

POLÍCIA FEDERAL

Papiloscopista

Volumes I e II

NV-013JL-24-PREP-PF-PAPILOSCOPISTA



SUMÁRIO

LÍNGUA PORTUGUESA.....	17
■ COMPREENSÃO E INTERPRETAÇÃO DE TEXTOS DE GÊNEROS VARIADOS	17
■ RECONHECIMENTO DE TIPOS E GÊNEROS TEXTUAIS	19
■ DOMÍNIO DA ORTOGRAFIA OFICIAL	27
■ DOMÍNIO DOS MECANISMOS DE COESÃO TEXTUAL	28
EMPREGO DE ELEMENTOS DE REFERENCIAÇÃO, SUBSTITUIÇÃO E REPETIÇÃO, DE CONECTORES E DE OUTROS ELEMENTOS DE SEQUENCIAÇÃO TEXTUAL	28
■ DOMÍNIO DA ESTRUTURA MORFOSSINTÁTICA DO PERÍODO	32
RELAÇÕES DE COORDENAÇÃO ENTRE ORAÇÕES E ENTRE TERMOS DA ORAÇÃO.....	38
RELAÇÕES DE SUBORDINAÇÃO ENTRE ORAÇÕES E ENTRE TERMOS DA ORAÇÃO	38
CONCORDÂNCIA VERBAL E NOMINAL.....	41
REGÊNCIA VERBAL E NOMINAL.....	45
EMPREGO DO SINAL INDICATIVO DE CRASE.....	46
■ EMPREGO DAS CLASSES DE PALAVRAS	48
COLOCAÇÃO DOS PRONOMES ÁTONOS	57
EMPREGO DE TEMPOS E MODOS VERBAIS	57
EMPREGO DOS SINAIS DE PONTUAÇÃO	67
■ REESCRITA DE FRASES E PARÁGRAFOS DO TEXTO	69
SIGNIFICAÇÃO DAS PALAVRAS	69
SUBSTITUIÇÃO DE PALAVRAS OU DE TRECHOS DE TEXTO.....	71
REORGANIZAÇÃO DA ESTRUTURA DE ORAÇÕES E DE PERÍODOS DO TEXTO	72
REESCRITA DE TEXTOS DE DIFERENTES GÊNEROS E NÍVEIS DE FORMALIDADE	73
■ CORRESPONDÊNCIA OFICIAL (CONFORME MANUAL DE REDAÇÃO DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA)	74
ASPECTOS GERAIS DA REDAÇÃO OFICIAL, FINALIDADE DOS EXPEDIENTES OFICIAIS, ADEQUAÇÃO DA LINGUAGEM AO TIPO DE DOCUMENTO E ADEQUAÇÃO DO FORMATO DO TEXTO AO GÊNERO	74
NOÇÕES DE DIREITO ADMINISTRATIVO.....	105
■ NOÇÕES DE ORGANIZAÇÃO ADMINISTRATIVA	105

CENTRALIZAÇÃO E DESCENTRALIZAÇÃO	105
CONCENTRAÇÃO E DESCONCENTRAÇÃO	105
ADMINISTRAÇÃO DIRETA E INDIRETA	106
AUTARQUIAS	106
FUNDAÇÕES.....	107
EMPRESAS PÚBLICAS E SOCIEDADES DE ECONOMIA MISTA.....	108
■ ATO ADMINISTRATIVO.....	110
CONCEITO	110
REQUISITOS	111
ATRIBUTOS	112
CLASSIFICAÇÃO.....	113
ESPÉCIES	114
■ AGENTES PÚBLICOS	114
DISPOSIÇÕES CONSTITUCIONAIS E DOUTRINÁRIAS APLICÁVEIS	114
Conceito e Espécies	115
LEGISLAÇÃO PERTINENTE: LEI Nº 8.112, DE 1990 E SUAS ALTERAÇÕES.....	115
Cargo, Emprego e Função Pública.....	124
■ PODERES ADMINISTRATIVOS.....	127
USO E ABUSO DO PODER	128
PODER HIERÁRQUICO	128
PODER DISCIPLINAR.....	129
PODER REGULAMENTAR	130
PODER DE POLÍCIA.....	131
■ LICITAÇÃO	132
PRINCÍPIOS.....	135
MODALIDADES.....	136
TIPOS.....	138
PROCEDIMENTO	141
CONTRATAÇÃO DIRETA: DISPENSA E INEXIGIBILIDADE.....	145
■ CONTROLE DA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	148

CONTROLE EXERCIDO PELA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA.....	149
CONTROLE JUDICIAL.....	149
CONTROLE LEGISLATIVO.....	149
■ RESPONSABILIDADE CIVIL DO ESTADO.....	152
RESPONSABILIDADE CIVIL DO ESTADO NO DIREITO BRASILEIRO.....	152
RESPONSABILIDADE POR ATO COMISSIVO DO ESTADO.....	153
RESPONSABILIDADE POR OMISSÃO DO ESTADO.....	155
REQUISITOS PARA A DEMONSTRAÇÃO DA RESPONSABILIDADE DO ESTADO.....	157
CAUSAS EXCLUDENTES E ATENUANTES DA RESPONSABILIDADE DO ESTADO.....	157
■ REGIME JURÍDICO-ADMINISTRATIVO.....	159
CONCEITO.....	159
PRINCÍPIOS EXPRESSOS E IMPLÍCITOS DA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA.....	160
NOÇÕES DE DIREITO CONSTITUCIONAL.....	167
■ DIREITOS E GARANTIAS FUNDAMENTAIS.....	167
DIREITOS E DEVERES INDIVIDUAIS E COLETIVOS: DIREITO À VIDA, À LIBERDADE, À IGUALDADE, À SEGURANÇA E À PROPRIEDADE.....	167
DIREITOS SOCIAIS.....	188
NACIONALIDADE.....	195
CIDADANIA E DIREITOS POLÍTICOS.....	198
PARTIDOS POLÍTICOS.....	200
GARANTIAS CONSTITUCIONAIS INDIVIDUAIS E AS GARANTIAS DOS DIREITOS COLETIVOS, SOCIAIS E POLÍTICOS.....	205
■ PODER EXECUTIVO.....	207
FORMA E SISTEMA DE GOVERNO.....	207
CHEFIA DE ESTADO E CHEFIA DE GOVERNO.....	207
■ DEFESA DO ESTADO E DAS INSTITUIÇÕES DEMOCRÁTICAS.....	207
SEGURANÇA PÚBLICA: ORGANIZAÇÃO DA SEGURANÇA PÚBLICA.....	207
■ ORDEM SOCIAL: BASE E OBJETIVOS DA ORDEM SOCIAL.....	209
SEGURIDADE SOCIAL.....	209
MEIO AMBIENTE.....	212

DA FAMÍLIA, DA CRIANÇA, DO ADOLESCENTE, DO JOVEM E DA PESSOA IDOSA.....	213
INDÍGENAS.....	215
NOÇÕES DE DIREITO PENAL E DIREITO PROCESSUAL PENAL.....	219
■ PRINCÍPIOS BÁSICOS	219
■ APLICAÇÃO DA LEI PENAL	224
A LEI PENAL NO TEMPO E NO ESPAÇO	224
TEMPO DO CRIME	228
TERRITORIALIDADE E EXTRATERRITORIALIDADE DA LEI PENAL	231
Lugar do Crime.....	232
■ O FATO TÍPICO E SEUS ELEMENTOS.....	233
CRIME CONSUMADO E TENTADO	236
■ ILICITUDE E CAUSAS DE EXCLUSÃO	239
EXCESSO PUNÍVEL	240
■ CRIMES CONTRA A PESSOA	240
■ CRIMES CONTRA O PATRIMÔNIO.....	271
■ CRIMES CONTRA A FÉ PÚBLICA.....	298
■ CRIMES CONTRA A ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	306
■ INQUÉRITO POLICIAL	333
HISTÓRICO.....	333
CONCEITO	333
NATUREZA	333
FINALIDADE	333
VALOR PROBATÓRIO.....	333
CARACTERÍSTICAS	334
TITULARIDADE E FUNDAMENTO	334
FORMAS DE INSTAURAÇÃO	335
Grau de Cognição, Notitia Criminis e Delatio Criminis.....	335
PROCEDIMENTOS INVESTIGATIVOS.....	337
INDICIAMENTO	338

GARANTIAS DO INVESTIGADO	338
CONCLUSÃO	338
■ PROVA.....	339
PRESERVAÇÃO DE LOCAL DE CRIME.....	340
REQUISITOS E ÔNUS DA PROVA	341
NULIDADE DA PROVA.....	342
DOCUMENTOS DE PROVA.....	342
RECONHECIMENTO DE PESSOAS E COISAS	342
ACAREAÇÃO	343
INDÍCIOS.....	343
BUSCA E APREENSÃO.....	343
■ RESTRIÇÃO DE LIBERDADE	345
PRISÃO EM FLAGRANTE.....	345
 ESTATÍSTICA.....	 351
■ ESTATÍSTICA DESCRITIVA E ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS	351
GRÁFICOS, DIAGRAMAS, TABELAS, MEDIDAS DESCRITIVAS (POSIÇÃO, DISPERSÃO, ASSIMETRIA E CURTOSE).....	351
■ PROBABILIDADE	368
DEFINIÇÕES BÁSICAS E AXIOMAS, DISTRIBUIÇÕES CONDICIONAIS E INDEPENDÊNCIA.....	369
PROBABILIDADE CONDICIONAL E INDEPENDÊNCIA	371
VARIÁVEIS ALEATÓRIAS DISCRETAS E CONTÍNUAS, FUNÇÃO DE PROBABILIDADE E DE DENSIDADE, ESPERANÇA E MOMENTOS, TRANSFORMAÇÃO DE VARIÁVEIS E LEIS DOS GRANDES NÚMEROS.....	373
DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADES E DISTRIBUIÇÕES ESPECIAIS	376
■ INFERÊNCIA ESTATÍSTICA	378
TEOREMA CENTRAL DO LIMITE.....	378
AMOSTRAS ALEATÓRIAS, DISTRIBUIÇÕES AMOSTRAIS, ESTIMAÇÃO PONTUAL: MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO PROPRIEDADES DOS ESTIMADORES E SUFICIÊNCIA.....	380
ESTIMAÇÃO INTERVALAR.....	384
Intervalos de Confiança	384
Intervalos de Credibilidade.....	385
TESTES DE HIPÓTESES.....	385

Hipóteses Simples e Compostas, Níveis de Significância e Potência de um Teste.....	385
Teste T de Student	387
Teste Qui-Quadrado	389
■ ANÁLISE DE REGRESSÃO LINEAR	395
CRITÉRIOS DE MÍNIMOS QUADRADOS E DE MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA	395
MODELOS DE REGRESSÃO LINEAR, INFERÊNCIA SOBRE OS PARÂMETROS DO MODELO.....	396
ANÁLISE DE VARIÂNCIA E ANÁLISE DE RESÍDUOS	398
■ TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM: AMOSTRAGEM ALEATÓRIA SIMPLES, ESTRATIFICADA, SISTEMÁTICA E POR CONGLOMERADOS.....	403
TAMANHO AMOSTRAL	404
 LEGISLAÇÃO ESPECIAL	 409
■ LEI Nº 12.037, DE 2009, E SUAS ALTERAÇÕES.....	409
■ LEI Nº 9.454, DE 1997, E SUAS ALTERAÇÕES.....	412
■ LEI Nº 7.116, DE 1983, E SUAS ALTERAÇÕES.....	413
■ LEI Nº 13.445, DE 2017	415
■ LEI Nº 11.343, DE 2006, E SUAS ALTERAÇÕES (ASPECTOS PENAIIS E PROCESSUAIS PENAIIS).....	430
■ LEI Nº 13.868, DE 2019, E SUAS ALTERAÇÕES (ASPECTOS PENAIIS E PROCESSUAIS PENAIIS).....	448
■ LEI Nº 9.455, DE 1997, E SUAS ALTERAÇÕES (ASPECTOS PENAIIS E PROCESSUAIS PENAIIS).....	448
■ LEI Nº 8.069, DE 1990, E SUAS ALTERAÇÕES (ASPECTOS PENAIIS E PROCESSUAIS PENAIIS).....	452
■ LEI Nº 10.826, DE 2003, E SUAS ALTERAÇÕES (ASPECTOS PENAIIS E PROCESSUAIS PENAIIS).....	504
■ LEI Nº 9.605, DE 1998, E SUAS ALTERAÇÕES (ASPECTOS PENAIIS E PROCESSUAIS PENAIIS).....	517
■ LEI Nº 10.446, DE 2002, E SUAS ALTERAÇÕES.....	533
 RACIOCÍNIO LÓGICO.....	 539
■ ESTRUTURAS LÓGICAS E LÓGICA DE ARGUMENTAÇÃO: ANALOGIAS, INFERÊNCIAS, DEDUÇÕES E CONCLUSÕES.....	539
DIAGRAMAS LÓGICOS	539

■ LÓGICA SENTENCIAL (OU PROPOSICIONAL).....	546
PROPOSIÇÕES SIMPLES E COMPOSTAS.....	546
TABELAS VERDADE.....	548
■ EQUIVALÊNCIAS	551
LEIS DE MORGAN	554
■ LÓGICA DE PRIMEIRA ORDEM.....	556
■ PRINCÍPIOS DE CONTAGEM E PROBABILIDADE	560
■ OPERAÇÕES COM CONJUNTOS	566
■ RACIOCÍNIO LÓGICO ENVOLVENDO PROBLEMAS ARITMÉTICOS, GEOMÉTRICOS E MATRICIAIS.....	570
 INFORMÁTICA	 603
■ CONCEITOS E MODOS DE UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS, FERRAMENTAS, APLICATIVOS E PROCEDIMENTOS ASSOCIADOS A INTERNET/INTRANET.....	603
CONCEITO DE INTERNET E INTRANET	603
FERRAMENTAS E APLICATIVOS COMERCIAIS DE NAVEGAÇÃO, DE CORREIO ELETRÔNICO, DE GRUPOS DE DISCUSSÃO, DE BUSCA, DE PESQUISA E DE REDES SOCIAIS.....	603
NOÇÕES DE SISTEMA OPERACIONAL (AMBIENTES LINUX E WINDOWS)	609
ACESSO A DISTÂNCIA A COMPUTADORES, TRANSFERÊNCIA DE INFORMAÇÃO E ARQUIVOS, APLICATIVOS DE ÁUDIO, VÍDEO E MULTIMÍDIA.....	622
EDIÇÃO DE TEXTOS, PLANILHAS E APRESENTAÇÕES (AMBIENTES MICROSOFT OFFICE E LIBREOFFICE).....	625
■ REDES DE COMPUTADORES: LOCAIS, METROPOLITANAS E DE LONGA DISTÂNCIA	656
■ CONCEITOS DE PROTEÇÃO E SEGURANÇA.....	658
NOÇÕES DE VÍRUS, WORMS E PRAGAS VIRTUAIS.....	661
APLICATIVOS PARA SEGURANÇA (ANTIVÍRUS, FIREWALL, ANTI-SPYWARE ETC.)	663
■ COMPUTAÇÃO NA NUVEM (CLOUD COMPUTING)	666
■ FUNDAMENTOS DA TEORIA GERAL DE SISTEMAS	669
■ SISTEMAS DE INFORMAÇÃO	670
FASES E ETAPAS DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO.....	670
■ TEORIA DA INFORMAÇÃO	672
CONCEITOS DE INFORMAÇÃO, DADOS, REPRESENTAÇÃO DE DADOS, DE CONHECIMENTOS, SEGURANÇA E INTELIGÊNCIA.....	672

■ BANCO DE DADOS.....	679
BASE DE DADOS, DOCUMENTAÇÃO E PROTOTIPAÇÃO.....	679
MODELAGEM CONCEITUAL: ABSTRAÇÃO, MODELO ENTIDADE-RELACIONAMENTO, ANÁLISE FUNCIONAL E ADMINISTRAÇÃO DE DADOS.....	684
DADOS ESTRUTURADOS E NÃO ESTRUTURADOS.....	689
BANCO DE DADOS RELACIONAIS: CONCEITOS BÁSICOS E CARACTERÍSTICAS.....	689
CHAVES E RELACIONAMENTOS.....	690
NOÇÕES DE MINERAÇÃO DE DADOS: CONCEITUAÇÃO E CARACTERÍSTICAS.....	692
NOÇÕES DE APRENDIZADO DE MÁQUINA.....	696
NOÇÕES DE BIGDATA: CONCEITO, PREMISSAS E APLICAÇÃO.....	698
■ REDES DE COMUNICAÇÃO.....	699
INTRODUÇÃO A REDES (COMPUTAÇÃO/TELECOMUNICAÇÕES).....	699
CAMADA FÍSICA, DE ENLACE DE DADOS E SUBCAMADA DE ACESSO AO MEIO.....	701
NOÇÕES BÁSICAS DE TRANSMISSÃO DE DADOS: TIPOS DE ENLACE, CÓDIGOS, MODOS E MEIOS DE TRANSMISSÃO.....	702
TERMINOLOGIA, APLICAÇÕES E TOPOLOGIAS.....	704
MODELOS DE ARQUITETURA (OSI/ISO E TCP/IP) E PROTOCOLOS.....	707
INTERCONEXÃO DE REDES, NÍVEL DE TRANSPORTE.....	713
■ NOÇÕES DE PROGRAMAÇÃO PYTHON E R.....	713
■ API – APPLICATION PROGRAMMING INTERFACE.....	728
■ METADADOS DE ARQUIVOS.....	729
 BIOLOGIA.....	 733
■ CITOLOGIA.....	733
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA MATÉRIA VIVA.....	733
ORGANIZAÇÃO CELULAR DAS CÉLULAS EUCARIÓTICAS.....	735
ESTRUTURA E FUNÇÃO DOS COMPONENTES CITOPLASMÁTICOS.....	735
MEMBRANA CELULAR.....	736
NÚCLEO.....	736
Estrutura, Componentes e Funções.....	736
Divisão Celular (Mitose e Meiose, e Suas Fases).....	737

CITOESQUELETO E MOVIMENTO CELULAR.....	737
■ BIOQUÍMICA	738
PROCESSOS DE OBTENÇÃO DE ENERGIA NA CÉLULA	738
PRINCIPAIS VIAS METABÓLICAS	738
REGULAÇÃO METABÓLICA	739
METABOLISMO E REGULAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA	739
PROTEÍNAS E ENZIMAS.....	739
■ EMBRIOLOGIA	740
GAMETOGÊNESE	740
FECUNDAÇÃO, SEGMENTAÇÃO E GASTRULAÇÃO.....	741
ORGANOGENESE	742
ANEXOS EMBRIONÁRIOS	742
DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO HUMANO	742
■ GENÉTICA	743
PRIMEIRA LEI DE MENDEL.....	743
PROBABILIDADE GENÉTICA.....	744
ÁRVORE GENEALÓGICA.....	744
GENES LETAIS	744
HERANÇA SEM DOMINÂNCIA	744
SEGUNDA LEI DE MENDEL	744
ALELOS MÚLTIPLOS.....	745
Grupos Sanguíneos dos Sistemas ABO, Rh e MN	745
DETERMINAÇÃO DO SEXO.....	745
HERANÇA DOS CROMOSSOMOS SEXUAIS	746
DOENÇAS GENÉTICAS	746
FÍSICA	751
■ OSCILAÇÕES E ONDAS	751
MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES	751
ENERGIA NO MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES.....	753

ONDAS EM UMA CORDA	755
ENERGIA TRANSMITIDA PELAS ONDAS	757
Equação de Onda	757
ONDAS ESTACIONÁRIAS	759
■ ELETRICIDADE.....	760
CARGA ELÉTRICA.....	760
CONDUTORES E ISOLANTES	761
CAMPO ELÉTRICO	761
POTENCIAL ELÉTRICO	762
CORRENTE ELÉTRICA	762
RESISTORES	763
CAPACITORES.....	764
CIRCUITOS ELÉTRICOS	765
■ ÓPTICA.....	766
ÓPTICA GEOMÉTRICA	766
REFLEXÃO	766
REFRAÇÃO	773
POLARIZAÇÃO.....	775
INTERFERÊNCIA	776
■ ESPECTROSCOPIAS DE ABSORÇÃO E DE EMISSÃO MOLECULAR (FLUORESCÊNCIA)	776
QUÍMICA.....	781
■ CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS	781
■ TEORIA ATÔMICO-MOLECULAR	781
■ CLASSIFICAÇÃO PERIÓDICA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS	784
■ RADIOATIVIDADE.....	785
■ INTERAÇÕES QUÍMICAS	787
■ MISTURAS, SOLUÇÕES E PROPRIEDADES COLIGATIVAS	788
■ MÉTODOS DE SEPARAÇÃO DE MISTURAS	791
■ FUNÇÕES QUÍMICAS INORGÂNICAS.....	792

■ GASES	794
■ PROPRIEDADES DOS SÓLIDOS	795
■ ESTEQUIOMETRIA	796
■ TERMOQUÍMICA	798
■ QUÍMICA CINÉTICA	799
■ EQUILÍBRIO QUÍMICO	801
■ ELETROQUÍMICA.....	802
■ QUÍMICA ORGÂNICA	805
ESTRUTURA E NOMENCLATURA	805
PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE COMPOSTOS ORGÂNICOS.....	808

FÍSICA

OSCILAÇÕES E ONDAS

MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

O Movimento Harmônico Simples (MHS) é considerado o movimento oscilatório mais importante, já que ele é bem fácil de se descrever matematicamente e com ele é possível exemplificar muitas oscilações que são encontradas na natureza.

Quando temos molas ideais, mas o que são elas? Você pode se perguntar, o conceito de ideal na física é perfeito no mundo das ideias, ou seja, em um experimento ideal a mola se deformará de forma que não irá haver nenhum dano a ela e posteriormente irá retornar na posição de equilíbrio que estava antes, sem sofrer nenhum dano a suas propriedades.

Isso não ocorre no mundo real. Assim, antes de caso você pegue uma mola e a estique completamente, muito provável que a mola irá estragar, não vai voltar para a posição de equilíbrio novamente. Caso temos molas ideais elas obedecem à lei de Hooke, ou seja, quando a força restauradora (F) que age sobre a mola é diretamente proporcional ao deslocamento x da posição de equilíbrio, assim temos:

$$F \propto x,$$

Precisamos agora encontrar uma constante de proporcionalidade para tirarmos a igualdade da equação anterior. Para esse caso temos o k que representa a rigidez da mola, sendo assim, quanto maior for a constante elástica k , a mola será mais rígida, mais difícil de comprimir ou esticar. Dessa forma, nossa equação $F \propto x$ fica

$$F = -kx,$$

O sinal negativo é pelo fato de que a força que é exercida sobre a mola é do tipo restauradora, sendo assim, ela sempre tende a restabelecer o equilíbrio, portanto ela é sempre oposta ao movimento do bloco a partir da posição de equilíbrio.

A equação $F = -kx$ nos fornece uma força que independentemente do valor de x , sendo ele positivo, negativo ou nulo, fornece o módulo e o sinal da força. A constante k é sempre positiva e no SI suas unidades são N/m, Newtons por metro. Em um caso especial onde não temos atrito, com a equação acima temos a força resultante que atua sobre o bloco. Quando temos este cenário, que a força é diretamente proporcional ao deslocamento, o movimento é considerado um MHS.

Assim, essa equação nos dá a força resultante que age sobre a mola.

Quando falamos de força restauradora que age sobre qualquer objeto temos que lembrar dos estudos da dinâmica, onde foi tratado sobre as leis de Newton, que vem de um grande físico do século XVI, que em meio a uma pandemia teorizou as leis que regem o movimento dos corpos e também inventou o cálculo diferencial e integral.

Da segunda lei de Newton, temos que a força resultante que age sobre um corpo é igual à massa vezes a aceleração, ou seja,

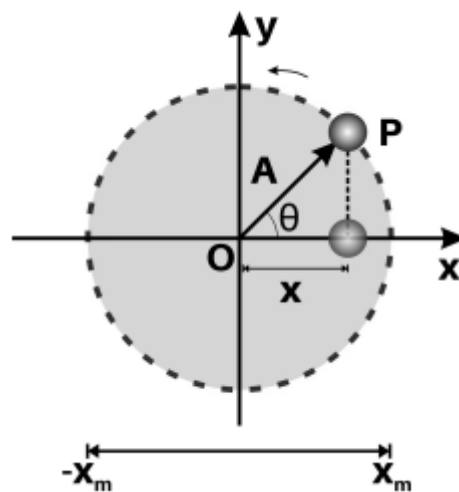
$$\vec{F} = m\vec{a},$$

Substituindo a força (F) da equação $\vec{F} = m\vec{a}$ em $F = -kx$, e isolando a , teremos

$$a = -\frac{k}{m}x,$$

Obtemos, então, a aceleração do componente x do nosso MHS, sendo uma aceleração que **não** é constante.

Para encontrar as equações do MHS, que são a posição e velocidade que dependem do tempo, ou seja, $x(t)$ e $v(t)$, vamos analisar o movimento circular de uma partícula:



Projetando a posição da partícula no eixo x , temos que

$$\cos\theta = \frac{x}{A},$$

Assim, a posição da partícula pode ser encontrada, isolando x da equação acima

$$x = A\cos\theta.$$

Se considerarmos que em $t = 0$, o fasor é um número complexo que representa uma função seno com amplitude A , frequência angular ω e uma fase ϕ , ele é muito útil para representar um movimento de um vetor que está no plano xy e está girando com velocidade angular constante ω .

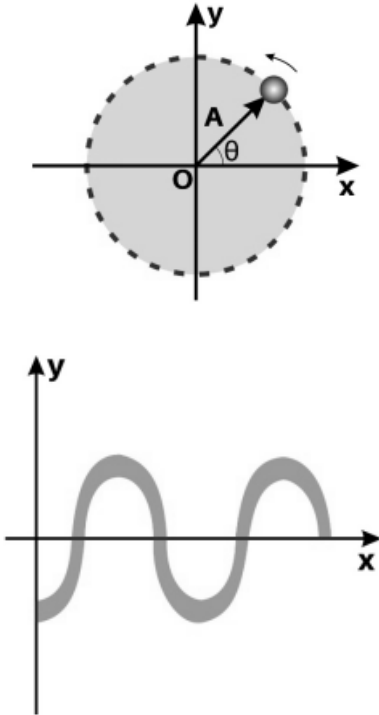
Vamos tentar entender melhor isso: Imagine antes de uma figura que de OP faz um ângulo ϕ (positivo) com Ox , sendo assim, para qualquer outro valor de t o ângulo $\theta = \omega t + \phi$, sendo o ângulo ϕ uma fase. Podemos reescrever a equação $x = A\cos\theta$, e teremos:

$$x(t) = A\cos(\omega t + \phi),$$

Agora temos a equação completa para explicar o fásor, a equação $x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$ projetada nos eixos x e y , fica:

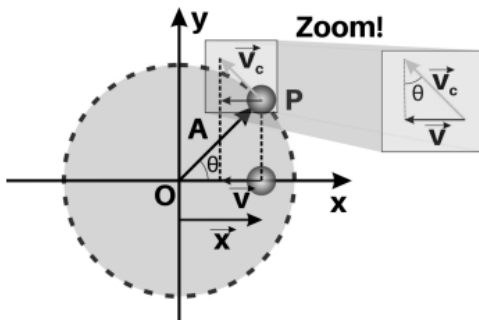
$$\vec{x}(t) = A(\cos(\omega t + \phi)\hat{x} + \sin(\omega t + \phi)\hat{y}),$$

Ou seja, essa é a representação do vetor girante e a equação $x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$ é uma forma bidimensional de representar o vetor ao longo do tempo, como podemos ver na figura a seguir:



A equação $x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$ é a função horária para o MHS onde x é o deslocamento do MHS em função do tempo, A é a amplitude do movimento, ω é a frequência angular, t é o tempo e ϕ é o ângulo de fase do MHS.

Vamos agora analisar a velocidade no MHS, para conseguirmos entender melhor, vamos analisar a figura a seguir.



Essa é a mesma figura em que analisamos a posição da partícula, mas **agora vamos analisar a velocidade**, tanto a que está representada no Movimento Circular Uniforme (MCU), sendo designada por \vec{v}_c e a velocidade projetada no eixo x e está representada por \vec{v} . Pelo zoom dado na partícula, podemos notar que \vec{v} é a projeção de \vec{v}_c no eixo x , sendo assim:

$$\text{sen}\theta = \frac{v}{v_c},$$

Do MCU temos as equações de velocidade e para o ângulo inicial:

$$v = \omega R \rightarrow v = \omega A \text{ e } \theta = \phi + \omega t.$$

Vamos agora substituir as equações $v = \omega R \rightarrow v = \omega A$ e $\theta = \phi + \omega t$ em:

$$\text{sen}\theta = \frac{v}{v_c}$$

Logo ficamos:

$$v_c = v \cdot \text{sen}\theta, \\ v_c = \omega \cdot A \cdot \text{sen}(\phi + \omega t),$$

Para ficar a mesma forma da equação $x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$, precisamos inverter os parâmetros do seno, para fazermos isso precisamos utilizar das relações trigonométricas, então teremos:

$$v(t) = -\omega \cdot A \cdot \text{sen}(\omega t + \phi).$$

Vamos explicar agora o porquê aparece o sinal negativo na expressão (19) e para isso vamos precisar fazer o uso de algumas relações trigonométricas. A primeira temos;

$$\text{sen}(a+b) = \text{sen}(a)\cos(b) + \text{sen}(b)\cos(a)$$

E uma segunda relação, é

$$-\text{sen}(b+a) = -\text{sen}(b)\cos(a) - \text{sen}(a)\cos(b)$$

Podemos isolar o sinal de menos na segunda expressão e teremos,

$$-\text{sen}(b+a) = -[\text{sen}(b)\cos(a) + \text{sen}(a)\cos(b)],$$

Ao isolar o sinal de menos da equação acima, percebemos que voltamos na nossa primeira equação ($\text{sen}(a+b) = \text{sen}(a)\cos(b) + \text{sen}(b)\cos(a)$), mas com um sinal de menos na frente, sendo assim ao fazer o uso dessas relações podemos mostrar que $-\text{sen}(b+a) = -[\text{sen}(a+b)]$. Por isso temos um sinal de menos ao fazer uma transformação da equação $v_c = \omega \cdot A \cdot \text{sen}(\phi + \omega t)$ para $v(t) = -\omega \cdot A \cdot \text{sen}(\omega t + \phi)$.

Como a \vec{v}_c tem sentido contrario a \vec{x} o sinal negativo da equação $v_c = \omega \cdot A \cdot \text{sen}(\phi + \omega t)$ está correto. Com essa equação é possível analisar quando teremos a velocidade máxima que qualquer objeto pode ter em um MHS, sendo assim, os valores máximos e mínimos para o seno é 1 e -1, então temos:

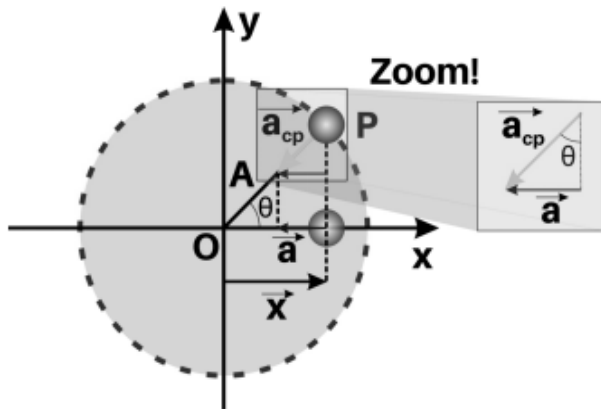
$$\text{sen}(\omega t + \phi) = 1 \rightarrow \omega t + \phi = \frac{\pi}{2}$$

$$\text{sen}(\omega t + \phi) = -1 \rightarrow \omega t + \phi = \frac{3\pi}{2}$$

Logo, a velocidade máxima ocorre quando o objeto passa pela posição de equilíbrio, onde a sua velocidade, em módulo, será:

$$v_{\text{max}} = \omega A.$$

Agora, vamos analisar a aceleração no MHS, primeiro observe a figura a seguir:



A aceleração da partícula é representada analisando a projeção do seu movimento no eixo x, de modo que temos:

$$\cos\theta = \frac{a}{a_{cp}},$$

Assim, isolando a , encontramos

$$a = a_{cp} \cos\theta,$$

Onde $\theta = \phi + \omega t$ e como fizemos na equação $v_c = v \cdot \text{sen}\theta$, teremos:

$$a = -a_{cp} \cos(\omega t + \phi),$$

Onde a_{cp} é a aceleração centrípeta sofrida pela partícula e ela é definida por $a_{cp} = \omega^2 A$,
Substituindo em:

$$\text{sen}(\omega t + \phi) = -1 \rightarrow \omega t + \phi = \frac{3\pi}{2}$$

Obtemos:

$$a = -\omega^2 \cdot A \cdot \cos(\omega t + \phi)$$

Podemos analisar que da equação $v_{\max} = \omega A$ temos o mesmo termo encontrado na equação $x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$, sendo $x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$ e $a(t) = -\omega^2 \cdot A \cdot \cos(\omega t + \phi)$, na equação da aceleração podemos simplificar como $a = -\omega^2 x$.

A aceleração máxima ocorre quando um objeto no MHS está no máximo da amplitude ou analisando a equação $a = -a_{cp} \cos(\omega t + \phi)$, temos:

$$\cos(\omega t + \phi) = 1 \rightarrow \omega t + \phi = 0$$

e

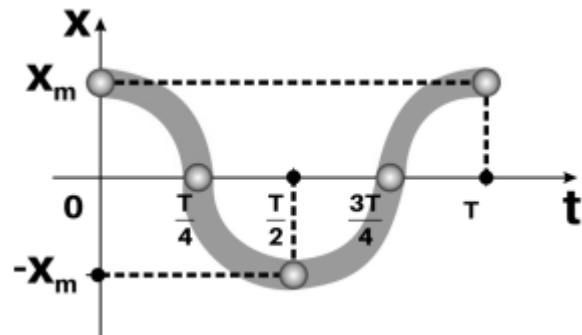
$$\cos(\omega t + \phi) = -1 \rightarrow \omega t + \phi = \pi.$$

Sendo assim, em módulo:

$$a = \omega^2 A.$$

ENERGIA NO MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

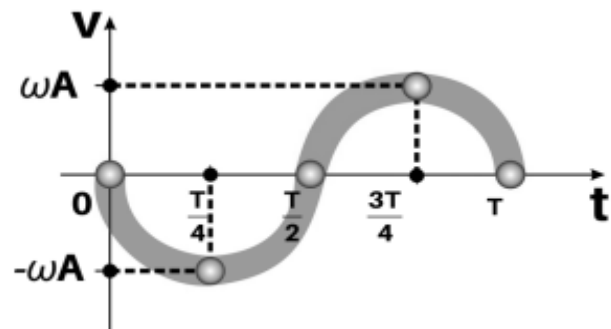
Para que possamos compreender melhor todos os conceitos apreendidos até agora sobre o MHS e também nos ajudar sobre os próximos conceitos, que serão sobre a energia do MHS, vamos analisar os gráficos de posição *versus* tempo, velocidade *versus* tempo e aceleração *versus* tempo, considerando $\phi = 0$ e $\omega = 2\pi/T$. Primeiro vamos analisar o gráfico da posição *versus* tempo de acordo com a equação $x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$.



T	X
0	A
$\frac{T}{4}$	0
$\frac{T}{2}$	-A
$\frac{3T}{4}$	0
T	A

Gráfico da posição da partícula ao longo do MCU com a tabela de valores com as posições mais relevantes do objeto.

Para a velocidade *versus* tempo, temos:



T	V
0	0
$\frac{T}{4}$	$-\omega A$
$\frac{T}{2}$	0
$\frac{3T}{4}$	ωA
T	0

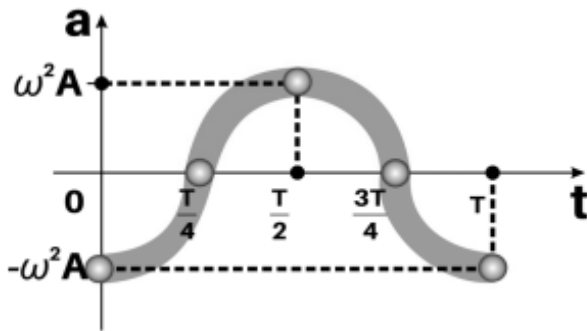
T	0
---	---

Gráfico da velocidade *versus* o tempo, utilizando a equação:

$$\text{sen}(\omega t + \phi) = 1 \rightarrow \omega t + \phi = \frac{\pi}{2}$$

Como ela é negativa e temos a função seno, teremos um gráfico com a concavidade para cima e começando em zero.

Por fim, vamos analisar o gráfico da aceleração



T	A
0	$-\omega^2 A$
$\frac{T}{4}$	0
$\frac{T}{2}$	$\omega^2 A$
$\frac{3T}{4}$	0
T	$-\omega^2 A$

Gráfico da aceleração *versus* o tempo, utilizando a equação $a = -a_{cp} \cos(\omega t + \phi)$, como ela é negativa e temos a função cosseno, podemos observar que o gráfico já começa em $(-\omega^2 A)$, pois o valor de $T = 0$.

Com o auxílio dos gráficos e das tabelas acima, vamos agora fazer uma análise da energia do MHS. A única força que atua sobre o nosso bloco, referente à primeira figura, é a força conservadora da mola, considerando-a como uma mola ideal, não temos forças horizontais e assim **a energia mecânica total do sistema é conservada**. Supondo também que a mola não tem massa.

A energia cinética é dada por:

$$K = \frac{mV^2}{2} \rightarrow k = \frac{mv_x^2}{2},$$

E a energia potencial:

$$U = \frac{kx^2}{2}.$$

Em alguns lugares você pode encontrar representando a energia cinética e a energia potencial por E_c e E_p , mas é apenas uma forma de representar.

A energia mecânica total é $E = K + U$, logo temos

$$E = \frac{mv_x^2}{2} + \frac{kx^2}{2},$$

Como estamos em uma única dimensão, $v = v_x$. A energia mecânica total E está relacionada com a amplitude do movimento A , que é seu deslocamento máximo a partir do ponto de equilíbrio. Sendo que o bloco vai indo de $-A$ até A , com as velocidades iguais a zero nestes pontos, $v_x = 0$. Assim nestes pontos a energia é inteiramente potencial, e:

$$E = \frac{kA^2}{2},$$

Como E é constante, logo seu valor sempre será igual a $kA^2/2$ em qualquer outra posição. Assim podemos voltar na equação:

$$U = \frac{kx^2}{2}$$

E teremos:

$$E = \frac{mv_x^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{kA^2}{2} = \text{constante}.$$

Você encontrou mais acima no texto relações para a posição e velocidade, para o MHS, assim é uma boa hora para você pensar: será que se eu usar essas relações na equação acima, o que podemos encontrar? Para isso vamos utilizar as equações $x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$ e $v_c = \omega \cdot A \cdot \text{sen}(\phi + \omega t)$ e substituir em:

$$E = \frac{mv_x^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{kA^2}{2} = \text{constante}$$

E assim teremos:

$$E = \frac{m(-\omega A \text{sen}(\omega t + \phi))^2}{2} + \frac{k(A \cos(\omega t + \phi))^2}{2},$$

Elevando ao quadrado os termos, encontramos:

$$E = \frac{m\omega^2 A^2 \text{sen}^2(\omega t + \phi)}{2} + \frac{kA^2 \cos^2(\omega t + \phi)}{2},$$

Da equação:

$$a = -\frac{k}{m} x$$

Você lembra que falei para guardar essa relação que em uma hora eu iria utilizá-la? Pois é, não era mentira, $a = -\omega^2 x = -kx/m$ sendo a massa igual a $m = k/\omega^2$, substituindo a m na equação acima, obtém-se:

$$E = \frac{kA^2 \text{sen}^2(\omega t + \phi)}{2} + \frac{kA^2 \cos^2(\omega t + \phi)}{2},$$

Temos um termo em comum na equação acima, que é $kA^2/2$, logo, isolando esse termo, temos:

$$E = \frac{kA^2}{2} (\text{sen}^2(\omega t + \phi) + \text{cos}^2(\omega t + \phi))$$

Temos uma relação trigonométrica onde $\text{cos}^2 \theta + \text{sen}^2 \theta = 1$, logo temos:

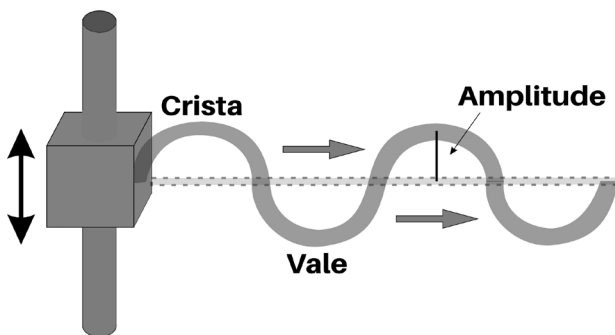
$$E = \frac{kA^2}{2},$$

Conseguimos provar utilizando as equações da posição e velocidade, a conservação de energia no MHS.

Agora uma dica que deixo para você é: refaça as contas que foram realizadas, para você ter um aprendizado ainda maior sobre o MHS.

ONDAS EM UMA CORDA

As ondas estão presentes em praticamente tudo que está ao nosso redor, seja para enxergarmos algo, enviar mensagens, assistir TV, ouvir músicas etc. Podemos falar de muitos outros exemplos do uso das ondas, mas vamos nos atentar em apenas algumas por agora. Para começarmos os estudos de ondas, vamos imaginar um sistema, onde temos um pistão, que pode se movimentar na vertical, com uma corda presa a ele e a corda fixa em outra extremidade, para ficar mais fácil de analisar essa situação, observe a figura a seguir.



Quando o pistão realiza o movimento de subir e descer, ele vai produzir uma onda que vai se propagar na corda, como podemos analisar na figura, essa perturbação é conhecida como **pulso**. Um pulso faz parte de uma **onda**, agora quando temos o movimento de sobe e desce do pistão repetidas vezes, teremos uma sequência de pulsos, formando assim um **trêm de ondas**. O pulso se move sem alterar a estrutura da corda, ou seja, os outros pontos na corda não sofrem deformação, mas quando o pulso passa, eles se deformam e depois voltam a posição original, assim o que se propaga é a energia e a deformação da corda.

Ondas

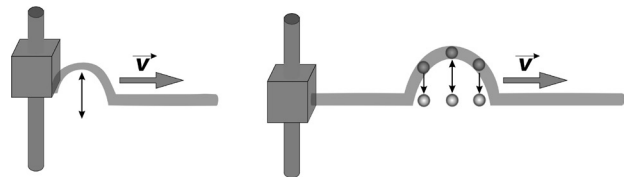
Vamos agora estudar um pouco sobre ondas, De modo geral as ondas transportam energia e movimento de um ponto ao outro, **mas sem transportar matéria entre esses pontos**. Temos as ondas sonoras que podem se propagar em líquidos, sólidos e gases, mas as ondas **sonoras não** se propagam no vácuo. Também temos as ondas **luminosas**, que se propagam em

sólidos (caso eles forem transparentes ou translúcidos), em líquidos, em gases e **também no vácuo**.

Além disso, as ondas podem ser classificadas em ondas **transversais, longitudinais e mistas**.

Vamos agora classificar essas categorias de ondas:

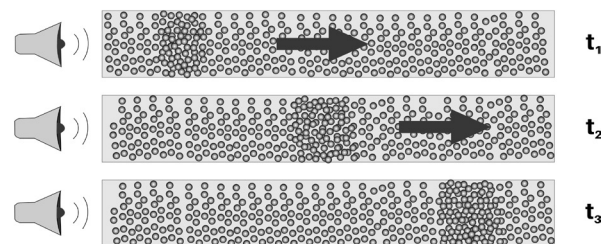
Começando com as ondas transversais, primeiro vamos imaginar uma corda esticada (mesmo exemplo dado acima com o Pulso), assim ao agitar o lado esquerdo da corda, temos uma agitação se propagando durante a corda, da esquerda para a direita. Então temos que o pulso produzido vai se propagando na corda, mas o deslocamento neste meio é perpendicular ou transversal à direção de propagação da onda, tendo o movimento designado por **onda transversal**.



Vamos analisar outra situação, onde temos uma mola presa, parecido com o mesmo esquema apresentado acima, quem já brincou com mola maluca pode ter percebido essa situação. Ao realizar uma perturbação, puxar a mola para frente e para trás, teremos uma vibração paralela à direção do movimento do pulso. Cada partícula que compõem a mola oscila para frente e para trás e na mesma direção de propagação da onda, esse movimento é chamado de **onda longitudinal**.

Temos outros exemplos desse tipo de onda, como o som produzido por um alto-falante, mas você pode se perguntar, como é produzido esse som e como é essa onda? A resposta é que a vibração promovida pela bobina altera a pressão do ar e as partículas que são arrastadas ou seja, temos uma massa de ar que é colocada em movimento, podemos exemplificar essa ocorrência na imagem a seguir:

Alto-falante



Podemos ter uma situação onde temos os dois movimentos longitudinais e transversais, assim teremos as **ondas mistas**. Podemos ver esse movimento na superfície de líquidos.

Vamos imaginar um canal com água, com uma placa que pode se movimentar para frente e para trás na extremidade esquerda. Assim, ao fazer uma perturbação que se propaga ao longo do canal, as partículas que estão na superfície do líquido descrevem trajetórias circulares, que tem componentes longitudinais e transversais. Como podemos ver na figura a seguir: