BOSCH

Manual de Tecnologia Automotiva

Tradução da

25.ª

edição alemã

Blucher

BOSCH

Manual de Tecnologia Automotiva

Tradutores:

Euryale de Jesus Zerbini
Gunter W. Prokesch
Helga Madjderey
Suely Pfeferman

título original
Kraftfahrtechnisches Taschenbuch

A edição em língua alemã foi publicada por Robert Bosch GmbH

Copyright © **2004**, Robert Bosch GmbH

Direitos reservados para a língua portuguesa pela Editora Edgard Blücher Ltda.

2005

2ª reimpressão – 2015

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer meios sem autorização escrita da editora

EDITORA EDGARD BLÜCHER LTDA.
Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar
04531-934 – São Paulo – SP – Brasil
Tel 55 11 3078-5366
contato@blucher.com.br
www.blucher.com.br

ISBN 978-85-212-0378-0

A reprodução, duplicação ou tradução, mesmo que parciais, só serão permitidas mediante nosso consentimento prévio por escrito e com a indicação da fonte. Ilustrações, descrições, diagramas esquemáticos e outros dados servem apenas para explanação e apresentação do texto e não devem ser usados como base para projeto, instalação ou material fornecido. Não assumimos nenhuma responsabilidade sobre a conformidade do conteúdo com a legislação nacional ou local.

Reservamo-nos o direito de alterações.

As marcas citadas no conteúdo servem apenas de exemplo e não representam nenhuma avaliação ou preferência por um determinado fabricante. As marcas registradas não foram identificadas como tais.

Material ilustrativo e informativo foi cedido gentilmente pelas empresas:

AUDI AG, Neckarsulm; Automotive Lighting Reutlingen GmbH; BASF Coatings AG, Münster; Behr GmbH & Co. KG. Stuttgart; BorgWarner Turbo Systems, Kirchheimbolanden; Brose Fahrzeugteile GmbH & Co. KG, Coburg; Continental AG, Hannover; DaimlerChrysler AG, Stuttgart; DaimlerChrysler AG, Sindelfingen; Dräxlmaier Systemtechnik GmbH, Vilsbiburg; J. Eberspächer GmbH & Co. KG, Esslingen; ETAS GmbH, Stuttgart; Filterwerk Mann + Hummel, Ludwigsburg; FHT Esslingen; Freudenberg Vliesstoffe KG, Weinheim; Institut für Betriebstechnik und Bauforschung der FAL, Braunschweig; Knorr-Bremse SfN GmbH, Schwieberdingen; MAN Nutzfahr-zeuge AG, München; Mannesmann Kienzle GmbH, Villingen-Schwenningen; NBT GmbH, Hannover; Pierburg GmbH, Neuss; Eng. Dr. h.c. F. Porsche AG. Weissach; RWTH Aachen; SAINTGOBAIN SEKURIT, Aachen; Siemens VDO Automotive AG, Villingen-Schwenningen; TNO Road-Vehicles Research Institute, Delft, Netherlands; VB Auto-batterie GmbH, Hannover; Volkswagen AG, Wolfsburg; Zahnradfabrik Friedrichshafen AG, Friedrichshafen.

FICHA CATALOGRÁFICA

Bosch, Robert
Manual de tecnologia automotiva/Robert Bosch; tradução Helga Madjderey, Gunter W. Prokesch, Euryale de Jesus Zerbini, Suely Pfeferman – São Paulo: Blucher, 2005.

Título original: Kraftfahrtechnisches Taschenbuch
"Tradução da 25.ª edição alemã"

ISBN 978-85-212-0378-0

1. Automóveis – Projetos e construção – Manuais, guias, etc.
2. Engenharia automotiva I. Título.

05-7205 CDD-629.2

Índices para catálogo sistemático:
1. Engenharia automotiva 629.2

Prefácio da 25.ª edição

A história do desenvolvimento do automóvel também é um documentário impressionante sobre as inovações tecnológicas. Novos sistemas e o aperfeiçoamento dos detalhes fizeram com que o ato de dirigir se tornasse mais seguro e confortável e que a poluição ambiental, causada pelos gases de escape e pelos processos de fabricação, fosse substancialmente reduzida. A 25.ª edição do "Manual de Tecnologia Automotiva" leva em consideração estas circunstâncias com inúmeros novos temas e artigos fundamentais revisados. Em comparação com a edição precedente, o volume cresceu em aproximadamente 200 páginas.

Com seus artigos atuais, compilados de forma concisa, o "Manual de Tecnologia Automotiva" é uma importante obra de consulta, com circulação mundial. Ele deve oferecer aos técnicos e engenheiros que atuam na área automobilística, como também a todos os demais interessados em tecnologia, uma idéia da situação em que se encontra a tecnologia automotiva.

Os autores da 25.ª edição são especialistas da firma Bosch, das universidades e da indústria automobilística. Eles revisaram a fundo o conteúdo deste manual, elevaram-no ao nível atual e o ampliaram com novos temas. Aproveitamos esta oportunidade para agradecer a todos os envolvidos pela sua colaboração.

Em mais de sete décadas, o "Manual de Tecnologia Automotiva" evoluiu de um apêndice de calendário, com 96 páginas, para uma obra abrangente, agora com mais de 1.200 páginas. Neste meio tempo sua tiragem total em vários idiomas atingiu mais de um milhão de exemplares.

A nova edição com uma paginação alterada facilita a orientação do leitor. O cabeçalho esquerdo indica agora a área temática à qual os capítulos estão subordinados, o cabeçalho direito leva o título do capítulo. No sumário, reformulado e ampliado, são discriminados todos os capítulos com as subseções, o que facilita a busca objetiva do leitor por temas.

Robert Bosch GmbH

Para orientação

Em relação à 24.ª edição foram incluídos os seguintes:
Hidrostática ● Mecânica dos fluidos ● Mecatrônica ● Sistemas estratificados ● Juntas de atrito ● Juntas positivas ● Lubrificação do motor ● Sistemas de redução de emissões ● Diagnóstico ● Gerenciamento de freios de utilitários com plataforma para sistema de auxílio ao motorista ● Transmissão analógica e digital ● Serviço de informações via celular ● Gerenciamento de frota ● Sistemas multimídia ● Métodos de desenvolvimento e ferramentas aplicativas para sistemas eletrônicos ● Projeto sonoro ● Túnel de vento automobilístico ● Gestão ambiental ● Tecnologia de oficina.

Temas revisados substancialmente e reestruturados:
Equações básicas da mecânica ● Uniões parafusadas ● Molas ● Filtragem de ar ● Tecnologia de medição de gases de escape ● Comando do motor Otto (p.ex. gerenciamento do motor Motronic) ● Comando do motor Diesel ● Auto-rádio com equipamentos suplementares ● Antenas automotivas ● Telefone celular e dados ● Sistemas de assistência ao motorista de automóvel.

Temas atualizados ou ampliados e parcialmente reestruturados:
Acústica ● Calor ● Eletrônica ● Materiais ● Matéria-prima ● Corrosão ● Tribologia ● Lubrificantes ● Combustíveis ● Substâncias químicas ● Tratamento térmico ● Dinâmica veicular ● Requisitos do veículo ● Motores de combustão ● Resfriamento do motor ● Sobrealimentadores ● Equipamento de escapamento ● Combustíveis alternativos para motores Otto ● Propulsão híbrida ● Transmissão ● Mola e amortecedor ● Rodas ● Pneus ● Sistemas de freio ● Equipamentos de freio para automóveis e utilitários ● Sistemas de estabilização para automóveis e utilitários ● Carroceria do veículo ● Iluminação (com farol de curva) ● Instrumentação ● Sistema de informações ao motorista ● Tacógrafo ● Sistema de estacionamento ● Sistemas de navegação ● Telemática de tráfego ● Compatibilidade eletromagnética ● Sistemas de proteção dos ocupantes ● Sistemas de conveniência ● Bateria de partida ● Alternador ● Equipamento de partida.

Autores da 25.ª edição

Não havendo outra indicação, os autores são funcionários da Robert Bosch GmbH

Fundamentos de Física
Símbolos, unidades
Eng. Grad. G. Brüggen

Equações básicas da mecânica
Prof. Eng. Dr. H. Haberhauer;
FHT Esslingen

Vibrações e oscilações
Eng. Grad. J. Bohrer

Tecnologia óptica
Eng. Dr. F. Prinzhausen;
Dr. rer. nat. H. Sautter

Acústica
Eng. Grad. H. M. Gerhard;
Eng. Dr. h.c. F. Porsche AG, Weissach

Hidrostática, mecânica dos fluidos
Prof. Eng. Dr. H. Haberhauer;
FHT Esslingen

Calor
Eng. Grad. W. Volz

Engenharia elétrica
Dr. rer. nat. W. Draxler;
Eng. Grad. B. Worner

Eletrônica
Dr. rer. nat. U. Schaefer;
Dr. rer. nat. P. Egelhaaf;
Dr. rer. nat. U. Goebel;
Dr. rer. nat. M. Illing;
Dr. rer. nat. A. Zeppenfeld;
Eng. Grad. F. Raiche

Mecatrônica
Eng. Dr. K. G. Bürger

Sensores
Eng. Dr. E. Zabler

Atuadores
Eng. Dr. R. Heinz

Máquinas elétricas
Eng. Dr. R. Schenk

Matemática e métodos
Matemática
Eng. Grad. G. Brüggen

Resistência dos materiais
Prof. Eng. Dr. L. Issler, FHT Esslingen

Método dos elementos finitos (FEM)
Prof. Eng. Grad. P. Groth, FHT Esslingen

Qualidade
Eng. Grad. M. Graf;
Dr. rer. nat. H. Kuhn

Confiabilidade
Dr. rer. nat. E. Dilger;
Dr. rer. nat. H. Weiler

Estatística técnica, metrologia
Dipl.-Math. H.-P. Bartenschlager

Engenharia de controles
Dr. Técn. R. Karrelmeyer

Ciência dos materiais
Elementos químicos, substâncias, materiais
Dr. rer. nat. J. Ullmann;
Dr. rer. nat. W. Draxler;
Diretor de estudos. K.-M. Erhardt;
Robert Bosch-Schule, Stuttgart,
Eng. Dr. D. Wicke;
Eng. Grad. F. Mühleder;
Eng. Grad. D. Scheunert;
DaimlerChrysler AG, Sindelfingen;
Dr. rer. nat. I. Brauer; F. Wetzl;
Dr. rer. nat. H.-J. Spranger;
Dr. rer. nat. H. P. Koch;
Eng. Grad. R. Mayer;
Eng. Grad. G. Lindermann;
Eng. Grad. (FH) W. Hasert; R. Schäftl-meier;
Eng. Grad. H.Schneider;
Dr. rer. pol. T. Lueb,
BASF Coatings AG, Münster

Corrosão e proteção anticorrosão
Quím. Grad. B. Moro

Sistemas de revestimentos
Dr. rer. nat. U. Kraatz;
Dr. rer. nat. M. Rössler;
Dr. rer. nat. C. Treutler

Tribologia, desgaste
Eng. Grad. H. Schorr

Lubrificantes
Dr. rer. nat. G. Dornhöfer

Combustíveis
Dr. rer. nat. J. Ullmann

Materiais de consumo
Dr. rer. nat. D. Welting

Elementos de máquinas
Conexões parafusadas, positivas e por fricção, roscas
Prof. Eng. Dr. H. Haberhauer,
FHT Esslingen; Eng. Grad. M. Nöcker

Cálculo de molas
Prof. Eng. Dr. H. Haberhauer,
FHT Esslingen

Mancais e rolamentos
Eng. Dr. R. Heinz

Engrenagens e sistemas de dentes
Eng. Grad. U. v. Ehrenwall

Transmissões por correias
C. Hansen

Processos de fabricação
Tratamento térmico, têmpera
Eng. Dr. N. Lippmann

Tolerâncias
Ing. (grad.) J. Pfänder

Processamento de chapas de metal
U. Schröder, Volkswagen AG, Wolfsburg;
Eng. Grad. M. Witt, Volkswagen AG,
Wolfsburg

Técnicas de união e ligação
Eng. Dr. M. Witt, Volkswagen AG,
Wolfsburg; Engº. Grad. R. Bald

Influências em veículos automotores
Exigências para veículos na estrada
Prof. Eng. Dr. K. Binder;
DaimlerChrysler AG, Stuttgart

Dinâmica de veículos automotores
Eng. Grad. G. Moresche,
DaimlerChrysler AG, Stuttgart;
Dr. rer. nat. L. Dragon,
DaimlerChrysler AG, Stuttgart;
Prof. Eng. Dr. habil. E.-C. v. Glasner,
DaimlerChrysler AG, Stuttgart;
Dipl.-Math. J. Pressel,
DaimlerChrysler AG, Stuttgart;
Eng. Dr. J. Brunotte, Institut für Betriebs-
technik und Bauforschung der FAL,
Braunschweig

Solicitações ambientais
Eng. Grad. W. Golderer

Motores de combustão interna
Prof. Eng. Grad. K. Binder,
DaimlerChrysler AG, Stuttgart;
Prof. Eng. Grad. H. Hiereth,
DaimlerChrysler AG, Stuttgart

Sistemas auxiliares do motor
Arrefecimento do motor
Eng. Grad. S. Rogg,
Behr GmbH & Co, KG, Stuttgart

Lubrificação do motor, filtragem de óleo
Eng. Grad. M. Kolczyk, Filterwerk
Mann + Hummel, Ludwigsburg

Filtragem de ar
Eng. Dr. M. Durst, Filterwerk
Mann + Hummel, Ludwigsburg

Sobrealimentadores
Eng. Grad. A. Förster, BorgWarner
Turbo Systems, Kirchheimbolanden

Sistemas para redução de emissões
Eng. Grad. C. Köhler; Dr. rer. nat. M.
Streib

Ventilação do cárter
Eng. Dr. P. Trautmann,
Filterwerk Mann + Hummel, Ludwigsburg

Sistemas de gás de escapamento
Dr. rer. nat. R. Jebasinski,
J. Eberspächer GmbH & Co. KG,
Esslingen

Legislação de controle de emissões e de diagnóstico
Emissões de escapamento
Eng. Dr. W. Polach

Legislação de controle de emissões e técnicas de medição
Eng. Dr. M. Eggers; Eng. Grad. S.Becher;
Eng. Dr. T. Eggert;
Fís. Grad. A. Kreh;
Eng. Grad. (FH) H.-G. Weißhaar

Diagnóstico
Eng. Dr. M. Knirsch; Eng. Grad. G. Driedger;
Eng. Grad. W. Schauer

Gerenciamento do motor Otto
Função de gerenciamento de motor, enchimento dos cilindros, formação da mistura, carburador, injeção no coletor de admissão, injeção direta de gasolina

Eng. Grad. A. Binder;
Eng. Dr. T. Landenfeld;
Dr. rer. nat. A. Schenck zu Schweinsberg;
Eng. Dr. J. Thurso;
Eng. Grad. (FH) T. Allgeier;
Eng. Dr. D. Großmann, Neuss

Alimentação de combustível
Eng. Dr. T. Frenz;
Eng. Grad. S. Fischbach;
Eng. Grad. H. Rembold;
Eng. Dr. G.-M. Klein, Filterwerk
Mann + Hummel, Ludwigsburg

Ignição
Eng. Grad. W. Gollin;
Eng. Grad. W. Häming;
Eng. Grad. (FH) U. Bentel;
Eng. Grad. (FH) M. Weimert;
Eng. Grad. E. Breuser

Gerenciamento de motor Motronic
Eng. Grad. B. Mencher

Desenvolvimento de sistemas de injeção históricos
Eng. Grad. G. Felger; Eng. Grad. M. Lembke;
Eng. (grad.) L. Seebald

Sistemas históricos de ignição por bobina
Eng. Grad. W. Gollin

Minimização de poluentes no motor Otto
Dr. rer. nat. M. Streib;
Eng. Grad. E. Schnaibel

Combustíveis alternativos para motores Otto
Motores alimentados por GLP
J. A. N. van Ling,
TNO Road-Vehicles Research Institute,
Delft, Niederlande

Motores alimentados com gás natural, álcool e hidrogênio
Eng. Grad. (FH) T. Allgeier;
Eng. Dr. T. Landenfeld

Gerenciamento de motores Diesel
Alimentação de combustível, Sistemas de injeção Diesel, filtros de combustível
Eng. Grad. K. Krieger;
Eng. Dr. W. Polach;
Eng. Dr. G.-M. Klein, Filterwerk
Mann + Hummel, Ludwigsburg;
Dr. rer. nat. W. Dreßler

Minimização de poluentes no motor Diesel
Priv.-Doz. Eng. Dr. J. K. Schaller

Propulsões alternativas
Propulsão elétrica
Eng. Dr. R. Schenk;
Eng. Grad. D. Übermeier, VB Autobatterie GmbH, Hannover; Dr. rer. nat. U. Köhler, NBT GmbH, Hannover

Propulsão híbrida
Prof. Eng. Dr. C. Bader,
DaimlerChrysler AG, Stuttgart

Células de combustível
Dr. rer. nat. U. Alkemade;
Dr. rer. nat. A. Häbich

Transmissão
Eng. Grad. P. Köpf,
Zahnradfabrik Friedrichshafen AG;
Dr. rer. nat. M. Schwab,
Zahnradfabrik Friedrichshafen AG

Sistemas do chassi
Molas e amortecedores, suspensão
Prof. Eng. Dr. H. Wallentowitz,
RWTH Aachen
Institut für Kraftfahrzeugwesen

Rodas
Eng. (grad.) D. Renz,
DaimlerChrysler AG, Sindelfingen;
Prof. Eng. Dr. habil. E.-C. v. Glasner,
DaimlerChrysler AG, Stuttgart

Pneus
Eng. Grad. B. Meiß,
Continental AG, Hannover;
Prof. Eng. Dr. habil. E.-C. v. Glasner,
DaimlerChrysler AG, Stuttgart

Direção
Eng. (grad.) D. Elser, Zahnradfabrik Friedrichshafen AG; Schwäbisch Gmünd

Sistemas de segurança veicular
Sistemas de freios
Dr. rer. nat. J. Bräuninger;
Prof. Eng. Dr. habil. E.-C. v. Glasner,
DaimlerChrysler AG, Stuttgart

Equipamentos de freios para automóveis e utilitários leves
SBC, EBS
Eng. Grad. (FH) K.-H. Röß,
DaimlerChrysler AG, Stuttgart
Prof. Eng. Dr. habil. E.-C. v. Glasner,
DaimlerChrysler AG, Stuttgart
Eng. Grad. B. Kant;
Eng. Grad. G.Klein, Knorr-Bremse SfN, Schwiberdingen
Eng. Grad. (FH) R. Klement, Knorr-Bremse SfN, Schwiberdingen

Sistemas de estabilização veicular
Eng. Grad. (FH) H.-P. Stumpp;
Eng. Dr. A. van Zanten; Eng. Grad. G. Pfaff;
Eng. Dr. R. Erhardt;
Eng. Grad. F. Schwab, Knorr-Bremse SfN, Schwiberdingen
Eng. Dr. F. Hecker, Knorr-Bremse SfN, Schwiberdingen

Gerenciamento eletrônico de freios para utilitários como plataforma para sistemas de assistência ao motorista
Prof. Eng. Dr. habil. E.-C. v. Glasner,
DaimlerChrysler AG, Stuttgart

Carroceria do veículo
Sistemática dos veículos rodoviários
Eng. Grad. D. Scheunert,
DaimlerChrysler AG, Sindelfingen

Carroceria do veículo, automóveis e utilitários leves
Eng. Grad. D. Scheunert,
DaimlerChrysler AG, Sindelfingen
Eng. Grad. H. Winter,
DaimlerChrysler AG, Stuttgart

Iluminação
Eng. Dr. M. Hamm, Automotive Lighting Reutlingen GmbH; Eng. Grad. D. Boebel, Automotive Lighting Reutlingen GmbH;
Eng. Grad. T. Spingler, Automotive Lighting
Reutlingen GmbH

Janelas e pára-brisas automotivos
Dr. rer. nat. D. Linnhöfer,
SAINT-GOBAIN SEKURIT, Aachen

Sistemas para limpeza dos vidros
Eng. Grad. (FH) A. Geis

Calefação e climatização
Eng. Grad. G. Schweizer,

Behr GmbH & Co, Stuttgart;
J. Fath, Freudenberg Vliesstoffe KG, Weinheim;
Eng. Grad. P. Reiser, J. Eberspächer GmbH & Co. KG, Esslingen

Auto-elétrica
Redes de bordo, motores de partida, alternadores
Eng. (grad.) R. Leunig;
Eng. Dr. G. Richter, VB Autobatterie GmbH, Hannover; Eng. Grad. R. Meyer

Sistemas de partida
Eng. Grad. C. Krondorfer; Eng. Dr. I. Richter

Símbolos e diagramas de circuitos
Equipe editorial

Dimensões de condutores
Eng. Grad. A. Kerber, DST Dräxlmaier Systemtechnik GmbH, Vilsbiburg;
Eng. Grad. M. Gentzsch, DST Dräxlmaier Systemtechnik GmbH, Vilsbiburg

Conectores
Eng. Grad. W. Gansert

Compatibilidade eletromagnética (EMC)
Eng. Dr. W. Pfaff

Sistemas de travas do veículo
Dispositivos de sinalização acústica
Eng. Grad. (FH) MBA J. Bowe

Sistema de trava central
A. Walther

Sistema de travas
Eng. Grad. B. Kordowski

Segurança e conforto
Sistemas de proteção dos ocupantes
Eng. Grad. B. Mattes

Servocomando dos vidros e teto solar
Eng. Grad. R. Kurzmann

Regulagem do banco e da direção
Eng. Dr. G. Hartz

Sistemas biométricos
Eng. Dr. J. Lichtermann

Sistemas de auxílio ao motorista
Prof. Eng. Dr. P. Knoll

Piloto automático adaptável (ACC)
Dr. rer. nat. H. Winner;
Dr. rer. nat. H. Olbrich;
Eng. Dr. H. Schramm, Knorr-Bremse SfN, Schwiberdingen

Informação e comunicação
Processamento de dados e redes de comunicação em veículos automotivos
DN V. Denner;
DN J. Maier;
Dr. phil. nat. D. Kraft
Eng. Grad. G. Spreitz

Instrumentação
Prof. Eng. Dr. P. Knoll;
Eng. Dr. B. Herzog

Sistema automotivo de informações
Eng. Grad. H. Kauff

Tacógrafos
Dipl.-Wirtschaftsingenieur T. Förster, Siemens VDO Automotive AG, Villingen-Schwenningen

Sistemas de estacionamento
Prof. Eng. Dr. P. Knoll

Transmissão analógica de sinal
Eng. Dr. J. Passoke

Transmissão digital de sinal
Eng. Grad. G. Spreitz

Auto-rádio com equipamentos suplementares, antenas veiculares
Eng. Dr. J. Passoke; B. Knerr;
E. Neumann

Telefone celular e dados
Eng. Dr. J. Wazeck

Serviços de informações via celular
Eng. Grad. (FH) M. Heßling

Sistemas de navegação, telemática de tráfego
Eng. Grad. E. P. Neukirchner

Gerenciamento de frota
R. Hoechter

Sistemas multimídia
Eng. Grad. G. Spreitz

Métodos de desenvolvimento e processos
Métodos de desenvolvimento e ferramentas aplicativas para sistemas eletrônicos

Eng. Grad. J. Schäuffele, ETAS

Projeto sonoro
Eng. Grad. R. von Sivers,
Eng. Dr. h.c. F. Porsche AG, Weissach

Túnel de vento automobilístico
Eng. Grad. M. Preiß,
Eng. Dr. h.c. F. Porsche AG, Weissach

Gestão ambiental
Eng. Grad. B. Martin, AUDI AG
Neckarsulm

Tecnologia de oficina
R. Henzmann;
Eng. Grad. (FH) F. Zauner;
Dipl.-Wirtsch.-Ing. S. Sohnle;
Eng. Grad., MBE, R. Nossek;
H. Weinmann;
Eng. Grad. T. Spingler,
Automotive Lighting Reutlingen GmbH;
Dipl.-Betriebsw. (BA) U. Peckolt, Automotive Testing Tecnologies GmbH, Kehl;
G. Mauderer;
G. Lemke
Eng. Grad. C. Probst;
Eng. Grad. (FH) H.-G. Weißhaar

Esportes a motor
Dipl.-Red. U. Michelt;
Eng. Grad. T. Nickels,
MAN Nutzfahrzeuge AG, München

Hidráulica e pneumática veicular
Hidráulica veicular
Eng. Grad. H. Lödige; Eng. Grad. K. Griese;
Eng. (grad.) D. Bertsch; Eng. Grad. W. Kötter;
Eng. Grad. M. Bing;
Eng. Grad. (FH) W. Steudel;
Eng. Grad. G. Bredenfeld

Pneumática veicular
Eng. (grad.) P. Berg, Knorr-Bremse SfN, Schwiberdingen

Anexos
Siglas de nacionalidades
Equipe editorial

Alfabetos e algarismos
Equipe editorial

Grandezas e unidades

Unidades do SI

SI é o acrônimo de "Système International d'Unités" (Sistema Internacional de Unidades). Este sistema de unidades foi estabelecido pelas normas internacionais ISO 31 e ISO 1000 (ISO: Organização Internacional para a Normalização) e, na Alemanha, está descrito na norma DIN 1301 (DIN: Deutsches Institut für Normung – Instituto Alemão para Normalização).

O SI é baseado em sete unidades primárias e todas as unidades secundárias são obtidas a partir das primárias. O fator numérico utilizado no estabelecimento das unidades secundárias é sempre igual a 1.

Unidades básicas do SI

Quantidade básica e símbolo		Nome da Unidade	Símbolo
Comprimento	l	metro	m
Massa	m	quilograma	kg
Tempo	t	segundo	s
Corrente elétrica	I	ampère	A
Temperatura termodinâmica	T	kelvin	K
Quantidade de substância	n	mol	mol
Intensidade luminosa	I	candela	cd

Todas as outras quantidades e unidades são derivadas das quantidades e unidades básicas. A unidade de força no SI é obtida a partir da segunda lei de Newton:

força = massa × aceleração

$F = m \cdot a$

onde m = 1 kg e a = 1 m/s^2. Assim, F = 1 kg · 1 m/s^2 = 1 kg · m/s^2 = 1 N (newton).

Definições das unidades básicas do SI

O metro é definido como a distância que a luz percorre no vácuo em 1/299.792.458 segundos (17ª CGPM, 1983)[1]. O metro é então definido em função da velocidade da luz no vácuo, c = 299.792.458 m/s, e não é mais definido a partir do comprimento de onda da radiação emitida pelo isótopo ^{86}Kr do criptônio. O metro foi originalmente definido como sendo igual a 1/14.000.000 do meridiano terrestre (metro padrão, Paris, 1875).

O quilograma é a massa do protótipo do quilograma internacional (1ª CGPM, 1889, e 3ª CGPM, 1901)[1].

O segundo é definido como a duração de 9.192.631.770 períodos da radiação correspondente à transição entre dois níveis hiperfinos do estado não excitado dos átomos do isótopo ^{123}Cs do césio (13ª CGPM, 1967)[1].

O ampère é definido como a corrente elétrica constante que mantida em dois condutores paralelos, que apresentam comprimentos infinitos e seções transversais circulares com áreas desprezíveis, situados no vácuo e afastados 1 metro um do outro, produzirá uma força entre os condutores igual a 2×10^{-7} N por unidade de comprimento de condutor (9ª CGPM, 1948)[1].

O kelvin é definido como 1/273,16 da temperatura termodinâmica do ponto triplo da água[2] (13ª CGPM, 1967)[1].

O mol é definido como a quantidade de substância que contém um número de entidades elementares igual àquele de átomos que existem em 0,012 quilograma do isótopo ^{12}C do carbono (14ª CGPM, 1971)[1]. Quando o mol é utilizado, as entidades elementares devem ser especificadas (podem ser átomos, moléculas, íons, elétrons, outras partículas ou grupos específicos de tais partículas).

A candela é a intensidade luminosa, numa dada direção, de uma fonte que emite radiação monocromática, com freqüência de 540×10^{-12} Hz, e com intensidade de 1/683 watt por esferorradiano na direção considerada (16ª CGPM, 1979)[1].

---

[1] CGPM: Conférence Générale des Poids et Mesures (Conferência Geral de Pesos e Medidas).

[2] Ponto fixo na escala de temperatura internacional. O ponto triplo é o único estado termodinâmico onde as três fases de uma substância (sólido, líquido e vapor) estão em equilíbrio. A pressão e a temperatura do ponto triplo da água são iguais a 0,6113 kPa e 273,16 K. Observe que a temperatura do ponto triplo da água é 0,01 K superior à temperatura de solidificação da água quando a pressão absoluta é igual a $1{,}01325 \times 10^5$ Pa.

Múltiplos e submúltiplos decimais das unidades do SI

Os múltiplos e submultiplos decimais das unidades do SI são indicados por prefixos adicionados ao nome da unidade ou ao símbolo da unidade. Os prefixos são colocados na frente do símbolo da unidade para formar uma unidade coerente, tal como a miligrama (mg). Os prefixos múltiplos, tal como microquilograma (μkg), não devem ser utilizados. Os prefixos não devem ser utilizados antes das unidades de ângulos (grau, minuto e segundo), de tempo (minuto, hora, dia e ano) e da temperatura (grau Celsius).

Prefixo	Símbolo	Potência	Nome
atto	a	10^{-18}	trilionésimo
femto	f	10^{-15}	milésimo bilionésimo
pico	p	10^{-12}	bilionésimo
nano	n	10^{-9}	milésimo milionésimo
micro	μ	10^{-6}	milionésimo
mili	m	10^{-3}	milésimo
centi	c	10^{-2}	centésimo
deci	d	10^{-1}	décimo
deca	da	10^{1}	dezena
hecto	h	10^{2}	centena
quilo	k	10^{3}	milhar
mega	M	10^{6}	milhão
giga	G	10^{9}	bilhão[1]
tera	T	10^{12}	trilhão[1]
peta	P	10^{15}	quatrilhão
exa	E	10^{18}	quintilhão

Unidades Legais

A lei sobre Metrologia e Unidades aprovada em 2 de julho de 1969 e a implementação legal realizada em 26 de junho de 1970 especificam as "unidades legais". Este conjunto de unidades deve ser utilizado em todas as transações comerciais realizadas na Alemanha[2]. As unidades legais são:

- As unidades do SI
- Múltiplos e submúltiplos decimais das unidades do SI
- Outras unidades permitidas; veja as tabelas das próximas páginas

As unidades utilizadas neste Manual são as legais. Entretanto, em muitas seções, as unidades do sistema técnico também são utilizadas (entre parênteses) para facilitar a apresentação do material exposto.

Sistemas de unidades que não devem ser utilizados

O sistema físico de unidades

O sistema físico de unidades é baseado nas mesmas quantidades utilizadas na formulação do SI, ou seja, comprimento, massa e tempo. Entretanto, as unidades utilizadas para estas quantidades são o centímetro (cm), a grama (g) e o segundo (Sistema CGS).

Sistema técnico de unidades

O sistema técnico de unidades utiliza as seguintes quantidades e unidades básicas na sua formulação:

Quantidade básica	Unidade básica	Símbolo
Comprimento	metro	m
Força	quilograma-força	kgf
Tempo	segundo	s

A segunda lei de Newton

$$F = m \cdot a$$

estabelece a relação entre o sistema internacional e o sistema técnico de unidades. Observe que a força que representa o peso G pode substituir F e a aceleração do campo gravitacional g pode substituir a.

Em contraste à massa, a aceleração do campo gravitacional varia com a posição e, assim, o peso depende da posição no campo gravitacional. O valor padrão da aceleração da gravidade é g_n = 9,80665 m/s^2 (DIN 1305). O valor aproximado

$$g = 9{,}81 \text{ m/s}^2$$

é normalmente aceito nas avaliações técnicas.

O kgf (quilograma-força) é o peso associado à massa de um quilograma posicionada num local onde a aceleração da gravidade é a padrão. Assim,

$$G = m \cdot g$$
$$1 \text{ kgf} = 1 \text{ kg} \cdot 9{,}81 \text{ m/s}^2 = 9{,}81 \text{ N}$$

[1]Nos EUA, 1 billion = 10^9 e 1 trillion = 10^{12}.

[2]Também são válidos os documentos: "Gesetz zur Änderung des Gesetzes über Einheiten in Meβwesen" de 6 de julho de 1973; "Verordnung zur Änderung der Ausführungsverordnung" de 27 de novembro de 1973 e "Zweite Verordnung zur Änderung der Ausführungsverordnung" de 12 de dezembro de 1977.

Grandezas e unidades

Material extraído da norma DIN 1301

A próxima tabela apresenta um conjunto das quantidades físicas mais importantes, seus símbolos padrão e também as unidades legais destas quantidades. As unidades legais adicionais podem ser formadas com a adição de prefixos (p. 23). A coluna "Outros" apenas indica os múltiplos e submúltiplos decimais das unidades do SI que tem nome próprio. As unidades que não devem ser utilizadas, e suas fórmulas de conversão, estão indicadas na última coluna da tabela. Os números de página apresentados na tabela indicam os locais onde as tabelas de conversão adequadas podem ser encontradas.

Grandeza e símbolo		Unidades legais			Relação	Comentários, unidades que não devem ser utilizadas e equações de conversão
		SI	Outros	Nome		
1. Comprimento, área e volume (p. 29 a 31)						
Comprimento	l	m		metro		1μ (mícron) = 1 μm 1 Å (Ångström) =10^{-10} m 1 X.U. (unidade X) ≈ 10^{-13} m 1 p (ponto tipográfico) = 0,376 mm
			nm	milha náutica internacional	1 nm = 1.852 m	
Área	A	m^2		metro quadrado		
			a	Ar	1 a = 100 m^2	
			ha	hectare	1 ha = 10^4 m^2	
Volume	V	m^3		metro cúbido		
			l, L	litro	1 l = 1 L = 1 dm^3	
2. Ângulo (p. 31)						
Ângulo plano	α, β etc.	rad[1])		radiano	$1\text{rad} = \frac{\text{arco c/1m de compr.}}{\text{raio de 1 m}}$	
			°	gau	1 rad = 180°/π = 57,296° ≈ 57,3° 1° = 0,017453 rad 1° = 60'= 3600 1 gon = (π/200) rad	1 L (ângulo reto) = 90° = (π/2) rad = 100 gon 1g (centésimo de grau) = 1 gon 1c (centésimo de minuto) = 1 cgon 1cc (centésimo de segundo) =0.1 mgon
			'	minuto		
			"	segundo		
			gon	gon		
Ângulo sólido	Ω	sr		esferorradiano	$1\text{sr} = \frac{\text{superfície esférica c/ 1m}^2\text{ de área}}{\text{raio da esfera c/ 1m}^2\text{ de área}}$	
3. Massa (p. 32 a 33)						
Massa (Peso [2])	m	kg		quilograma		1 γ (gama) = 1 μg 1 quintal = 100 kg 1 quilate = 0,2 g
			g	grama		
			t	tonelada	1 t = 1 Mg = 10^3 kg	

[1]) A unidade rad (p. 31) pode ser substituída pelo numeral 1 nos cálculos.
[2]) O termo "weight" é ambíguo em qualquer caso; ele é usado para denotar tanto massa como peso (DIN 1305)