando as forças internas forem conservativas.

Das opções acima está (estão) correta(s):

- apenas III
- apenas I
- apenas I e III
- I, II e III
- apenas IV

12)



Duas massas se atraem mutuamente e também são atraídas pela Terra. O CM do sistema desenhado ao lado:

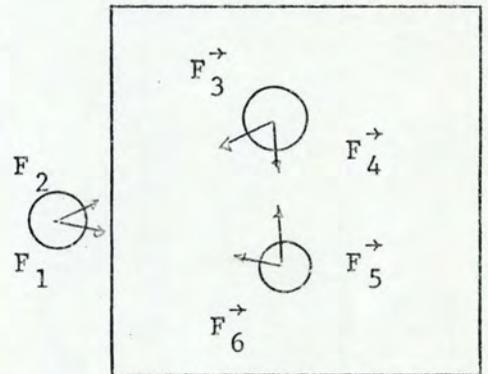
- conserva seu momentum linear.
- não possui aceleração vertical nem horizontal.
- possui somente aceleração hori_zontal.
- possui somente aceleração vertical.
- possui aceleração vertical e horizontal.

13) Impulso é definido como sendo:

- o produto da força pela distância de ação.
- o produto da velocidade escalar do corpo pela sua massa.
- o produto da força pelo intervalo de tempo durante o qual ela age.
- a força que surge na colisão.
- o produto da massa pela velocidade vetorial do corpo.

14) Compare o sistema desenhado ao lado com as afirmações abaixo:

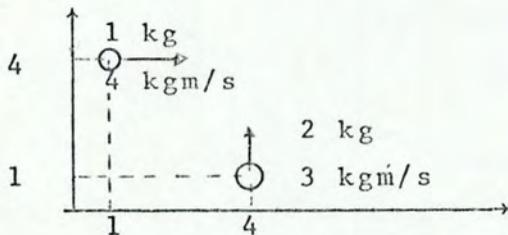
- O Centro de massa do sistema está acelerado.
- O momentum linear no sistema se conserva.
- O impulso da $F_{\text{ext}}^{\rightarrow}$ é $\neq 0$
- As partículas estão aceleradas, mas o CM não.



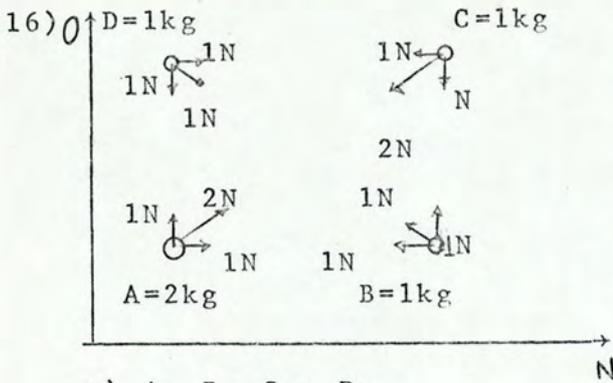
Estão corretas as afirmações:

- I e II
- III e IV
- II e III
- IV e II
- I e III

15) O módulo da velocidade do CM no sistema ao lado é de:



- $(1/3)$ m/s
- $(7/3)$ m/s
- $(5/3)$ m/s
- 7 m/s
- 1 m/s



- a) A, B, C e D
- b) apenas B e D
- c) apenas A, B e D
- d) apenas A e C
- e) apenas A.

Observe o desenho ao lado.

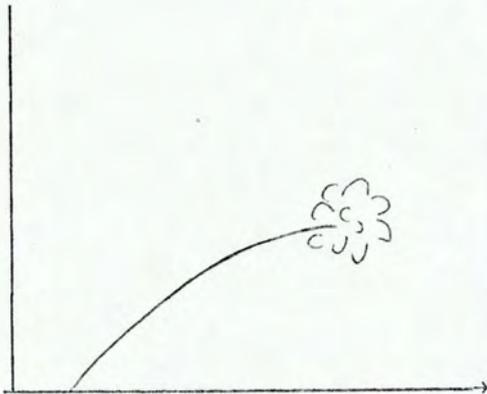
Existem 4 massas interagindo.

Um aluno afirmou;

"O CM do meu sistema tem uma aceleração de $1,7\text{m/s}^2$ para noroeste".

Fazia(m) parte do sistema escolhido pelo aluno a(s) massa(s):

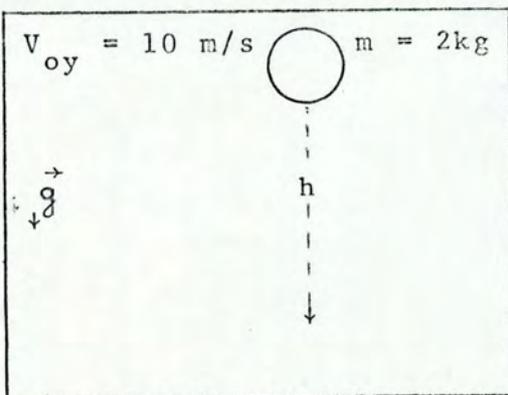
17)



Uma granada, que seguia uma trajetória parabólica, explode em pleno ar. Os estilhaços voam para todas as direções. O CM de todos os estilhaços assim formados:

- a) cai em queda livre verticalmente para baixo.
- b) prossegue na mesma parábola
- c) sai pela tangente da parábola seguindo após uma trajetória retilínea.
- d) pode, em princípio, seguir qualquer trajetória parabólica.
- e) também voa em todas as direções.

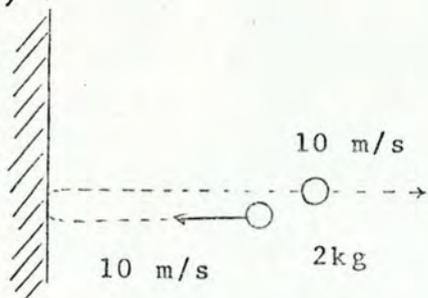
18)



Uma massa de 2kg cai livremente por 1s. Sua velocidade inicial é $V_{oy} = 10\text{ m/s}$. O impulso, em unidades MKS, sofrido pela massa é de:

- a) 0
- b) 10
- c) 20
- d) 40
- e) 60

19)



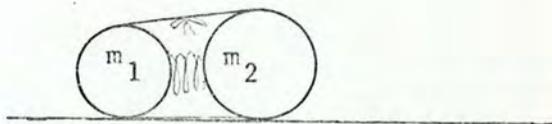
Uma bola de 2kg incide numa parede de massa muito grande, é rebatida, e adquire a mesma velocidade inicial somente em sentido contrário. O impulso, em unidades MKS, sofrido pela bola nesta colisão é igual a:

- 10 com direção normal à parede com sentido para a esquerda.
- 20 com direção normal à parede com sentido para a direita.
- 20 com direção normal à parede com sentido para a esquerda.
- 40 com direção normal à parede com sentido para a esquerda.
- zero

As questões 20 a 24 referem-se ao seguinte problema:

Duas massas, $m_1 = 2\text{kg}$ e $m_2 = 3\text{kg}$, comprimem uma mola de $k = 5\text{N/m}$. Todo o conjunto é amarrado por meio de um fio e se movimenta sobre uma superfície horizontal sem atrito com uma velocidade $V_{ox} = +10\text{m/s}$. Neste instante o fio é cortado e as massas sofrem a ação da mola até se separarem dela. Sabe-se que a massa m_2 após a separação das massas se move com uma velocidade $V_{2x} = +15\text{m/s}$.

$$V_{ox} = 10 \text{ m/s} \longrightarrow$$



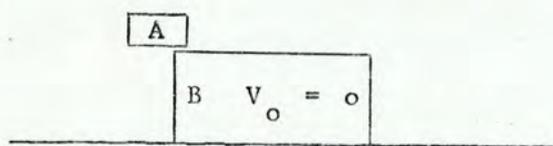
20) Antes de cortado o fio o CM tem um movimento:

- de projétil com $V_{ox} = 10 \text{ m/s}$ e $g = 10 \text{ m/s}^2$.
- retilíneo com $V = 0 \text{ m/s}$ constante.
- retilíneo uniformemente variado.
- retilíneo com $V = 2 \text{ m/s}$ constante.
- retilíneo com $V_{ox} = 10 \text{ m/s}$ constante.

- 21) Após o corte do fio, e da conseqüente disjunção, a massa m_1 terá um movimento:
- retilíneo uniformemente variado.
 - retilíneo com $V_{1x} = 2,5$ m/s constante.
 - retilíneo com velocidade $V_{1x} = -87,5$ m/s constante.
 - retilíneo com velocidade $V_{1x} = +87,5$ m/s constante.
 - retilíneo com velocidade constante, porém não calculável por não ser conhecida a compressão da mola.
- 22) O impulso sofrido pela massa m_2 durante a descompressão da mola foi de:
- 15 gkm/s.
 - uma quantidade não calculável por não ser conhecida a compressão da mola.
 - igual intensidade ao impulso sofrido pela massa m_1 .
 - +5 m/s.
 - +5 kgm/s.
- 23) A variação do momentum linear da massa m_2 , causada pela descompressão da mola foi de:
- 15 kgm/s.
 - +15 kgm/s.
 - +5 kgm/s.
 - +5 m/s.
 - uma quantidade não calculável por não ser conhecida a compressão da mola.
- 24) Após a disjunção o CM se move:
- com o mesmo movimento apresentado antes do corte do fio.
 - com velocidade constante não calculável por falta de dados.
 - junto com a massa m_1 .
 - junto com a massa m_2 .
 - com velocidade constante pois a F_{ext}^{\rightarrow} é diferente de zero.

As questões 25 a 27 referem-se ao seguinte problema:

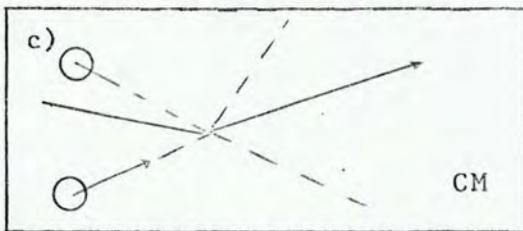
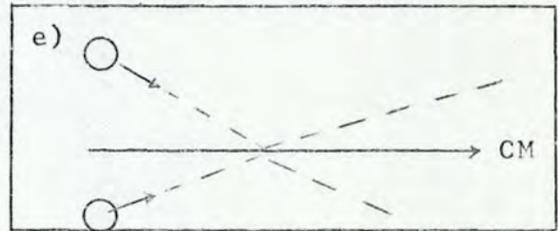
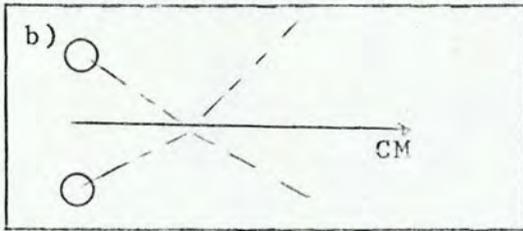
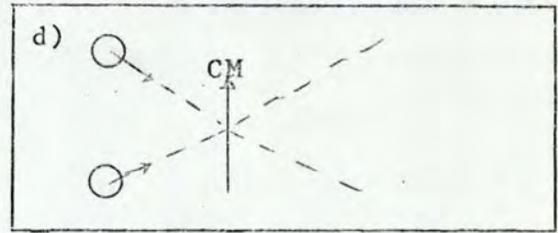
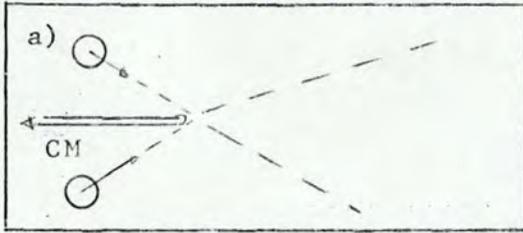
$$V_o = 20 \text{ m/s.}$$



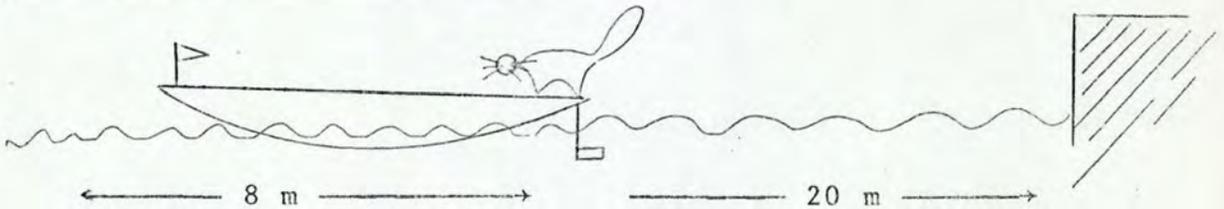
As massas dos blocos A e B são respectivamente $m_A = 2\text{kg}$ e $m_B = 8\text{kg}$. Sobre A e B há força de atrito de módulo $F = 2\text{ N}$ (que surge do movimento relativo entre A e B), mas B pode deslizar sem atrito sobre a superfície horizontal. Inicialmente B está em repouso, enquanto A está se movendo com $V_{ox} = 20\text{ m/s}$. A vai diminuir sua velocidade e B vai acelerar até que os dois tenham a mesma velocidade e se desloquem juntos sobre a superfície horizontal.

- 25) A velocidade do centro de massa, considerando A e B no sistema:
- é de 4 m/s , constante.
 - é de 20 m/s , constante.
 - inicialmente é de 20 m/s , decrescendo até 4 m/s .
 - inicialmente é de 0 m/s crescendo até 4 m/s .
 - inicialmente é de 20 m/s decrescendo até 0 m/s .
- 26) O tempo necessário para que A, iniciando com $V_o = 20\text{ m/s}$, atinja a mesma velocidade que B no final é de:
- 8 s
 - 10 s
 - 16 s
 - 20 s
 - 24 s
- 27) Esta "colisão lenta" pode ser chamada de:
- elástica porque o CM não altera a sua velocidade.
 - inelástica porque ocorre perda de energia cinética no sistema.
 - inelástica porque ela não conserva o momentum linear no sistema.
 - elástica porque não há atrito entre B e a superfície horizontal.
 - elástica porque ela conserva o momentum linear no sistema.

28)



Duas massas iguais colidem em um plano. A linha contínua representa a trajetória do CM. Assinale a trajetória correta do CM.

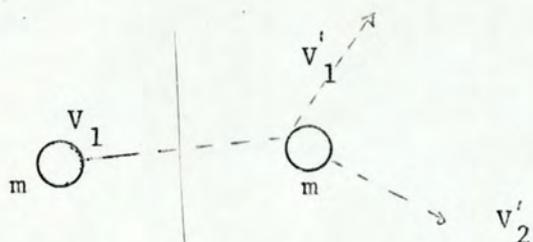


Um gato está parado na extremidade de um barco em repouso. Não há atrito entre água e barco. O gato tenta chegar ao cais.

Assinale a afirmação correta:

- O gato corre sobre o barco afastando-se do cais e pára antes de cair na água. O barco assim acelera no sentido do cais, adquire velocidade e atinge o cais juntamente com o gato.
- O gato corre para lá e para cá sobre o barco, tendo o cuidado de correr com grande velocidade ao se afastar e com pequena ao se aproximar do cais. O barco, de etapa em etapa, atinge o cais.
- O gato dá vários pulos bem altos, empurrando o barco ao pular no sentido do cais. De pulo em pulo o barco e gato atingem o cais.
- O gato faz o barco girar; então a proa dista somente 12m do cais (vide desenho). O gato corre até a proa e gira o barco novamente. Assim, de operação em operação o barco e gato atingem o cais.
- O gato dá um pulo em sentido ao cais, cai na água e desliza (não há atrito) até atingir o cais.

As questões 30 a 32 referem-se à situação abaixo:



Duas massas iguais colidem elásticamente em duas dimensões. A massa m_2 antes da colisão está em repouso. As duas massas fazem parte do sistema.

30) O CM antes da colisão tem velocidade:

- a) $\frac{v_1}{2}$
- b) $\frac{v_1}{4}$
- c) $2v_1$
- d) v_1
- e) 0

31) Nesta colisão as forças:

- a) internas são conservativas.
- b) externas são conservativas.
- c) internas são não-conservativas.
- d) externas são não-conservativas.
- e) conservam o momentum linear de cada partícula.

32) Após a colisão o CM tem:

- I) mesma energia cinética que antes da colisão.
- II) mesmo momentum linear que antes da colisão.
- III) mesma velocidade vetorial que antes da colisão.

Destas afirmações está (estão) correta(s):

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

APÊNDICE C

INSTITUTO DE FISICA DA UFRGS

FIS 102

QUESTIONÁRIO

NOME:

Nº MATRÍCULA:

CURSO:

TURMA:

INSTRUÇÕES

- 1) Leve este questionário para casa.
- 2) Assinale em cada item a opção (e somente uma) que mais se aproxima da sua opinião.
- 3) Dê em cada item a sua opinião e não aquela que alguém espera de você. Suas respostas só terão valor se contiverem a sua opinião.
- 4) Item não assinalado significa que você não tem opinião relativamente a ele.
- 5) Devolva este questionário, após o preenchimento, na próxima semana de preferência no seguinte local: Sala 314 A do Instituto de Física. Se isto for difícil devolva-o ao seu professor de FIS 102.
- 6) É de fundamental importância que você devolva este questionário.

	ESTUDO I		ESTUDO II	
	TV	Polígrafos	TV	Polígrafos
1) Antes de iniciar estas duas semanas experimentais você:				
a) nunca havia sido ensinado(a) por este método.	9	27	22	12
b) havia sido ensinado(a) por este método uma ou duas vezes.	-	-	-	8
c) havia sido ensinado(a) por este método mais de duas vezes.	-	-	-	-
2) A qualidade da disposição gráfica ou visual de todo o material trabalhado por você nestas duas semanas você considera:				
a) ótima	2	9	6	12
b) satisfatória	6	18	16	8
c) deficiente	-	-	-	-
3) Os conteúdos foram apresentados numa seqüência:				
a) ótima	6	21	16	18
b) satisfatória	3	6	6	2
c) deficiente	-	-	-	-
4) Relativamente à sua capacidade de assimilação de novos conteúdos você tem a opinião que o volume dos conteúdos (quantidade de matéria) apresentado nas duas semanas era:				
a) superior às suas capacidades	-	-	2	-
b) de acordo com suas capacidades	7	23	17	16
c) inferior às suas capacidades	2	4	3	4
5) Ao seu ver a teoria e os problemas se complementaram				
a) otimamente	3	15	10	9
b) satisfatoriamente	5	9	12	11
c) deficientemente	1	3	-	-
6) Nestas duas semanas você respondeu a um total de 196 itens. Tente lembrar-se. Você cometeu, ao responder:				
a) de 0 a 20 erros	5	20	14	18
b) de 0 a 40 erros	3	5	7	2
c) mais de 40 erros	-	1	1	-

	ESTUDO I		ESTUDO II	
	TV	Polígrafos	TV	Polígrafos
7) Então, segundo sua opinião, você cometeu:				
a) um número excessivo de erros	2	-	3	1
b) um número razoável de erros	5	14	16	14
c) um número de erros insignificante	1	12	3	5
8) Os erros cometidos ao responder foram causados principalmente por:				
a) falta de atenção, p.ex. erros de cálculo	5	22	10	14
b) perguntas mal formuladas ou difíceis nos textos	-	-	-	-
c) esquecimento de itens anteriores	2	5	12	5
9) Ao trabalhar o material oferecido nestas duas semanas você tinha a sensação de:				
a) realmente estar apreendendo a matéria	7	25	18	16
b) estar apreendendo alguns conceitos esparsos da matéria	1	2	4	4
c) não estar aprendendo a matéria	-	-	-	-
10) Ao responder aos itens você confirmava:				
a) cada resposta sua imediatamente na folha de respostas	5	7	8	7
b) suas respostas após responder uma série de itens	-	2	4	7
c) suas respostas, algumas imediatamente, outras após uma série de respostas	4	18	9	6
11) Tem-se a intenção de dar a cada aluno um resumo dos principais tópicos sempre após o término do estudo do texto. Você:				
a) aprova <u>fortemente</u> esta idéia	9	20	15	12
b) aprova esta idéia	1	7	7	8
c) reprovava esta idéia	-	-	-	-

	ESTUDO I		ESTUDO II	
	TV	Polígrafos	TV	Polígrafos
12) Não poder levar o material de estudo para casa, ao seu ver:				
a) influi negativamente na sua aprendizagem	6	13	10	7
b) <u>não</u> influi na sua aprendizagem	3	10	10	11
c) influi positivamente na sua aprendizagem	-	3	2	1
13) Você é de opinião que nos intervalos de tempo existentes entre uma aula e a seguinte você esquecia:				
a) mais que nos intervalos entre aulas convencionais	-	2	2	1
b) tanto quanto nos intervalos entre aulas convencionais	-	9	2	5
c) menos que nos intervalos entre aulas convencionais	8	14	16	13
14) As aulas expositivas normais dão uma visão fragmentada da matéria. O método usado nestas duas semanas dá uma visão de conjunto da matéria. Você:				
a) concorda <u>fortemente</u> com esta opinião	4	12	3	8
b) concorda com esta opinião	3	11	17	7
c) discorda desta opinião	2	4	2	5
15) Você, ao estudar com este método:				
a) necessita da presença <u>constante</u> na sala de um monitor (professor)	1	1	-	1
b) necessita da presença esporádica na sala de um monitor (professor)	8	24	16	18
c) <u>não</u> necessita da presença de um monitor (professor)	-	2	6	1
16) Estudar com este método:				
a) prende <u>muito</u> a sua atenção	7	21	14	11
b) prende a sua atenção	2	6	8	9
c) <u>não</u> prende a sua atenção	-	-	-	-

	ESTUDO I		ESTUDO II	
	TV	Polígrafos	TV	Polígrafos
17) Tem-se a intenção de introduzir este método de ensino para todos os alunos em algumas unidades da Fis 102 no futuro próximo. Você:				
a) aprova <u>fortemente</u> esta idéia	5	12	15	12
b) aprova esta idéia	4	15	7	8
c) reprovava esta idéia	-	-	-	-
18) Durante estas duas semanas você estudou esta mesma matéria em casa?				
a) sim	4	13	7	4
b) não	5	14	15	16
19) Se você respondeu positivamente ao item anterior então responda também a este: Você acha que este estudo em casa:				
a) influiu positivamente no seu número de acertos na prova	2	9	7	4
b) <u>não</u> teve influência sobre o seu número de acertos na prova	2	3	-	-
c) influiu negativamente no seu número de acertos na prova	-	-	-	-
20) Você veio à prova na sexta-feira:				
a) apreensivo por <u>não</u> sentir bom domínio da matéria estudada	3	3	6	0
b) apreensivo por outras razões (que não seja a da opção a)	3	11	6	7
c) como a uma mera formalidade, sem apreensão	3	12	8	12
21) Ao findarem estas duas semanas experimentais você:				
a) gostaria que as aulas de Fis 102 continuassem mais algum tempo nesta forma diferente	7	18	19	17
b) acha bom que tudo volte à normalidade	1	1	1	-
c) acha que tanto faz continuar nesta forma diferente ou voltar à normalidade	1	7	1	2

Caso você queira, escreva abaixo opiniões, observações ou impressões sobre este método que não tenham sido ventilados no questionário precedente e que você considera relevantes.